

Lek. Mikołaj Dąbrowski

**Wpływ czynników środowiskowych na zawartość
pierwiastków strukturalnych, śladowych i toksycznych
w kości udowej oraz ich wzajemne korelacje u osób
leczonej endoprotezoplastyką stawu biodrowego**

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych

Klinika Chirurgii Kręgosłupa, Ortopedii Onkologicznej i Traumatologii

Wydział Nauk o Zdrowiu

Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Promotor: dr hab. n. med. Piotr Rogala

Promotor pomocniczy: dr Anetta Ziola-Frankowska

Poznań 2014

SPIS TREŚCI

1	WSTĘP	1
1.1	BUDOWA I MIKROARCHITEKTURA BLIŻSZEGO KOŃCA KOŚCI UDOWEJ	2
1.2	TKANKA KOSTNA	3
1.3	MINERALIZACJA TKANKI KOSTNEJ	5
1.4	ZAWARTOŚĆ METALI W TKANCE KOSTNEJ.....	7
1.4.1	<i>Pierwiastki strukturalne kości</i>	<i>7</i>
1.4.1.1	Wapń	7
1.4.1.2	Fosfor.....	8
1.4.2	<i>Wpływ wybranych metali na metabolizm i jakość tkanki kostnej</i>	<i>8</i>
1.4.2.1	Magnez	9
1.4.2.2	Sód i potas	9
1.4.2.3	Cynk	9
1.4.2.4	Miedź	10
1.4.2.5	Żelazo.....	10
1.4.2.6	Stront	11
1.4.2.7	Molibden	11
1.4.2.8	Bar	12
1.4.2.9	Nikiel	12
1.4.2.10	Chrom.....	13
1.4.2.11	Ołów.....	13
1.5	CHOROBA ZWYRODNIENIOWA STAWÓW BIODROWYCH	15
1.5.1	<i>Ocena kliniczna.....</i>	<i>16</i>
1.5.2	<i>Ocena radiologiczna stawu biodrowego według skali Kellgren'a i Lawrence'a</i>	<i>16</i>
2	CELE PRACY	18
3	MATERIAŁ I METODA.....	20
3.1	GRUPA BADANYCH CHORYCH	20
3.2	OCENA RADIOLOGICZNA GRUBOŚCI KORÓWKOWEJ KOŚCI UDOWEJ	20
3.3	METODY POZYSKANIA MATERIAŁU BADAWCZEGO.....	21
3.4	METODY BADAŃ	21
3.5	METODY STATYSTYCZNE.....	22
4	WYNIKI BADAŃ.....	23
4.1	CHARAKTERYSTYKA CHORYCH.....	23
4.2	ZAWARTOŚĆ PIERWIASTKÓW W KOŚCI GĄBCZASTEJ I KOROWEJ	25
4.2.1	<i>Płeć</i>	<i>29</i>
4.2.2	<i>Palenie tytoniu.....</i>	<i>34</i>

4.2.3	<i>Kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi w wywiadzie</i>	39
4.2.4	<i>Spożycie alkoholu</i>	44
4.2.5	<i>Miejsce zamieszkania</i>	49
4.2.6	<i>Wiek</i>	54
4.2.7	<i>Aktywność fizyczna</i>	57
4.2.8	<i>Rodzaj zmian zwyrodnieniowych</i>	62
4.2.9	<i>Ocena kliniczna</i>	67
5	DYSKUSJA	68
6	WNIOSKI	76
7	PODSUMOWANIE	77
8	STRESZCZENIE	78
9	ABSTRACT	80
10	WYKAZ SKRÓTÓW UŻYTYCH W TEKŚCIE	82
11	WYKAZ RYCIN	83
12	WYKAZ TABEL	85
13	BIBLIOGRAFIA	88

1 WSTĘP

We współczesnej toksykologii dominują zagadnienia związane z narażeniem na zatrucia przewlekłe, co ma związek z dużym zanieczyszczeniem środowiska [1]. Znaczna zawartość metali w środowisku jest wynikiem działalności gospodarczej człowieka i stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt. Interakcje zachodzące między pierwiastkami mogą mieć synergistyczny bądź antagonistyczny charakter, przyczyniając się do zachwiania ich wąskiego, optymalnego przedziału stężeń i w konsekwencji do wtórnego niedoboru lub toksyczności [2, 3].

Tkanka kostna jest tkanką żywą, wyspecjalizowaną odmianą tkanki łącznej szkieletowej, stanowiącą zręb budowy całego ustroju. Oprócz funkcji podporowo-ruchowych i ochronnych w stosunku do narządów wewnętrznych, szkielet człowieka spełnia kluczową rolę w przemianach metabolicznych organizmu – zwłaszcza w gospodarce mineralnej ustroju oraz procesach krwiotwórczych [4].

Tkanka kostna charakteryzuje się długim czasem przebudowy, dzięki czemu odzwierciedla długoterminowe narażenie na metale toksyczne. Może służyć jako biomarker do pośredniej oceny gromadzenia się metali, pochodzących ze środowiska zewnętrznego [5, 6]. Wiele pierwiastków ma znaczący wpływ na stan i metabolizm kości [6].

Metabolizm kości gąbczastej jest bardziej aktywny niż kości zwartej i zależy od wielu czynników takich jak wiek, dieta, aktywność fizyczna, czy ogólny stan zdrowia [7].

Stale rosnąca liczba zabiegów endoprotezoplastyki stawu biodrowego stwarza możliwość pozyskiwania tkanki kostnej kości udowej do badań. Dalsza jej analiza umożliwi ocenę zawartości i kumulacji wybranych metali, a także ich wzajemnych zależności oraz związków z czynnikami środowiskowymi [8].

1.1 BUDOWA I MIKROARCHITEKTURA BLIŻSZEGO KOŃCA KOŚCI UDOWEJ

Głowa, szyjka, krętarz większy i krętarz mniejszy stanowią bliższy koniec kości udowej. Głowa kości udowej ma kształt kulisty i promień około 2,5-3 cm, a około 3/4 pokrywa chrząstka szklista. Koniec bliższy kości udowej jest utworzony z istoty gąbczastej, otoczonej warstwą istoty zbitej. Masa górnej części ciała przenosi się z miednicy na głowę kości udowej. Pasma beleczek istoty gąbczastej biegną w kierunku większych obciążeń z głowy kości udowej na stronę przyśrodkową szyjki. Zlewają się, wytwarzając po stronie przyśrodkowej szyjki silną warstwę kości zbitej (listewkę nośną – łuk Adamsa), która ku dołowi przedłuża się w kość korową trzonu. Warstwa zbita kości biegnie przyśrodkowo, zbliża się do głowy kości udowej, stopniowo staje się cieńsza i ostatecznie dociera do powierzchni stawowej głowy jako bardzo cienka warstwa (Ryc. 1 i Ryc. 2) [4].



Ryc. 1. Budowa anatomiczna stawu biodrowego

Kość podchrzęstną głowy kości udowej stanowią: uwapniona warstwa chrzęstna znajdująca się bezpośrednio poniżej chrząstki stawowej oddzielona warstwą przemijającą (tidemark), podchrzęstna blaszka korowa (subchondral bone plate) o grubości około 0,6-0,7 mm oraz gęsta kość beleczkowa (Ryc. 5) [9-11].



Ryc. 2. Struktura beleczek kostnych bliższego końca kości udowej

1.2 TKANKA KOSTNA

Kość nie jest tkanką jednorodną i makroskopowo można rozróżnić tkankę kostną gąbczastą i zbitą. Istota kostna zbita jest twarda i zwarta, tworzy warstwę korową kości oraz warstwy wzmacniające w miejscach narażonych na naprężenia mechaniczne. Istota kostna gąbczasta (beleczkowa) ma znacznie mniejszy ciężar właściwy i regularnie ułożony system delikatnych, elastycznych połączeń – beleczek. Sposób ich ułożenia pozwala na równomierny rozkład sił działających na kości i odciążenie części szkieletu [4].

Kość jest mineralnym kompozytem składającym się z komórek tkanki kostnej oddzielonych od siebie dużą ilością zmineralizowanej substancji międzykomórkowej złożonej z macierzy oraz włókien kolagenowych, związków mineralnych (hydroksyapatyt, HAp , $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) i wody (Ryc. 3). Około 30% kości stanowią składniki organiczne, a pozostałe 70% są to substancje nieorganiczne [12].

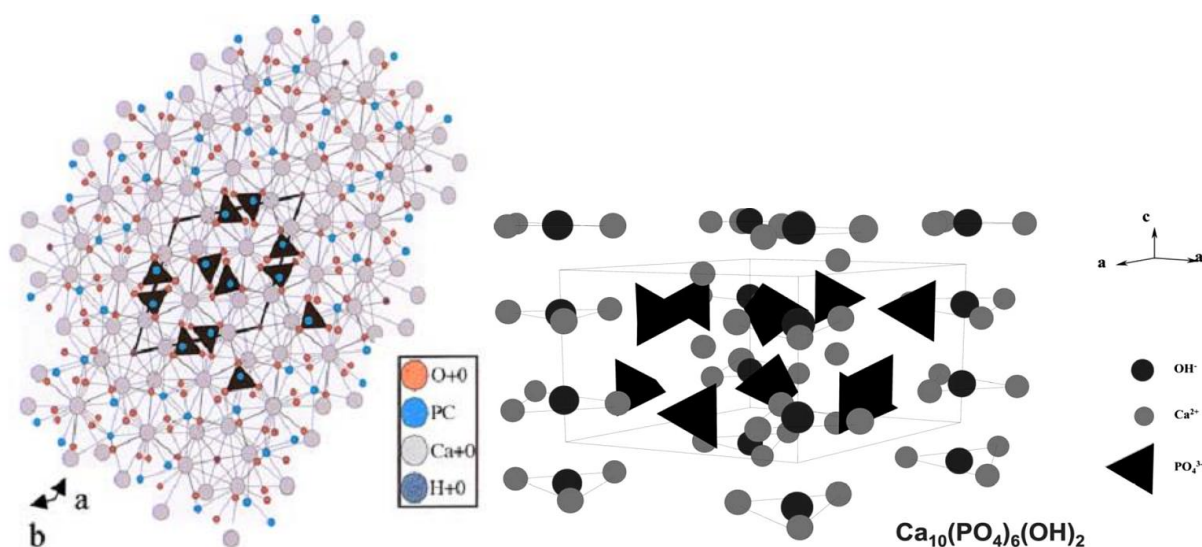
Apatyty biologiczne występują głównie w kościach i zębach kręgowców, ale także w patologicznie zwapnionych tkankach (kamienie ślinowe, mózgowe, nerkowe, żółciowe, moczowodowe, kamień nazębny) [13].

Apatyty kostne są głównie kryształami iglastymi lub płytkowymi [12]. Średnia wielkość kryształitów HAp kości ludzkich rośnie z wiekiem i wynosi od 188-215 nm – w okresie dziecięcym (<6 lat) do 252-283 nm w okresie dojrzałym [14]. Kryształy HAp są regularnie rozmieszczone co 600-700 Å pomiędzy cząsteczkami tropokolagenu. Pod względem strukturalnym można wyróżnić strefę centralną, powierzchnią oraz uwodnioną, uczestniczącą w wymianie jonów między HAp i macierzą tkanki kostnej [12].

W strukturze HAp biologicznego możliwe są podstawienia w podsieci anionowej na aniony węglanowe (adsorbcja na powierzchni hydroksyapatytu) oraz na inne aniony: chlor (0,13% mas.) lub fluor (0,03% mas.). Jony wapniowe mogą być wymieniane na kationy: Mg^{2+} (około 0,7% mas.), Na^+ (około 0,9% mas.), K^+ (0,03% mas.), szereg pierwiastków śladowych: Sr^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Li^+ , Cr^{3+} oraz toksycznych: Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Al^{3+} [5, 13, 15-18]. Obecność tych pierwiastków wpływa na aktywność enzymów związanych z działaniem komórek kostnych [13]. Tkanka kostna (hydroksyapatyt) służy zatem jako rezerwuar metali i uwalnia pierwiastki do krwiobiegu podczas przebudowy kości [5, 18, 19].

Obce pierwiastki są wbudowane substytucyjnie w ilości zależnej od warunków tworzenia się tej struktury. Ich obecność wpływa również na stechiometrię (podwyższając stosunek molowy Ca/P), krystaliczność oraz stabilność termiczną i chemiczną związku [13, 20, 21].

Szczególnie groźne dla żywego organizmu są metale ciężkie (Pb, Cd, Hg), które wbudowują się do układu kostnego człowieka w ilościach zależnych m.in. od środowiska naturalnego i sposobu odżywiania [22].



Ryc. 3. Struktura krystaliczna hydroksyapatytu [23].

1.3 MINERALIZACJA TKANKI KOSTNEJ

Cały ludzki szkielet przebudowuje się w ciągu około 5-10 lat [5, 24, 25]. Mechanizm remodelowania kości odbywa się dzięki aktywności metabolicznej osteoblastów, osteocytów i osteoklastów. Proces ten jest kontrolowany przez oddziaływania międzykomórkowe [26].

Mineralizacja macierzy międzykomórkowej tkanki kostnej, włącznie z tworzeniem się nowych kości i naprawą, jest procesem dynamicznym. Składniki mineralne kości są formowane w sposób ciągły i odnawiane w ciągu życia [5, 24, 27]. Proces jest regulowany hormonalnie i uzależniony od obecności niezbędnych pierwiastków mineralnych. Według niektórych autorów mineralizacja kości jest procesem fizykochemicznym, a według innych jest to proces uzależniony i kontrolowany tylko przez komórki tkanki kostnej [12, 28].

Początkowo osteoblasty syntezują organiczną sieć kolagenową, a następnie stymulują uwapnienie. Inicjacja procesu mineralizacji polega na wydzieleniu pęcherzyków macierzy (ang. matrix vesicles). Po niej następuje modyfikacja składu macierzy międzykomórkowej i płynu śródtkankowego, wpływająca na wzrost kryształów. Pęcherzyki macierzy są małymi (0,1-0,2 µm) pęcherzykami pozakomórkowymi umieszczonymi w macierzy międzykomórkowej. Zawierają liczne enzymy (fosfataza zasadowa, ATPaza zasadowa oraz pirofosfataza), białka oraz lipidy. Na ich wewnętrznej powierzchni rozpoczyna się odkładanie pierwszych kryształów hydroksyapatytu, które rosnąc powoli zmieniają kształt i w konsekwencji dochodzi do ich rozerwania. Błona zewnętrzna pęcherzyków jest biologicznie aktywna i ma zdolność wybiórczego rozpoznania miejsca zakotwiczenia w macierzy międzykomórkowej. Jony Ca^{2+} są wychwytywane przez liczne fosfolipidy oraz białka (kalpacytyna, kalbindyna, aneksyna) oraz powoduje to wzrost ich zawartości. Natomiast fosfatazy (TNSALP, NPP1, PHOSPHO1) zwiększają stężenie fosforanów. W kryształy bezpośrednio wbudowywane są jony bądź zsyntezowany fosforan wapnia. Fosfataza zasadowa często znajduje się na zewnątrz pęcherzyków, co ułatwia perforację błony pęcherzyków macierzy. Kolejna faza mineralizacji rozpoczyna się w momencie kontaktu nowo powstałego kryształu z płynem śródtkankowym, który staje się jądrem krystalizacji. Wokół niego i na jego powierzchni rozpoczyna się wzrost kryształu poprzez wytrącanie kolejnych warstw jonów wapnia i fosforu.

Dalszy wzrost kryształów polega na odkładaniu się związków soli wapnia, magnezu i innych pierwiastków (w tym toksycznych) na powierzchni jądra krystalizacji. Jest to proces fizykochemiczny uzależniony od składu płynu śródtkankowego, białek kolagenowych oraz niekolagenowych. Objętość i skład płynu śródtkankowego są regulowane przez komórki

1.4 ZAWARTOŚĆ METALI W TKANCE KOSTNEJ

Duże zanieczyszczenie i znaczne ilości metali w środowisku są wynikiem działalności gospodarczej człowieka. Zwiększają ryzyko zatrucia przewlekłego toksycznymi związkami chemicznymi, stanowiąc poważne zagrożenie dla zdrowia [1]. Zależności zachodzące pomiędzy pierwiastkami mają charakter synergistyczny bądź antagonistyczny. Powodują zachwiania stężeń w organizmie i w konsekwencji prowadzą do ich wtórnego niedoboru lub toksyczności [2, 3].

Dzięki długiemu okresowi przebudowy tkanki kostnej dochodzi do długoterminowego narażenia organizmu na szkodliwe wpływy metali toksycznych [5, 6]. Metabolizm kości gąbczastej jest 3-10 szybszy niż kości korowej i zależy od wielu czynników środowiskowych [6, 7, 31].

Jest wiele doniesień na temat zawartości i zależności pierwiastków w tkance kostnej, dotyczących także innych kości takich jak kości piszczelowe, rzepki, żebra, kręgi, czy kości czaszki [6, 32-35].

1.4.1 Pierwiastki strukturalne kości

Spośród pierwiastków strukturalnych kości największą ilość stanowią wapń i fosfor. Oba te pierwiastki odgrywają podstawową rolę w czynnościach życiowych komórek. Gospodarka wapniowo-fosforanowa podlega regulacji hormonalnej w przewodzie pokarmowym, kośćcu i nerkach. Polega na skojarzonym działaniu parathormonu (PTH) i aktywnej metabolicznie formy witaminy D (1,25-dihydroksycholekalcyferol), a także wielu innych hormonów: peptydu PTH-podobny (PTHrP), kalcytoniny, hormonu wzrostu, prolaktyny, glikokortykosteroidów, hormonów tarczycy, prostaglandyn, somatomedyn i innych czynników wzrostu [36].

1.4.1.1 Wapń

Stężenie wapnia w surowicy utrzymywane jest w wąskich granicach (2,25-2,65 mmol/l). Optymalne stężenie aktywnej frakcji zjonizowanej wynosi 1,2 mmol/l. W przypadku niedoboru w diecie jest utrzymywane głównie kosztem demineralizacji kośćca. Wapń bierze udział w wielu procesach fizjologicznych w organizmie m.in. w przewodnictwie nerwowym, pobudliwości i kurczliwości mięśni, w wewnątrzkomórkowych procesach metabolicznych i przewodzeniu sygnałów, w krzepnięciu krwi. Stanowi główny składnik podporowy kości (hydroksyapatyt) – 99% zasobów ustrojowych wapnia i 80% fosforanów [36].

1.4.1.2 Fosfor

Stężenie fosforanów w surowicy wynosi 0,81-1,62 mmol/l, jest zmienne w ciągu doby i maleje z wiekiem. Fosforany są podstawowym anionem śródkomórkowym oraz stanowią składnik błon komórkowych, kwasów nukleinowych i związków wysokoenergetycznych [36].

1.4.2 Wpływ wybranych metali na metabolizm i jakość tkanki kostnej

Obecność metali ciężkich, jak również wzrost zawartości metali śladowych w organizmie może prowadzić do zaburzeń reakcji metabolicznych. Większość metali w organizmie gromadzi się w kościach i może zostać z nich uwolnione w niektórych stanach patologicznych, czy w okresie ciąży [37]. Ocena zawartości pierwiastków w kościach może być użyteczna dla oceny diety, zapobiegania i kontroli różnych stanów chorobowych spowodowanych zaburzeniem regulacji gospodarki pierwiastkami śladowymi. Wymiana pierwiastków w kości jest bardzo powolna, dlatego w danym okresie może wskazywać na wielkość ekspozycji na metale toksyczne.

Mechanizm przebudowy kości jest aktywny podczas całego życia. Tkanekę kostną uważa się za wyznacznik kontaminacji metali podczas długotrwałego narażenia. Zmienna obecność metali śladowych może być spowodowana wieloma czynnikami takimi jak: rasa, płeć, wiek, choroby, czy położenie geograficzne itp. [38-40]. Również warunki życia i czynniki środowiskowe mogą wpływać na zawartość metali w tkance kostnej. Może być ona uważana za tkankę odzwierciedlającą zawartość metali w organizmie [41].

Badania określające fizjologiczną zawartość metalu w kości wskazują, że zawartość baru, sodu, cynku, miedzi, żelaza i manganu jest związana z dietą. Stwierdzono, że zawartość ołowiu, niklu, chromu, kobaltu i kadmu jest znacznie wyższa w kościach ludzi współczesnych w porównaniu do ich zawartości w kościach uzyskanych z prac wykopaliskowych, co wynika z przemysłowego zanieczyszczenia środowiska [42, 43]. Konsekwencją rozwoju przemysłu jest zagrożenie w postaci wzrastającego ryzyka narażenia środowiska przyrodniczego człowieka na działanie substancji potencjalnie toksycznych. Stanowią one przyczynę ostrych i przewlekłych zatruć środowiskowych i zawodowych, które mogą ujawnić się po wielu latach ekspozycji [44, 45].

Rolą metali śladowych jest zapewnienie właściwej aktywności reakcji biochemicznych i enzymatycznych. Niektóre metale toksyczne oraz śladowe posiadają wspólne właściwości chemiczne, a ich interakcje metaboliczne mogą zwiększyć zagrożenie zdrowotne [39, 46].

1.4.2.1 *Magnez*

Magnez jest ważnym mikroelementem niezbędnym do funkcjonowania żywych organizmów. Występuje we wszystkich płynach ustrojowych i tkankach ciała człowieka, w znacznej ilości w szkielecie. Bierze udział w wielu reakcjach enzymatycznych, tworząc kompleksy z enzymami (np. reakcja kinazy z Mg-ATP) lub jako katalizator (np. egzonukleazy, topoiizomerazy i polimerazy DNA i RNA) [47, 48].

Niedobór magnezu jest czynnikiem ryzyka chorób sercowo-naczyniowych (nadciśnienia tętniczego, zaburzeń rytmu serca, zawału serca), a także prowadzi do hipokaliemii, hipokalcemii [48]. Zawartość magnezu w biologicznym apatyte jest wyższa na początku mineralizacji, a zmniejsza się wraz z postępem tego procesu [22]. Niedobór magnezu wpływa negatywnie na wszystkie etapy metabolizmu kostnego, powodując zahamowanie wzrostu kości, zmniejszenie działalności osteoblastów i osteoklastów, zmniejszenie masy kości pod postacią osteopenii i w konsekwencji ich łamliwości [22].

1.4.2.2 *Sód i potas*

Sód i potas należą do najważniejszych jonów niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka. Regulują gospodarkę wodno-elektrolitową i kwasowo-zasadową. Sód jest głównym elektrolitem płynów zewnątrzkomórkowych, podczas gdy potas wewnątrzkomórkowych. Ich homeostazę w organizmie zapewniają nerki.

Przemysłowe przetwarzanie produktów spożywczych powoduje zwiększenie zawartości jonu sodowego kosztem zmniejszenia w nich zawartości potasu.

Obniżenie stężenia potasu i/lub zwiększenie stężenia sodu powoduje wydalanie wapnia, co ma niekorzystny wpływ na masę kostną [49, 50].

1.4.2.3 *Cynk*

Cynk jest metalem niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka, spełniających wiele ważnych funkcji w układzie immunologicznym, hormonalnym czy w trakcie rozwoju. W tkance chrzęstnej i kostnej cynk odgrywa rolę we wzrastaniu kości na długość, regulacji osi hormonalnej i sygnalizacji wewnątrzkomórkowej [51].

Cynk ma silne działanie stymulujące osteoblasty i tworzenie kości oraz działanie hamujące resorpcję kości przez osteoklasty.

Cynk wchodzi w skład wielu białek w komórkach tkanki łącznej m.in. w komórkach chondroblastów, chondrocytów, okostnej, prekursorów osteoblastów i osteocytów. Ma bardzo duże znaczenie we wzroście i dojrzewaniu kości [52-54].

Ponadto w regulacji zawartości cynku ważną rolę odgrywają metalotioneiny (MT), z którymi metal jest związany w komórkach. Są to białka bogate w reszty cysteinowe (-SH), pełniące rolę detoksykacyjną – wiążą metale ciężkie takie jak kadm, rtęć i ołów [55].

Niedobór cynku prowadzi do opóźnienia wzrostu liniowego kości, co wiąże się z zaburzeniem funkcji hormonu wzrostu (GH) i insulinopodobnego czynnika wzrostu (IGF) [56].

1.4.2.4 Miedź

Miedź jest niezbędnym składnikiem pożywienia człowieka, warunkującym prawidłowy rozwój i zdrowie [57].

Miedź jest kofaktorem dla oksydazy lizylowej, enzymu odpowiedzialnego za proces sieciowania włókien kolagenowych i tworzenia wiązań poprzecznych, którego zaburzenie prowadzi do osłabienia kości [57]. Miedź powoduje zmniejszenie metabolizmu kostnego poprzez supresję osteoblastów i osteoklastów [58].

Między miedzią a cynkiem występuje antagonizm, natomiast między miedzią i żelazem synergizm. Dobrze znany jest pozytywny wpływ wapnia na procesy absorpcji miedzi w wybranych tkankach [46].

Niedobór miedzi prowadzi do wad rozwojowych kości, zwiększenia ryzyka osteoporozy u osób starszych, zaburzeń syntezy melaniny, zaburzeń odpowiedzi immunologicznej, zwiększenia częstości zakażeń, zaburzeń ze strony układu krążenia oraz do zaburzeń metabolizmu cholesterolu [46].

Zespół Menkesa i choroba Wilsona są chorobami genetycznymi związanymi odpowiednio z ciężkim niedoborem miedzi i ciężką toksycznością miedzi. Badania nad tymi chorobami umożliwiły wyjaśnienie zaburzeń procesów, w których metal bierze udział, zarówno w tkance kostnej (osteomalacja, osteoporoza oraz uszkodzenie chrząstki), jak i innych tkankach [59].

1.4.2.5 Żelazo

Żelazo jest jednym z najpowszechniej występujących pierwiastków i odgrywa zasadniczą rolę w metabolizmie komórek. Jest katalizatorem reakcji enzymatycznych, głównie reakcji oksydoredukcyjnych. Ważną rolą żelaza jest jego udział w wytwarzaniu reaktywnych form

tlenu, które w niskich stężeniach spełniają funkcje fizjologiczne, w wyższych działają toksycznie na komórki powodując ich destrukcję [3, 46, 60].

Rola żelaza w tkance kostnej nie jest dobrze poznana. Żelazo bierze udział w syntezie kolagenu i przekształceniu 25-hydroksywitaminy D do postaci aktywnej. Wykazano, że żelazo jest niezbędne do prawidłowego funkcjonowania osteoblastów. Nadmiar żelaza w osteoblastach może prowadzić do zaburzeń metabolicznych kości (osteoporozy, osteopenii i osteomalacji) [57].

Żelazo koreluje antagonistycznie w stosunku do kadmu, manganu, cynku i ołowiu oraz synergistycznie z miedzią [46].

1.4.2.6 *Stront*

W 99% stront gromadzi się w kościach i zębach, ale wpływ metalu na wymienione tkanki nie jest całkowicie poznany [61].

Wykazano, że działanie strontu jest zależne od pobranej dawki. Niskie dawki mogą:

- stymulować tworzenie kości (poprzez stymulację różnicowania osteoblastów),
- zwiększać gęstość kości (zwiększenie syntezy kolagenu i białek niekolagenowych),
- zwiększać szybkość mineralizacji kości i wytrzymałość (częste zastępowanie wapnia w strukturze, nadbudowa sieci krystalicznej i zwiększenie rozpuszczalności zarodków krystalicznych),
- zmniejszać szybkość resorpcji kości (hamowanie różnicowania osteoklastów) [46, 62].

Niskie dawki strontu w postaci renalinianu strontu zostały wykorzystane w zmniejszaniu tempa złamań osteoporotycznych, zwłaszcza u kobiet po menopauzie. Lek sprzyja remineralizacji kości, zwiększając masę kostną, poprawiając mikroarchitekturę kości (zwiększenie liczby beleczek, zmniejszenie odstępów siateczki) i hamując resorpcję kości [63].

Wysokie dawki strontu mogą wywołać zaburzenia mineralizacji, a nawet prowadzić do deformacji kości, poprzez zaburzenia w metabolizmie wapnia, fosforanów, miedzi i kobaltu [46].

1.4.2.7 *Molibden*

Molibden w organizmie człowieka gromadzony jest w wątrobie, nerkach, zębach i kościach. Molibden jako mikroelement jest składnikiem wielu enzymów uczestniczących

w reakcjach oksydoredukcyjnych (oksydaza ksantynowa, oksydaza siarczynowa i oksydaza aldehydowa). Reguluje metabolizm puryn i tłuszczów [64].

Nadmiar molibdenu jest toksyczny i powoduje deformacje kości podobne do zmian w reumatoidalnym zapaleniu stawów, skłonności do próchnicy zębów i zaburzenia gospodarki lipidowej i białkowej [3].

1.4.2.8 Bar

Bar nie jest metabolizowany w organizmie, ale może on być transportowany lub włączony w procesy metaboliczne.

Efekty toksyczne są związane z zaburzeniami trawienia i układu oddechowego, a także powodują hamowanie mineralizacji kości.

Bar jest antagonistą potasu (podobieństwo ich promieni jonowych) [46].

1.4.2.9 Nikiel

Nikiel jest pierwiastkiem wszechobecnie występującym w wodzie, powietrzu i biosferze. Funkcja niklu w fizjologii człowieka nie jest dobrze poznana. Metal warunkuje prawidłowy przebieg niektórych procesów metabolicznych i jest aktywatorem różnych enzymów ludzkich tkanek, np. tyrozynazy, arginazy, deokosyrybonukleazy, fosfoglukomatazy, niektórych dehydrogenaz i karboksylaz. Pełni rolę w transporcie tlenu do tkanek, w przemianach węglowodanów, tłuszczu i białek. Ponadto nikiel reguluje funkcję plazminy, zwiększa aktywność hormonalną oraz stabilizuje strukturę kwasów nukleinowych [65].

U człowieka niedobór niklu powoduje zmniejszenie zużycia tlenu w wątrobie, zwiększenie nagromadzenia tłuszczów, zahamowanie wzrostu, zmniejszenie przyswajania żelaza, obniżenie stężenia hemoglobiny [3].

Alergia na nikiel jest najczęstszym rodzajem nadwrażliwości kontaktowej w krajach rozwiniętych [66, 67].

Mechanizm rakotwórczego działania niklu polega na wywołaniu zaburzenia syntezy DNA, hamowaniu procesów jego naprawy i wypadnięciu sekwencji DNA. Nikiel występuje głównie w tkankach miękkich, ale potwierdzono także wpływ na metabolizm tkanki kostnej [3, 46, 68, 69].

1.4.2.10 Chrom

Chrom pełni funkcje utrzymania właściwego metabolizmu glukozy i lipidów w organizmie. Tworzy trwałe kompleksy z białkami. Ma zdolność wytrącania białek, z czego wynika jego szkodliwe działania na skórę i błony śluzowe [46].

W komórkach chrom (III) powstaje w wyniku redukcji z chromu (VI) przy udziale NADPH-zależnych enzymów i ma właściwości kancerogenne. Może tworzyć trwałe połączenia z DNA, prowadząc do jego uszkodzenia i mutacji [1].

Uczulenie na związki chromu jest częstą przyczyną wyprysku skórniego [3].

1.4.2.11 Ołów

W tkance kostnej gromadzi się 90-95% ołowiu. Jest on odkładany na zasadzie wymiany z jonami Ca^{2+} w procesach biologicznych, głównie w mniej aktywnej metabolicznie kości zbitej. Zresorbowany ołów występuje w organizmie w dwóch pulach: szybkowymiennej (krew, tkanki miękkie), gdzie wywołuje efekty ostre, oraz wolnowymiennej (kości), w której jest nieczynny metabolicznie [70].

Ołów nie ma żadnych korzyści zdrowotnych w niskim stężeniu i jest toksyczny w umiarkowanym i wysokim stężeniu. Toksyczny wpływ ołowiu jest wielokierunkowy. Działa na układ krwiotwórczy, obwodowy i ośrodkowy układ nerwowy, przewód pokarmowy i narządy mięsne. Ma zdolność kumulowania się w organizmie, głównie w wątrobie, mózgu, nerkach, mięśniach i kościach. Encefalopatia i anemia są najpoważniejszymi efektami jego ostrego działania toksycznego [70].

Wpływ na komórki kości może być pośredni, jak i bezpośredni [19]. Pośrednio ołów upośledza hydroksylację witaminy D w nerkach, powoduje zmniejszenie stężenia 1,25-dihydroksycholekalcyferolu i parathormonu (PTH) w osoczu.

Bezpośrednio prowadzi do zmniejszenia gęstości mineralnej kości, zwiększa podatność na złamania i zaburzenia zrostu kostnego. Odbywa się to poprzez zmianę metabolizmu osteoblastów i osteoklastów, zmniejszenie produkcji komórek macierzystych osteoblastów, zaburzenie homeostazy wapnia. W osteoblastach hamuje syntezę osteokalcyny (białko niezbędne dla prawidłowego przebiegu procesu mineralizacji) oraz zaburza syntezę miejscowych czynników wzrostu (IGF-I, hormonu wzrostu (GH) i estrogenów) [19]. W komórkach kości pierwiastek ten dezorganizuje procesy zależne od jonów wapnia zachodzące przy udziale cAMP [71].

Pula wolnowymienna ołowiu bezpośrednio oddziałuje na osteoklasty poprzez zaburzenie wychwytu jonów wapnia i modulacji procesów zależnych od wapnia. W ich aktywacji prawdopodobnie odgrywają rolę prostaglandyny. W warunkach podwyższonego stężenia PTH i wydłużenia czasu inkubacji osteoklastów wychwyt ołowiu był zdecydowanie większy niż wychwyt wapnia [72].

Ołów konkuruje o miejsca wiązań w enzymach z metalami, w których są kofaktorami (np. z cynkiem w syntazie porfobilinogenowej, czy dehydratazie kwasu δ -amino-lewulinowego (ALAD)) lub w białkach (np. z żelazem w transferynie). Zahamowanie biosyntezy hemu przez ołów prowadzi do akumulacji żelaza, które na drodze reakcji Fentona bierze udział w tworzeniu bardzo groźnych wolnych rodników tlenowych [73, 74].

Interakcje ołowiu z biopierwiastkami odgrywają ważną rolę już na etapie wchłaniania się tego pierwiastka do organizmu. Resorpcja niektórych jonów (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} czy Cu^{2+}) z układu pokarmowego jest hamowana przez ołów [75]. Świadczy to o niekorzystnym wzroście konkurencyjności wchłaniania w jelicie między tymi jonami a ołowiem [73, 76]. Na przykład niedobór cynku zwiększa absorpcję ołowiu. Istnieje odwrotnie proporcjonalna zależność między stężeniem ołowiu we krwi, a aktywnością enzymów zależnych od cynku. Wiąże się to prawdopodobnie z zastępowaniem ołowiu w miejsce cynku w tych enzymach [46].

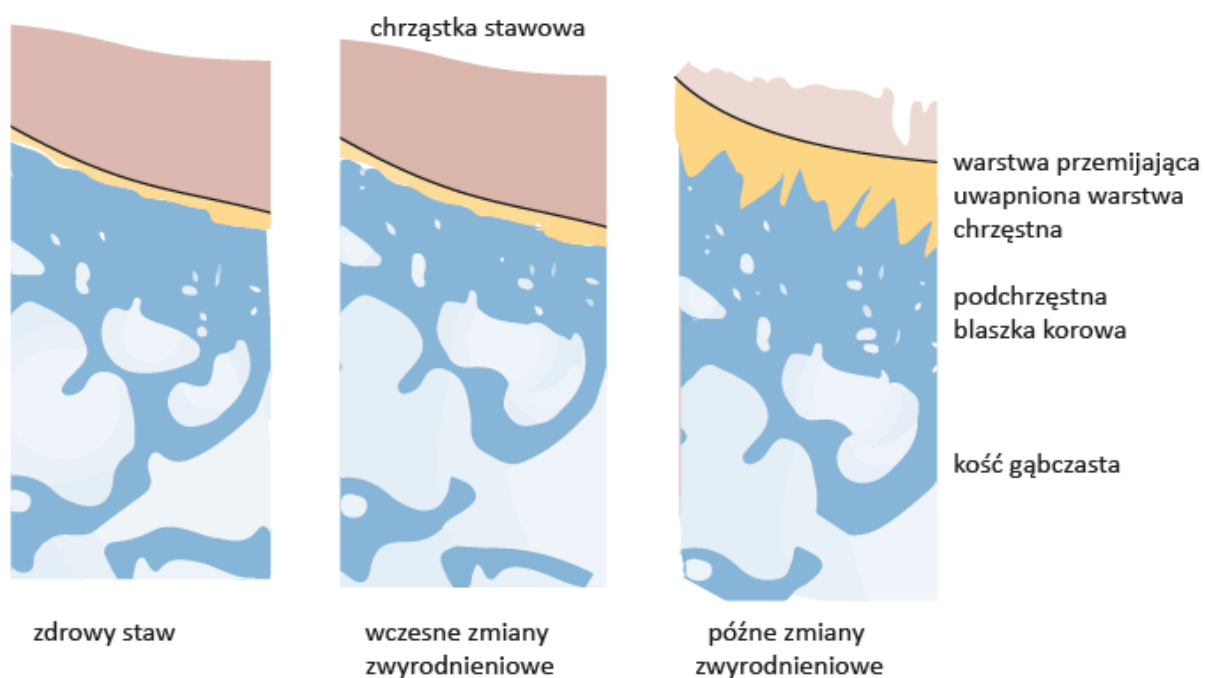
1.5 CHOROBA ZWYRODNIENIOWA STAWÓW BIODROWYCH

Choroba zwyrodnieniowa stawów (ChZS) jest jedną z najczęściej rozpoznawanych chorób narządów ruchu, dotykająca ponad 40 milionów Europejczyków. Ryzyko zachorowania w okresie życia wynosi 45% dla stawów kolanowych i 25% dla stawów biodrowych [77-79]. Choroba istotnie obniża jakość życia i jest najszybciej narastającą przyczyną niepełnosprawności na świecie [80, 81].

ChZS biodrowych pod względem przyczyny dzieli się na pierwotną i wtórną. Idiopatyczna choroba zwyrodnieniowa jest schorzeniem, którego przyczyną są wieloczynnikowe następstwa zaburzeń równowagi pomiędzy procesami regeneracji a degradacji chrząstki stawowej i kości podchrzęstnej. Towarzyszą im zmiany w obrębie pozostałych struktur stawu (Ryc. 5) [82]. W rozważaniach etiopatogenetycznych idiopatycznej ChZS należy brać pod uwagę czynniki genetyczne, biomechaniczne, zapalne i związane z wiekiem zmiany inwolucyjne.

Wtórna ChZS jest zespołem chorobowym, którego najczęstszymi przyczynami są wrodzone deformacje (wrodzona (rozwojowa) dysplazja stawu biodrowego), młodzieńcze złuszczenie głowy kości udowej, urazy, choroby nasad kości długich (choroba Perthesa, jałowa martwica głowy kości udowej), choroba Otto-Chrobaka, zapalenia swoiste i nieswoiste stawów (RZS), czy oddziaływanie czynników metabolicznych (artropatie).

Rozpoznane ChZS opiera się na badaniu klinicznym i radiologicznym.



Ryc. 5. Zmiany strukturalne w chorobie zwyrodnieniowej [11]

1.5.1 Ocena kliniczna

Dominującymi objawami są ból, sztywność i ograniczenie ruchomości stawach, które prowadzą do stopniowego zmniejszania aktywności fizycznej przez pacjenta [82]. Ból stawu charakteryzuje się różnym nasileniem, początkowo pojawia się jedynie przy ruchu, a w zaawansowanym stadium może być bardzo silny i występować w spoczynku i w nocy. W przypadku choroby zwyrodnieniowej stawu biodrowego dolegliwości bólowe mogą być odczuwane w obrębie pachwiny, pośladka, uda i kolana. Bóle zwiększają się przy skrajnych ruchach w stawie biodrowym, szczególnie przy rotacji wewnętrznej.

Jedną z najczęściej stosowanych metod do oceny stopnia natężenia odczuwanych dolegliwości bólowych jest 11-stopniowa skala numeryczna (NRS – Numerical Rating Scale), w której 0 oznacza całkowity brak bólu, natomiast 10 najgorszy wyobrażalny ból. Skala ta cechuje się znaczną powtarzalnością wyników i jest przydatna w zastosowaniach naukowych.

1.5.2 Ocena radiologiczna stawu biodrowego według skali Kellgren'a i Lawrence'a

Badania radiologiczne służą do oceny zaawansowania ChZS. Najczęściej stosowaną klasyfikacją radiologiczną jest pięciostopniowa skala zaproponowana przez Kellgren'a i Lawrence'a w 1957 roku. Autorzy uwzględnili pięć cech radiologicznych charakteryzujących zmiany zwyrodnieniowe: radiologiczne zwężenie szpary stawowej, występowanie wyrostki kostnych, występowanie torbieli zwyrodnieniowych, sklerotyzacja podchrzęstna i deformacja kostno-stawowa bliższego końca kości udowej i panewki. Stopień 0 oznacza brak zmian o charakterze zwyrodnieniowym, a stopień 4 – postać najbardziej nasilonych zmian (Tabela 1) [83].

Tabela 1. Skala zaawansowania zmian radiologicznych w chorobie zwyrodnieniowej stawów według Kellgren'a i Lawrence'a [83]

Stopień	Opis	Charakterystyka zmian radiologicznych
0	prawidłowy staw	staw bez zmian radiologicznych
1	zmiany minimalne	niewielkie radiologiczne zwężenie szpary stawowej, możliwość występowania wyrośli kostnych
2	zmiany łagodne	zauważalne radiologiczne zwężenie szpary stawowej, występowanie wyrośli kostnych
3	zmiany umiarkowane	wyraźne radiologiczne zwężenie szpary stawowej, liczne wyraźne wyrośla kostne, umiarkowana sklerotyzacja podchrzęstna, możliwa deformacja nasady
4	zmiany zaawansowane	znaczne radiologiczne zwężenie szpary stawowej, duże wyrośla kostne, znaczna sklerotyzacja podchrzęstna, wyraźna deformacja nasady

2 CELE PRACY

Celami pracy są:

1. Oznaczenie zawartości pierwiastków strukturalnych (Ca, P, Mg, Na, K), pierwiastków śladowych (Zn, Cu, Fe, Mo, Cr, Ni), potencjalnie toksycznych (Ba, Sr) i toksycznych (Pb) w tkance kostnej gąbczastej i zbitej bliższego końca kości udowej chorych operowanych z powodu zmian zwyrodnieniowych stawu biodrowego.
2. Określenie różnic między zawartością pierwiastków w gąbczastej i zbitej tkance kostnej.
3. Ustalenie różnic zawartości wybranych pierwiastków w tkance kostnej gąbczastej i zbitej między poszczególnymi grupami: kobiety i mężczyźni, osoby palące papierosy i niepalący, osoby spożywające alkohol i abstynenci, osoby aktywne i nieaktywne fizycznie, mieszkańcy miast i wsi, osoby z i bez kontaktu z zanieczyszczeniami chemicznymi środowiska, chorzy operowanymi z powodu pierwotnych i wtórnych zmian zwyrodnieniowych stawów.
4. Określenie korelacji między zawartością pierwiastków oraz między zawartością pierwiastków i wiekiem w tkance kostnej gąbczastej i zbitej bliższego końca kości udowej.
5. Ustalenie różnic korelacji między zawartością pierwiastków oraz między zawartością pierwiastków i wiekiem w tkance kostnej gąbczastej i zbitej bliższego końca kości udowej w zależności od czynników środowiskowych (płeć, palenie tytoniu, spożycie alkoholu, kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi, miejsce zamieszkania, aktywność fizyczna).
6. Określenie korelacji między zawartością pierwiastków i profilem klinicznym (NRS, BMI) oraz między zawartością pierwiastków i obrazem radiologicznym (grubość korówkowa, indeks korówkowy, ocena w skali Kellgren'a i Lawrence'a).
7. Wyjaśnienie zależności między zawartością pierwiastków w tkance kostnej przy wykorzystaniu analizy składowych głównych.

Plan pracy obejmuje:

1. uzyskanie śródoperacyjnie elementów stawu biodrowego i ich zabezpieczenie,
2. wyodrębnienie kości gąbczastej (próbka głowy kości udowej) i korowej (próbka szyjki kości udowej), opis uzyskanego materiału do badań,
3. określenie zawartości wybranych pierwiastków i ich wzajemnych korelacji w poszczególnych elementach stawu biodrowego kobiet i mężczyzn, u osób palących papierosy i niepalących, u osób spożywających alkohol i abstynentów oraz u osób aktywnych i nieaktywnych fizycznie,
4. badanie charakterystyki występowania wybranych pierwiastków i ich wzajemnych korelacji w zależności od miejsca zamieszkania pacjentów (miasto i wieś) oraz od kontaktu z zanieczyszczeniami środowiska,
5. opisanie charakterystyki występowania wybranych pierwiastków i ich wzajemnych korelacji w zależności od wieku chorych,
6. porównanie zawartości wybranych pierwiastków w badanych tkankach i ich wzajemnych korelacji w zależności od przyczyny wykonywania zabiegu endoprotezoplastyki stawu: zmiany zwyrodnieniowe pierwotne i wtórne,
7. wykorzystanie metody analizy składowych głównych do oceny zależności wybranych parametrów środowiskowych i zawartości metali w stawie biodrowym.

3 MATERIAŁ I METODA

3.1 GRUPA BADANYCH CHORYCH

Do badania włączono 96 chorych poddanych wszczępieniu endoprotezy stawu biodrowego w latach 2009-2011 w Ortopedyczno-Rehabilitacyjnym Szpitalu Klinicznym im. Wiktora Degi UM w Poznaniu w Klinice Chirurgii Kręgosłupa, Ortopedii Onkologicznej i Traumatologii oraz Klinice Ortopedii i Traumatologii.

Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę nr 172/14 Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu. Pacjenci, którzy brali udział w badaniach zostali poinformowani i wyrazili zgodę na wykorzystanie ich tkanek do celów naukowych, i ich dalszych analiz toksykologicznych. Od każdego chorego zebrano informacje, które posłużyły do wypełnienia kwestionariusza wykorzystanego do późniejszych opracowań statystycznych: wiek pacjenta, płeć, masa ciała, wzrost, miejsce zamieszkania z uwzględnieniem czasokresu, charakter wykonywanej pracy z uwzględnieniem narażenia zawodowego, czynniki toksyczne, schorzenia współistniejące i choroby przebyte oraz przyjmowane leki, palenie tytoniu, spożycie alkoholu, aktywność fizyczna. Warunkiem zakwalifikowania do badań była możliwość uzyskania wszystkich powyższych informacji od pacjenta lub jego rodziny.

Badane tkanki uzyskiwane były śródoperacyjnie w trakcie zabiegów endoprotezoplastyki stawu biodrowego. Wskazaniem do tego zabiegu we wszystkich przypadkach były pierwotne bądź wtórne zmiany zwyrodnieniowe stawu biodrowego. Przedmiotem badań była odcięta in situ głowa i szyjka kości udowej. Tkanki te standardowo zawsze po zabiegu są utylizowane.

3.2 OCENA RADIOLOGICZNA GRUBOŚCI KORÓWKOWEJ KOŚCI UDOWEJ

U wszystkich chorych włączonych do badania wykonano zdjęcie radiologiczne miednicy przednio-tylne (AP) i dokonano oceny zaawansowania choroby w skali Kellgren'a i Lawrence'a oraz pomiaru grubości kości korowej kości udowej 5 cm poniżej krętarza mniejszego. Do pomiarów wykorzystano oprogramowanie Onis (DigitalCore, Co.Ltd). Mierzono i sumowano grubość kości korowej bocznej i przyśrodkowej na poziomie 5 cm poniżej krętarza mniejszego, a także całkowitą szerokość kości udowej na tym samym poziomie. Obliczono indeks korówkowy będący ilorazem zsumowanych grubości korówkowych i całkowitej szerokości

kości udowej na tym samym poziomie. Wszystkie pomiary były wykonywane przez jednego przeszkolonego badacza.

3.3 METODY POZYSKANIA MATERIAŁU BADAWCZEGO

Materiał pobrany śródoperacyjnie przechowywano w warunkach ujemnej temperatury (-15°C) przez okres maksymalnie 3 tygodni. W celu uniknięcia wtórnego zanieczyszczenia metalami stosowano zabezpieczenie pod postacią woreczków polietylenowych z zamknięciem.

Próbki pobierano z głowy i szyjki kości udowej metodą wycinka, tak aby naważka wynosiła 1 g próbki. W tym celu pobierano wycinek 1 g próbki z głowy kości udowej – pełen wycinek kości w głąb głowy kości udowej. W przypadku szyjki kości udowej pobierano wycinek z plastra grubości 1-2 mm i z tego plastra pobierano 5 mm wycinek w kształcie trójkąta.

3.4 METODY BADAŃ

Zamrożone próbki kości były liofilizowane przy użyciu liofilizatora Lyovac GT2e (Steris, Niemcy) przez 24 godziny. Po wysuszeniu, próbki o masach około 0,5 g umieszczano w mineralizatorze mikrofalowym typu Mars 5 Xpress (CEM, USA). Następnie dodawano 10 ml kwas azotowego (V) ultra czystego 65% (Supra pure, Merck, Niemcy) i pozostawiano pod przykryciem na 8 godzin w celu spowolnienia mineralizacji. Następnie wykonywano mineralizację mikrofalową przy użyciu zmodyfikowanej metody 3052 (EPA, USA). Po ochłodzeniu próbki umieszczano w kolbach i wypełniano do 50 ml demineralizowaną wodą. Stężenie Mo, Cr, Zn, Pb, Cu, Ni, Fe, Mg, Ca, P oznaczono za pomocą ICP-AES Jobin Yvon 170Ultrace (Jobin Yvon, Francja) z plazmą poprzeczną. Próbki rozpylano za pomocą rozpylacza koncentrycznego Meinhard. Stężenia Na i K oznaczano metodą płomieniową z wykorzystaniem Shimadzu AAS (Shimadzu, Japonia). Podstawowe parametry spektrometrów ICP-AES i FAAS zostały przedstawione poniżej (Tabela 2).

Granica wykrywalności (LOD) dla poszczególnych pierwiastków wynosiła: Mo <0,36 mg/kg, Cr <0,24 mg/kg, Pb <0,63 mg/kg, Cu <0,2 mg/kg, Ni <0,06 mg/kg, Zn <0,2 mg/kg, Fe <0,3 mg/kg, Mg <0,1 mg/kg, P <1 mg/kg, Ca <0,1 mg/kg, Na <0,04 mg/kg, K <0,6 mg/kg. Do analizy statystycznej wyznaczono 1/2 wartości LOD.

Tabela 2. Warunki analizy ICP-AES (Yobin-Yvon) i spektrometru FAAS (Shimadzu)

Parametr	Jednostka	ICP-AES	FAAS
Długość fali	[nm]	Mo – 204,6 Cr – 205,5 Zn – 213,8 Pb – 220,3 Cu – 224,7 Ni – 231,6 Fe – 259,9 Mg – 280,3 P – 213,6 Ca – 317,9	Na – 589,0 (szczelina 0,2 nm) K – 766,5 (szczelina 0,7 nm)
Moc	[W]	1200	-
Przepływy argonu: - plazma - gaz osłonowy - gaz nośnikowy	[l min ⁻¹]	12 0,4 0,6	
Przepływ próby	[ml min ⁻¹]	1,0	-
Czas płukania	[s]	30	5
Liczba powtórzeń		3	3

3.5 METODY STATYSTYCZNE

Do opracowania uzyskanych wyników badań zastosowano oprogramowanie Statistica (wersja 7.1 PL; StatSoft, Tulsa, USA) według przedstawionych niżej ogólnych zasad. Ocena normalności wykonano przy użyciu testu W Shapiro-Wilka. Zaobserwowany rozkład częstości występowania poszczególnych wyników odbiegał od rozkładu normalnego, dlatego w charakterystyce statystycznej wykorzystano oprócz zakresu zmian zawartości średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego obliczenie mediany, rozkładu oraz współczynnika zmienności. Testowanie istotności statystycznej różnic między grupami przeprowadzono w oparciu o testy nieparametryczne – test U Manna-Whitneya dla dwóch grup, test Kruskala-Wallisa dla większej liczby grup. Zależności pomiędzy poszczególnymi badanymi parametrami określono stosując test Spearmana i wyliczając odpowiednie współczynniki korelacji. W ocenie statystycznej występowania określonych współzależności wykorzystano także metodę analizy wieloczynnikowej – analizę składowych głównych (PCA). Za istotną przyjmowano wartość $p < 0,05$.

4 WYNIKI BADAŃ

4.1 CHARAKTERYSTYKA CHORYCH

W tabeli 3 i tabeli 4 przedstawiono charakterystykę chorych włączonych do badania.

Tabela 3. Charakterystyka badanych chorych. Zastosowano oznaczenia: M-W – test Manna-Whitneya,

Parametr	N=96	Średnia±SD	Mediana (przedział)	M-W
Wiek [lat]	kobiety (n=57) mężczyźni (n=39) ogółem	64,5±14,2 63,2±10,2 64±12,7	65 (25-87) 61 (42-91) 64 (25-91)	p=0,3
Masa ciała [kg]	kobiety (n=57) mężczyźni (n=39) ogółem	69,8±14,2 84±16,1 75,6±16,5	68 (45-115) 81 (45-114) 75,5 (45-115)	p<0,01
Wzrost [cm]	kobiety (n=57) mężczyźni (n=39) ogółem	159,9±6,8 172,2±6,4 164,9±9	160 (139-174) 173 (155-185) 165 (139-185)	p<0,01
BMI [kg/m ²]	kobiety (n=57) mężczyźni (n=39) ogółem	27,3±5,2 28,3±5,1 27,7±5,1	26,6 (17,6-41,2) 28,4 (15,8-42,4) 27,1 (15,8-42,4)	p=0,2
Grubość korówki [cm]	kobiety (n=57) mężczyźni (n=39) ogółem	1,51±0,28 1,66±0,29 1,57±0,29	1,5 (1-2,4) 1,6 (1,1-2,2) 1,5 (1-2,4)	p<0,05
Szerokość kości udowej [cm]	kobiety (n=57) mężczyźni (n=39) ogółem	2,98±0,29 3,31±0,3 3,11±0,33	3 (2,4-3,7) 3,4 (2,5-3,8) 3,1 (2,4-3,8)	p<0,01
Indeks korówkowy	kobiety (n=57) mężczyźni (n=39) ogółem	0,51±0,07 0,5±0,07 0,51±0,07	0,5 (0,36-0,65) 0,52 (0,35-0,65) 0,51 (0,35-0,65)	p=0,7
Nasilenie bólu w skali NRS	kobiety (n=57) mężczyźni (n=39) ogółem	7,4±0,9 7,5±0,9 7,4±0,9	7 (6-9) 7,5 (5-9) 7 (5-9)	p=0,73

Tabela 4. Charakterystyka badanych chorych.

Parametr	N=96	Liczba (odsetek)
Miejsce zamieszkania	wieś miasto >10 tys. miasto <10 tys.	24 (25%) 16 (16,7%) 56 (58,3%)
Zmiany zwyrodnieniowe	idiopatyczne wtórne	54 (56,3%) 42 (43,8%)
Typ wszczepionej endoprotezy	Ecofit (DePuy) Excia (Aesculap) ABGII (Stryker) Fitmore Allofit (Zimmer) Exeter Proxima (DePuy)	71 (74%) 12 (12,5%) 8 (8,3%) 3 (3,1%) 1 (1%) 1 (1%)
Palenie tytoniu	niepalący palący nieregularnie regularnie	73 (76%) 6 (6,3%) 17 (17,7%)
Spożycie alkoholu	niepijący niskie przeciętne wysokie	46 (47,9%) 23 (24%) 26 (27,1%) 1 (1%)
Aktywność fizyczna	w okresie dojrzewania przed wystąpieniem choroby stała	60 (62,5%) 30 (31,3%) 23 (24%)
Zanieczyszczenia środowiska	powietrza wody gleby	5 (5,2%) 3 (3,1%) 2 (2,1%)
Kontakt z chemikaliami w miejscu pracy	z nawozami ze środkami ochrony roślin z metalami ciężkimi z materiałami budowlanymi z farbami z artykułami garbarskimi z odczynnikami fotograficznymi z metalurgią z odczynnikami chemicznymi z detergentami inne chemiczne ogółem	4 (4,2%) 2 (2,1%) 11 (11,5%) 4 (4,2%) 9 (9,4%) 1 (1,0%) 1 (1,0%) 2 (2,1%) 8 (8,3%) 2 (2,1%) 8 (8,3%) 30 (31,3%)
Efekt szkodliwy procesów	przemysłowych rolnictwa transportu inne awarie	6 (6,3%) 1 (1,0%) 1 (1,0%) 1 (1,0%)
Dieta	mięso w diecie ryby w diecie dieta wegetariańska duża ilość herbaty duża ilość kawy	5 (5,2%) 8 (8,3%) 1 (1,0%) 17 (17,7%) 9 (9,4%)
Zaawansowanie ChZS biodrowych w skali Kellgrena-Lawrence'a	1 2 3 4	5 (5,2%) 36 (37,5%) 33 (34,4%) 22 (22,9%)

4.2 ZAWARTOŚĆ PIERWIASTKÓW W KOŚCI GĄBCZASTEJ I KOROWEJ

Zawartość pierwiastków strukturalnych i makroelementów (Ca, P, Mg, Na) w szyjce kości udowej miała rozkład zbliżony do normalnego (test Shapiro-Wilka). W szyjce kości udowej stwierdzono istotnie większą zawartość Ca, P, Mg, Sr i Mo (test Manna-Whitneya) (Tabela 5).

Tabela 5. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) w badanych materiałach ludzkiej kości. Zastosowano oznaczenia: AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)

Pierwiastek		Głowa kości udowej	Szyjka kości udowej	M-W
Mo	AM±SD Med (przedz.) CV	0,56±0,6 0,18 (0,18-2,04) 105,9	0,73±0,68 0,18 (0,18-3,1) 92,64	U=3887,5 p=0,034
Cr	AM±SD Med (przedz.) CV	1,33±2,24 0,49 (0,12-14,32) 168,54	1,44±1,73 0,83 (0,12-8,09) 120,18	NS
Zn	AM±SD Med (przedz.) CV	72,09±16 69,84 (45,68-112,68) 22,2	68,7±13,38 66,21 (43,06-108,17) 19,47	NS
Pb	AM±SD Med (przedz.) CV	1,15±1,51 0,32 (0,32-6,28) 131,55	1,08±1,37 0,32 (0,32-7,52) 127,43	NS
Cu	AM±SD Med (przedz.) CV	0,91±0,88 0,83 (0,04-3,56) 96,61	0,89±1,15 0,72 (0,04-6,58) 129,78	NS
Ni	AM±SD Med (przedz.) CV	0,6±1,26 0,03 (0,03-7,38) 209,84	0,79±2,28 0,03 (0,03-14,88) 290,07	NS
Fe	AM±SD Med (przedz.) CV	124,4±106,2 91,1 (10,5-499,3) 85,3	131,5±139,3 91 (20,6-839,6) 105,9	NS
Mg	AM±SD Med (przedz.) CV	1446,76±359,2 1381,2 (834,3-2528,6) 24,8	1585,8±320,2 1595,3 (782,9-2243,9) 20,2	U=3508 p<0,01
K	AM±SD Med (przedz.) CV	842,4±685,7 679,3 (297-6343,1) 81,4	972,1±1136,3 647,1 (250-9340) 116,9	NS
P	AM±SD Med (przedz.) CV	62723±16774,4 59094,6 (33104-98424) 26,7	70652,3±18279,3 69616,2 (29480-109180) 25,9	U=3416 p<0,01
Sr	AM±SD Med (przedz.) CV	44±26,5 36,6 (1,3-150,9) 60,2	47,3±22,7 43,2 (16,3-137,5) 48	U=3838 p=0,045
Ba	AM±SD Med (przedz.) CV	2,47±1,68 2,09 (0,13-9,05) 67,83	2,41±1,3 2,25 (0,24-7,01) 53,96	NS
Na	AM±SD Med (przedz.) CV	5466,5±1043,9 5428,6 (3244,2-8566,9) 19,1	4681,2±884,6 4662,1 (2228,7-6624,7) 18,9	U=2632 p<0,01
Ca	AM±SD Med (przedz.) CV	136705,6±36168,7 130519 (69364-216920) 26,5	157212,3±40448,5 153269 (65524-252100) 25,7	U=3199 p<0,01

Większą liczbę statystycznie istotnych korelacji pierwiastków stwierdzono w szyjce kości udowej (Tabela 6). Istotne statystycznie korelacje o największym współczynniku wykazano między makroelementami: Ca, P, Mg i Zn (0,62-0,97) zarówno w głowie, jak i szyjce kości udowej. Zależności między Na a P, między Na a Mg i między Na a Ca w szyjce kości udowej miały wysoki współczynnik korelacji (odpowiednio 0,8, 0,79 i 0,76), natomiast w głowie kości udowej wykazywały umiarkowaną siłę (odpowiednio 0,4, 0,39 i 0,36). Wykazano także umiarkowane korelacje między Sr (0,52-0,55) oraz między Ba (0,04,-0,48) a czterema makroelementami (Ca, P, Mg, Zn) w głowie kości udowej. Korelacje te w szyjce kości udowej miały słabą siłę: dla Sr – 0,37-0,42, a dla Ba 0,23-0,37. Inne korelacje, które zaobserwowano zarówno w głowie, jak i szyjce kości udowej: Fe/Cr (0,34 i 0,37), Cu/Ni (0,44 i 0,57), Cu/Cr (0,43 i 0,27), Fe/K (0,3 i 0,28), tylko w szyjce kości udowej: Cu/Fe (0,34), Ni/Cr (0,31), Mo/Pb (-0,32), Zn/Pb (0,26), a tylko w głowie kości udowej Mo/Cu (-0,22) oraz Ni/K (-0,29). Korelacje o małej sile wykazano między Pb i makroelementami (Ca, P, Mg, Na) w szyjce kości udowej. Na wykazywał korelacje z Zn, Sr w szyjce i głowie kości udowej oraz z K tylko w tej ostatniej strukturze (Tabela 6).

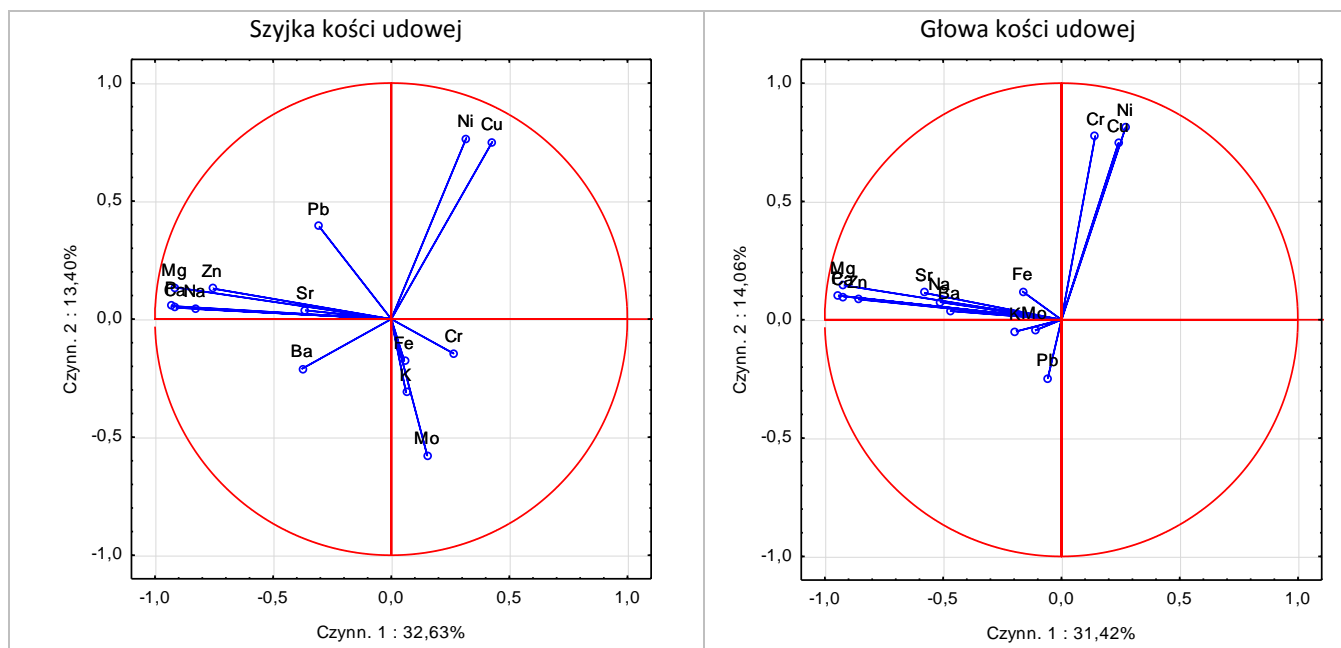
Tabela 6. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce i głowie kości udowej oraz wieku; * istotne statystycznie

Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
głowa kości udowej															
Mo		-0,08	0,09	0,02	-0,22*	-0,10	0,05	0,07	0,07	0,08	0,04	-0,01	-0,13	0,03	0,02
Cr	0,11		-0,03	-0,16	0,43*	0,16	0,34*	0,07	0,19	0,05	-0,09	0,06	0,13	0,02	0,03
Zn	-0,13	-0,07		0,08	-0,09	-0,13	0,14	0,80*	0,11	0,81*	0,52*	0,40*	0,46*	0,79*	-0,11
Pb	-0,32*	-0,18	0,26*		-0,01	-0,02	0,03	0,06	0,02	0,01	-0,05	0,06	0,20	0,05	0,10
Cu	-0,17	0,27*	-0,12	0,12		0,44*	0,15	-0,05	0,21*	-0,14	-0,08	-0,13	0,03	-0,14	0,04
Ni	-0,03	0,31*	-0,16	0,01	0,57*		-0,18	-0,14	-0,29*	-0,14	-0,07	0,04	-0,20	-0,15	0,02
Fe	-0,02	0,37*	-0,18	-0,12	0,34*	0,14		0,05	0,30*	0,09	-0,03	-0,03	0,12	0,04	0,13
Mg	-0,16	-0,09	0,74*	0,27*	-0,25*	-0,28*	-0,18		0,19	0,92*	0,58*	0,48*	0,39*	0,89*	-0,11
K	-0,02	0,26*	0,00	-0,10	0,01	-0,03	0,28*	-0,12		0,12	0,26*	-0,05	0,45*	0,07	0,08
P	-0,10	-0,20	0,63*	0,21*	-0,39*	-0,39*	-0,22*	0,89*	-0,19		0,55*	0,47*	0,40*	0,97*	-0,13
Sr	-0,04	-0,06	0,37*	0,10	-0,16	0,03	-0,20*	0,42*	-0,03	0,40*		0,39*	0,36*	0,55*	-0,08
Ba	0,03	-0,07	0,23*	0,01	-0,20	-0,16	-0,13	0,37*	-0,17	0,34*	0,32*		0,22*	0,43*	-0,05
Na	-0,06	-0,10	0,65*	0,24*	-0,26*	-0,26*	-0,04	0,79*	0,10	0,80*	0,41*	0,22*		0,36*	-0,10
Ca	-0,08	-0,15	0,62*	0,22*	-0,36*	-0,32*	-0,18	0,86*	-0,17	0,96*	0,38*	0,31*	0,76*		-0,11
wiek	0,00	0,05	-0,22*	0,10	0,17	0,02	0,08	-0,28*	0,11	-0,29*	-0,30*	-0,19	-0,22*	-0,29*	
szyjka kości udowej															

Wykonana analiza składowych głównych (PCA) dla pierwiastków wykazała, że pierwsze sześć czynników wyjaśniało 79,1% ogólnej zmienności dla szyjki i 77,4% dla głowy kości udowej. Z pierwszym czynnikiem (wyjaśniającym 32% zmienności), który można określić jako „budulec kości”, najsilniej skorelowano pierwiastki strukturalne i mikroelementy związane z metabolizmem kości: Ca, P, Na, Mg i Zn (oraz Sr w głowie kości udowej). Drugi czynnik PCA objaśniał 13% ogólnej zmienności. Skorelowane z nim były metale śladowe Cu, Ni oraz Mo w szyjce kości udowej. Druga składowa w głowie kości udowej i trzecia składowa w szyjce kości udowej dotyczyła zawartości Cr. Znaczenie zawartości Fe jest wskazane przez trzecią składową. Znaczenie zawartości Ba jest wskazane przez drugą składową w szyjce kości udowej i czwarty element w głowie kości udowej. Z czwartym i piątym czynnikiem w głowie kości udowej oraz szóstym w szyjce był skorelowany z Pb (Tabela 7, Ryc. 6).

Tabela 7. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie i szyjce kości udowej

Pierw.	Szyjka kości udowej						Głowa kości udowej					
	Czynnik						Czynnik					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	0,15	-0,58	0,32	-0,31	-0,09	-0,17	-0,11	-0,05	0,40	-0,67	-0,41	0,32
Cr	0,26	-0,15	0,72	0,03	0,06	0,11	0,14	0,78	0,12	-0,21	-0,18	0,14
Zn	-0,76	0,13	0,16	0,15	-0,18	0,00	-0,86	0,09	0,01	0,11	0,02	0,12
Pb	-0,31	0,39	-0,30	0,34	-0,07	0,51	-0,06	-0,25	-0,09	0,50	-0,75	0,14
Cu	0,43	0,75	0,36	0,01	0,06	-0,02	0,24	0,75	0,09	0,35	-0,05	-0,11
Ni	0,32	0,77	0,39	-0,25	-0,07	-0,08	0,27	0,81	-0,24	-0,06	-0,09	-0,06
Fe	0,06	-0,18	0,57	0,52	0,37	0,01	-0,16	0,12	0,66	0,28	0,21	0,45
Mg	-0,92	0,13	0,16	0,03	0,05	-0,02	-0,92	0,15	-0,10	-0,00	-0,03	0,02
K	0,06	-0,31	0,32	0,27	-0,68	0,30	-0,19	-0,05	0,60	-0,14	-0,25	-0,65
P	-0,93	0,06	0,06	-0,07	0,02	-0,15	-0,95	0,10	-0,05	-0,01	0,06	0,06
Sr	-0,37	0,04	0,21	-0,64	-0,24	0,34	-0,58	0,11	0,02	-0,30	0,16	-0,20
Ba	-0,38	-0,21	0,10	-0,23	0,61	0,48	-0,47	0,04	-0,45	-0,18	-0,28	-0,04
Na	-0,83	0,04	0,18	0,16	-0,11	-0,17	-0,51	0,08	0,26	0,44	-0,04	-0,19
Ca	-0,91	0,05	0,08	-0,06	0,04	-0,19	-0,92	0,10	-0,10	0,02	0,05	0,04



Ryc. 6. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie i szyjce kości udowej. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2).

4.2.1 Płeć

Wykazano, że zawartość Zn, Cu, Ni i Pb w głowie kości udowej była istotnie wyższa u mężczyzn niż u kobiet. Zarówno w głowie, jak i w szyjce kości udowej zawartość K była istotnie wyższa u kobiet niż u mężczyzn (Tabela 8).

Tabela 8. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na płeć. Zastosowano oznaczenia: AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)

Pierwiastek		Głowa kości udowej			Szyjka kości udowej		
Płeć		Mężczyźni (n=39)	Kobiety (n=57)	M-W	Mężczyźni (n=39)	Kobiety (n=57)	M-W
Mo	AM±SD	0,44±0,51	0,65±0,64	NS	0,8±0,74	0,69±0,64	NS
	Med (przedz.)	0,18 (0,18-0,18)	0,18 (0,18-1,32)		0,39 (0,18-1,42)	0,18 (0,18-1,33)	
	CV	115,29	99,03		91,96	93,13	
Cr	AM±SD	1,34±2,47	1,33±2,1	NS	1,18±1,33	1,62±1,95	NS
	Med (przedz.)	0,61 (0,12-1,41)	0,44 (0,12-1,69)		0,89 (0,12-1,44)	0,76 (0,12-2,28)	
	CV	185,01	157,87		113,09	120,3	
Zn	AM±SD	76,75±15,37	68,91±15,77	<0,05	69,63±13,37	68,07±13,46	NS
	Med (przedz.)	76,25 (66,42-89,45)	64,54 (56,53-79,47)		69,52 (58,76-75,45)	64,27 (58,53-76,86)	
	CV	20,02	22,89		19,2	19,78	
Pb	AM±SD	1,57±1,7	0,86±1,31	<0,05	1,41±1,65	0,85±1,1	NS
	Med (przedz.)	0,32 (0,32-2,8)	0,32 (0,32-0,32)		0,32 (0,32-2,12)	0,32 (0,32-1,15)	
	CV	108,2	151,85		116,87	130,1	
Cu	AM±SD	1,16±1	0,74±0,75	<0,05	0,97±1,25	0,83±1,09	NS
	Med (przedz.)	1,07 (0,04-1,77)	0,64 (0,04-1,14)		0,8 (0,04-1,44)	0,58 (0,04-1,1)	
	CV	85,7	101,65		129,21	130,55	
Ni	AM±SD	0,88±1,6	0,41±0,93	<0,05	0,99±2,62	0,64±2,03	NS
	Med (przedz.)	0,21 (0,03-0,94)	0,03 (0,03-0,39)		0,03 (0,03-0,96)	0,03 (0,03-0,41)	
	CV	181,61	227,29		263,48	315,09	
Fe	AM±SD	131,01±114,31	119,91±101,04	NS	111,75±86,48	145,04±165,46	NS
	Med (przedz.)	96,44 (46,04-178,11)	89,82 (58,98-128,07)		80,77 (50,35-141,99)	93,52 (56,73-164,58)	
	CV	87,25	84,26		77,39	114,08	
Mg	AM±SD	1492,9±344,5	1415,2±368,5	NS	1566,1±345,1	1599,3±304,5	NS
	Med (przedz.)	1533,8 (1205,1-1784,7)	1335,6 (1112,9-1644,6)		1593,8 (1283,2-1793,7)	1606,9 (1382,9-1790,4)	
	CV	23,1	26		22	19	
K	AM±SD	677,3±260,7	955,3±848,3	<0,05	775±791,1	1107±1311,5	<0,01
	Med (przedz.)	584,91 (490-840)	780 (570-1049,5)		570 (435,64-934,58)	792,08 (600-1168,32)	
	CV	38,5	88,8		102,1	118,5	
P	AM±SD	65624,1±16587,8	60738±16755,8	NS	69124,9±19596,8	71697,4±17421,3	NS
	Med (przedz.)	65522 (50535,9-79484)	55350,5 (47526,7-72451)		70672,4 (55192,08-82266)	68560 (57827,5-84699)	
	CV	25,3	27,6		28,3	24,3	
Sr	AM±SD	45,22±30,76	43,14±23,31	NS	47,24±26,88	47,28±19,58	NS
	Med (przedz.)	39,89 (26,16-48,57)	36,29 (25,96-50,38)		42,31 (29,27-49,86)	44,87 (33,54-56,15)	
	CV	68,03	54,04		56,91	41,4	
Ba	AM±SD	2,64±1,58	2,35±1,74	NS	2,51±1,24	2,34±1,35	NS
	Med (przedz.)	2,28 (1,66-3,33)	1,98 (1,34-2,8)		2,47 (1,4-3,49)	1,99 (1,33-3,11)	
	CV	59,64	74,15		49,42	57,51	

Na	AM±SD Med (przedz.) CV	5522,7±1096,3 5765,7 (4627,7-6308,9) 19,9	5428±1014,7 5399,5 (4772,7-5824,5) 18,7	NS	4617,7±1025,9 4628,4 (3717,3-5343,6) 22,2	4724,7±780,2 4719 (4126,5-5223,4) 16,5	NS
Ca	AM±SD Med (przedz.) CV	142503,8±36420,4 139422 (108142-174294) 25,6	132738,5±35772,9 122400 (104630-158906) 26,9	NS	154831,2±43196,8 153224 (125302-181456) 27,9	158841,4±38764,1 156350 (125986-186928) 24,4	NS

Istotne statystycznie korelacje o największym współczynniku wykazano między makroelementami: Ca, P, Mg, Na i Zn oraz Ni/Cu zarówno w głowie, jak i szyjce kości udowej były niezależne od płci. W szyjce kości udowej u mężczyzn wykazano ujemną korelację Cu/Zn (-0,42), Mo/Pb (-0,44), natomiast u kobiet wykazano dodatnie korelacje Cr/Ni (0,37), Cr/Fe (0,49), Cu/Fe (0,5) i Fe/Ni (0,33) oraz ujemną Cu/Mo (-0,4). W szyjce kości udowej wyłącznie u mężczyzn stwierdzono dodatnią korelację Pb z pierwiastkami strukturalnymi: Ca (0,76), P (0,76), Mg (0,59), Na (0,44), Zn (0,43) oraz Sr (0,39). W głowie kości udowej zarówno u mężczyzn, jak i u kobiet zaobserwowano dodatnie korelacje Cr/Cu (0,57 i 0,39) oraz Fe/Cr (0,36 i 0,27). Natomiast u mężczyzn wykazano korelacje Cu/Zn (-0,35), Mo/Zn (0,35), a u kobiet wykazano ujemną Cu/Mo (-0,32). Duże rozbieżności współczynnika korelacji w głowie kości udowej obserwowano pomiędzy kobietami i mężczyznami w przypadku Na (Tabela 9, Tabela 10).

Tabela 9. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na płeć; * istotne statystycznie

Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
Szyjka kości udowej															kobiety
Mo		0,04	-0,11	-0,25	-0,40*	-0,06	-0,08	-0,05	-0,13	-0,03	0,08	0,24	-0,09	0,01	-0,15
Cr	0,14		0,06	-0,10	0,25	0,37*	0,49*	0,06	0,16	-0,04	0,00	0,05	0,07	0,00	-0,02
Zn	-0,15	-0,26		0,11	0,12	-0,12	-0,13	0,72*	0,01	0,56*	0,29*	0,23	0,57*	0,54*	-0,22
Pb	-0,44*	-0,31	0,43*		0,15	0,05	-0,08	0,05	-0,08	-0,04	-0,14	-0,15	0,09	-0,03	0,23
Cu	0,00	0,25	-0,42*	0,07		0,54*	0,50*	-0,10	0,10	-0,27*	-0,03	-0,21	-0,15	-0,25	0,11
Ni	-0,09	0,19	-0,24	-0,09	0,59*		0,33*	-0,19	0,08	-0,30*	-0,10	-0,18	-0,15	-0,22	0,00
Fe	0,10	0,22	-0,24	-0,17	0,14	-0,10		-0,18	0,27*	-0,25	-0,05	-0,16	-0,02	-0,18	0,09
Mg	-0,27	-0,26	0,80*	0,59*	-0,44*	-0,41*	-0,17		-0,17	0,88*	0,35*	0,44*	0,78*	0,83*	-0,25
K	0,10	0,43*	-0,02	-0,06	-0,02	-0,04	0,27	-0,15		-0,26	-0,01	-0,07	0,05	-0,21	-0,11
P	-0,12	-0,35*	0,76*	0,56*	-0,51*	-0,49*	-0,15	0,91*	-0,22		0,35*	0,42*	0,78*	0,94*	-0,29*
Sr	-0,11	-0,11	0,48*	0,39*	-0,31	0,17	-0,36*	0,50*	-0,11	0,47*		0,43*	0,38*	0,30*	-0,32*
Ba	-0,21	-0,24	0,24	0,17	-0,20	-0,19	-0,06	0,28	-0,28	0,22	0,19		0,34*	0,38*	-0,19
Na	0,01	-0,25	0,78*	0,44*	-0,38*	-0,39*	-0,06	0,81*	0,06	0,83*	0,48*	0,12		0,74*	-0,24
Ca	-0,12	-0,29	0,79*	0,53*	-0,48*	-0,43*	-0,17	0,91*	-0,22	0,98*	0,49*	0,22	0,81*		-0,25
wiek	0,21	0,13	-0,23	0,01	0,32*	0,09	0,12	-0,39*	0,35*	-0,34*	-0,31	-0,16	-0,23	-0,40*	
mężczyźni															

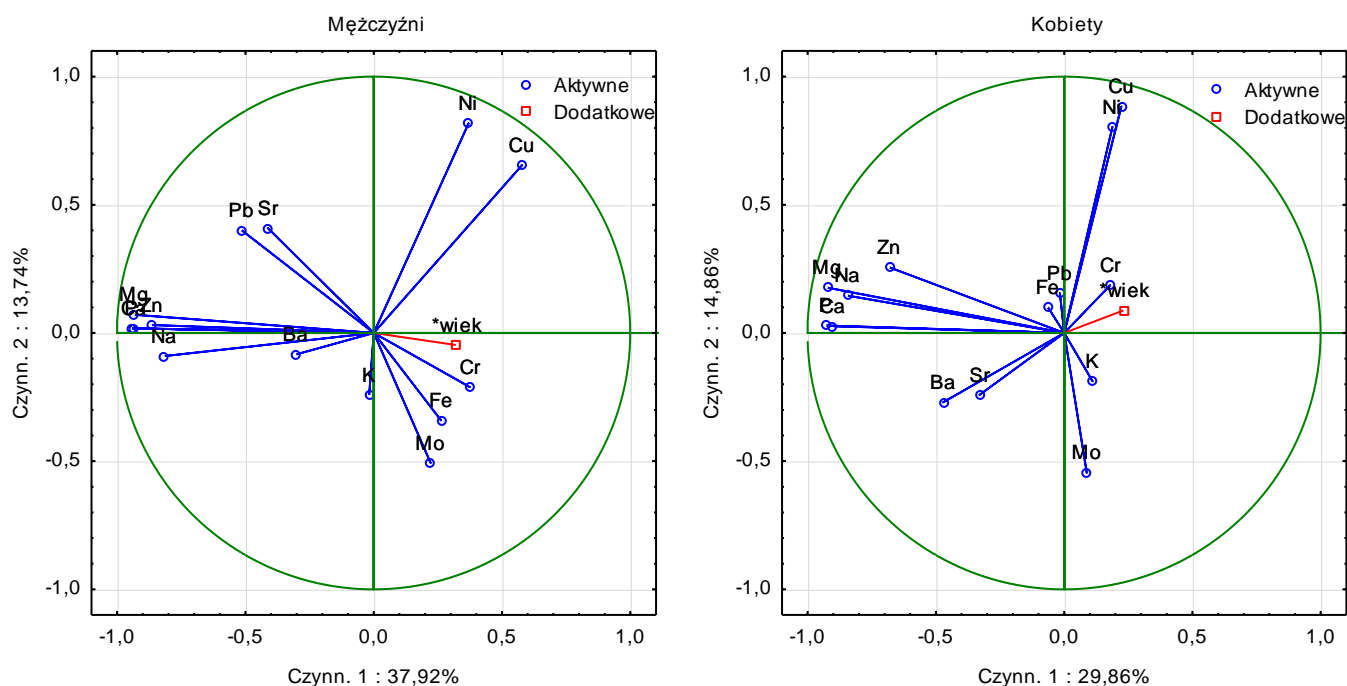
Tabela 10. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na płeć; * istotne statystycznie

Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
Głowa kości udowej															
kobiety															
Mo		-0,13	0,11	0,15	-0,32*	0,08	-0,03	0,04	-0,12	0,03	0,00	0,00	-0,28*	0,03	-0,07
Cr	0,09		-0,09	-0,15	0,39*	0,21	0,27*	0,06	0,10	0,02	-0,13	0,09	0,24	0,00	0,04
Zn	0,35*	-0,04		-0,02	-0,07	-0,01	0,14	0,75*	0,12	0,78*	0,48*	0,42*	0,42*	0,80*	-0,13
Pb	-0,05	-0,16	0,03		-0,12	0,02	0,01	-0,09	-0,02	-0,06	-0,10	0,00	-0,08	-0,02	0,11
Cu	-0,02	0,57*	-0,35*	-0,10		0,28*	0,13	0,04	0,41*	-0,06	-0,07	-0,16	0,24	-0,07	0,07
Ni	-0,25	0,20	-0,49*	-0,15	0,51*		-0,14	0,03	-0,22	0,06	0,04	0,05	-0,07	0,07	0,06
Fe	0,20	0,36*	0,15	0,08	0,16	-0,25		0,02	0,17	0,06	0,03	-0,07	0,06	0,04	0,35*
Mg	0,24	0,06	0,85*	0,08	-0,26	-0,42*	0,10		0,21	0,90*	0,59*	0,54*	0,42*	0,89*	-0,18
K	0,34*	0,25	0,35*	0,21	0,09	-0,29	0,50*	0,33*		0,12	0,23	0,03	0,46*	0,09	0,00
P	0,32*	0,05	0,84*	-0,07	-0,34*	-0,52*	0,16	0,93*	0,34*		0,59*	0,56*	0,43*	0,99*	-0,20
Sr	0,16	-0,06	0,57*	-0,07	-0,07	-0,18	-0,10	0,56*	0,44*	0,52*		0,49*	0,38*	0,58*	-0,18
Ba	0,06	-0,05	0,18	0,06	-0,18	0,02	0,00	0,25	-0,05	0,22	0,22		0,32*	0,53*	-0,10
Na	0,10	-0,08	0,38*	0,45*	-0,25	-0,37*	0,21	0,29	0,54*	0,31	0,29	0,03		0,40*	-0,30*
Ca	0,18	0,01	0,78*	0,02	-0,32*	-0,50*	0,05	0,87*	0,22	0,92*	0,52*	0,18	0,23		-0,19
wiek	0,16	0,00	0,03	0,16	0,06	0,07	-0,15	0,06	0,20	0,12	0,12	0,10	0,14	0,17	
mężczyźni															

Wykonana analiza składowych głównych (PCA) dla pierwiastków wykazała, że nie było różnic między kobietami i mężczyznami w przypadku pierwszego czynnika i podobnie jak w całej grupie najsilniej skorelowany był z pierwiastkami strukturalnymi i mikroelementami związanymi z metabolizmem kości: Ca, P, Na, Mg i Zn. Dodatkowo tylko u kobiet w głowie kości udowej pierwszy czynnik opisywał stężenie Ba i Sr, a u mężczyzn w szyjce kości udowej stężenie Pb. Z drugim czynnikiem skorelowane były metale śladowe Cu, Ni, Cr (tylko w głowie kości udowej) oraz Mo (z wyjątkiem głowy kości udowej kobiet, gdzie zawartość Mo opisywał czwarty czynnik). Trzecia składowa dla kobiet oraz czwarta i piąta dla mężczyzn opisywały rolę zawartości Fe. Znaczenie K określał czwarty czynnik dla kobiet i piąty dla mężczyzn. Znaczenie zawartości Ba w szyjce i głowie kości udowej mężczyzn opisuje trzecia składowa. Znaczenie zawartości K określono piątym i szóstym czynnikiem u kobiet i trzecim u mężczyzn (Tabela 11, Ryc. 7, Tabela 12, Ryc. 8).

Tabela 11. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na płeć

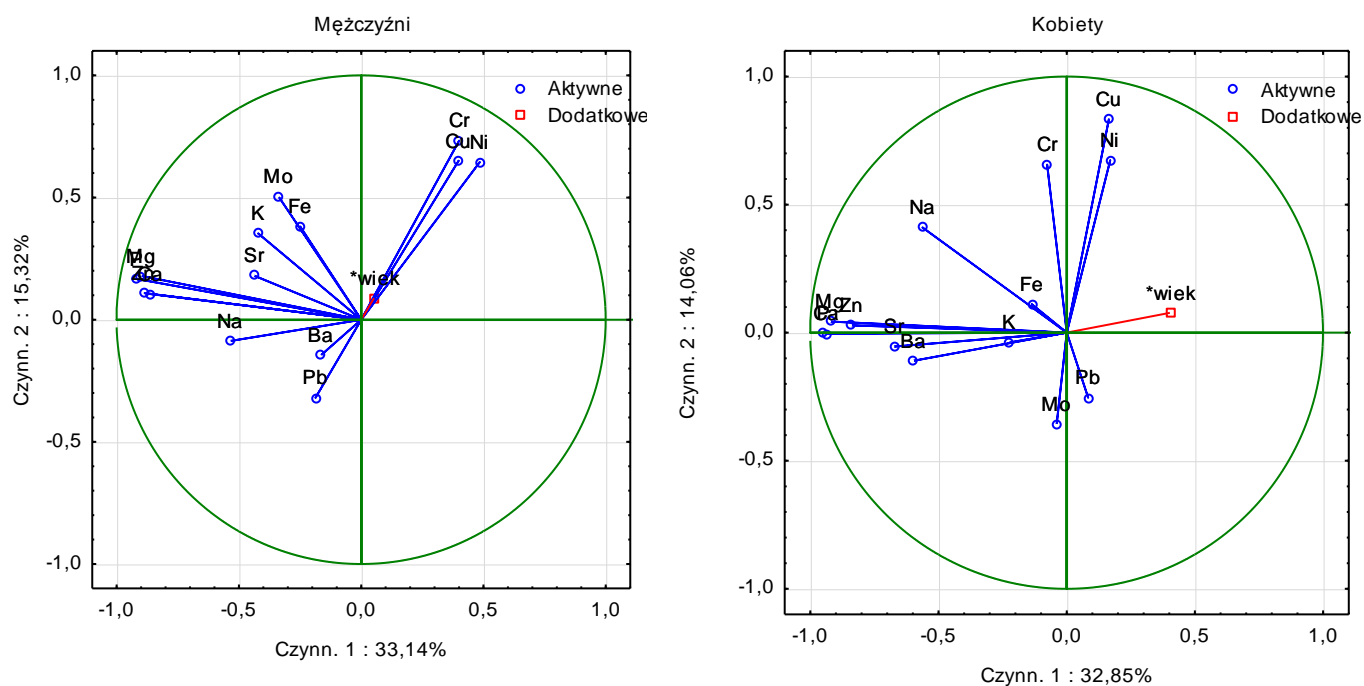
Płeć	Mężczyźni						Kobiety					
	Czynnik						Czynnik					
Pierw.	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	0,22	-0,51	-0,47	0,41	0,29	-0,04	0,09	-0,55	-0,53	0,16	0,01	0,09
Cr	0,37	-0,21	-0,02	0,40	-0,07	-0,72	0,18	0,19	-0,74	-0,08	-0,15	0,00
Zn	-0,87	0,03	-0,00	0,14	0,04	0,07	-0,68	0,26	-0,07	-0,44	0,17	0,04
Pb	-0,52	0,40	-0,04	-0,47	-0,18	-0,27	-0,02	0,16	0,49	-0,46	-0,21	0,58
Cu	0,58	0,65	-0,18	-0,11	0,19	-0,21	0,22	0,88	-0,18	0,10	0,04	0,14
Ni	0,37	0,82	-0,26	0,11	0,12	-0,09	0,19	0,80	-0,26	0,34	0,17	0,07
Fe	0,26	-0,34	-0,09	-0,54	0,54	-0,25	-0,06	0,10	-0,55	-0,36	-0,58	-0,10
Mg	-0,93	0,07	-0,02	-0,10	0,04	-0,14	-0,92	0,18	-0,09	0,04	0,01	-0,00
K	-0,02	-0,24	-0,52	-0,18	-0,71	-0,17	0,11	-0,19	-0,44	-0,54	0,49	-0,08
P	-0,94	0,02	-0,13	0,01	0,13	-0,08	-0,93	0,03	0,07	0,16	0,03	-0,15
Sr	-0,41	0,41	-0,05	0,58	-0,00	0,01	-0,33	-0,24	-0,33	0,18	0,45	0,51
Ba	-0,30	-0,08	0,75	0,08	-0,06	-0,33	-0,47	-0,27	-0,26	0,30	-0,39	0,37
Na	-0,82	-0,09	-0,32	-0,04	0,15	-0,04	-0,84	0,15	-0,05	-0,20	0,01	-0,02
Ca	-0,93	0,02	-0,12	0,04	0,15	-0,09	-0,90	0,03	0,06	0,15	-0,01	-0,20
wiek	0,32	-0,05	-0,19	-0,14	-0,18	-0,05	0,23	0,09	0,23	-0,03	-0,20	0,05



Ryc. 7. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na płeć. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u mężczyzn i u kobiet.

Tabela 12. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na płeć

Płeć	Mężczyźni						Kobiety					
	Czynnik						Czynnik					
Pierw.	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	-0,34	0,50	-0,15	-0,24	0,53	-0,15	-0,04	-0,36	-0,02	-0,83	0,15	0,17
Cr	0,40	0,73	0,10	0,22	0,18	-0,27	-0,08	0,66	0,00	-0,51	0,05	0,25
Zn	-0,89	0,11	0,11	0,09	-0,08	-0,04	-0,84	0,03	-0,07	0,06	-0,04	0,10
Pb	-0,19	-0,32	-0,49	0,62	0,20	0,07	0,08	-0,25	0,31	0,23	0,73	0,39
Cu	0,40	0,65	-0,08	0,15	-0,28	0,27	0,16	0,83	-0,02	0,14	0,31	0,02
Ni	0,48	0,64	0,28	0,40	-0,03	0,08	0,17	0,67	0,45	-0,20	-0,06	-0,12
Fe	-0,25	0,38	-0,53	-0,30	-0,16	-0,22	-0,14	0,11	-0,72	0,08	0,04	0,49
Mg	-0,90	0,18	0,19	0,15	-0,16	-0,04	-0,92	0,04	0,17	0,00	0,00	0,01
K	-0,42	0,35	-0,64	-0,15	0,21	0,21	-0,22	-0,04	-0,36	-0,16	0,59	-0,62
P	-0,92	0,17	0,20	0,02	-0,14	-0,16	-0,95	0,00	0,09	0,03	-0,05	-0,01
Sr	-0,44	0,18	0,40	-0,21	0,16	0,68	-0,67	-0,05	-0,17	-0,24	-0,06	-0,07
Ba	-0,16	-0,15	0,54	0,10	0,57	-0,12	-0,60	-0,11	0,42	0,04	0,15	0,12
Na	-0,54	-0,09	-0,48	0,33	0,10	0,17	-0,56	0,41	-0,28	0,21	0,05	-0,05
Ca	-0,86	0,10	0,26	0,12	-0,22	-0,12	-0,94	0,00	0,12	0,05	-0,04	-0,01
wiek	0,05	0,09	-0,04	0,20	0,25	0,08	0,40	0,08	-0,10	0,11	0,04	0,29



Ryc. 8. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na płeć. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u mężczyzn i u kobiet.

4.2.2 Palenie tytoniu

U osób palących zawartość Ca, P, Mg i Zn w głowie kości udowej (kości gąbczastej) była istotnie niższa, a zawartość Pb i Cr wyższa. Nie było istotnych różnic w zawartości metali w szyjce kości udowej (kość zbita) pomiędzy palącymi i niepalącymi, jednak można zauważyć, że zawartość Ca, P, Mg i Zn była niższa u osób palących. Zawartość Ni wśród palaczy w szyjce kości udowej była dwukrotnie wyższa niż u osób niepalących (różnica nieistotna statystycznie) (Tabela 13).

Tabela 13. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na palenie tytoniu. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)

Pierwiastek		Głowa kości udowej			Szyjka kości udowej		
Palenie tytoniu		Palacze (n=23)	Niepalący (n=73)	M-W	Palacze (n=23)	Niepalący (n=73)	M-W
Mo	AM±SD	0,54±0,6	0,57±0,6	NS	0,66±0,58	0,75±0,71	NS
	Med (przedz.)	0,18 (0,18-1,02)	0,18 (0,18-1,15)		0,18 (0,18-1,21)	0,18 (0,18-1,43)	
	CV	110,4	105,26		88,17	93,82	
Cr	AM±SD	2±3,57	1,12±1,6	NS	1,65±1,92	1,38±1,68	NS
	Med (przedz.)	0,43 (0,12-1,95)	0,5 (0,12-1,41)		0,95 (0,45-2,28)	0,76 (0,12-1,58)	
	CV	178,44	142,81		116,76	121,81	
Zn	AM±SD	66,01±12,24	74,01±16,63	U=613 p<0,05	73,67±15,54	67,14±12,33	NS
	Med (przedz.)	65,91 (55,04-75,8)	72,1 (62,64-89,45)		66,77 (62,63-83,77)	65,87 (57,56-75,2)	
	CV	18,55	22,47		21,09	18,36	
Pb	AM±SD	1,38±1,67	1,08±1,46	NS	1,04±1,33	1,09±1,4	NS
	Med (przedz.)	0,32 (0,32-2,18)	0,32 (0,32-1,44)		0,32 (0,32-1,35)	0,32 (0,32-1,57)	
	CV	120,94	135,95		127,52	128,19	
Cu	AM±SD	0,94±0,78	0,9±0,91	NS	0,88±1,46	0,89±1,05	NS
	Med (przedz.)	0,89 (0,04-1,45)	0,72 (0,04-1,5)		0,04 (0,04-1,44)	0,79 (0,04-1,18)	
	CV	82,49	101,55		165,34	118,03	
Ni	AM±SD	0,72±1,47	0,56±1,19	NS	1,28±3,11	0,63±1,95	NS
	Med (przedz.)	0,03 (0,03-1,05)	0,03 (0,03-0,69)		0,03 (0,03-1,15)	0,03 (0,03-0,49)	
	CV	204,15	212,37		243,89	308,48	
Fe	AM±SD	111,55±79,08	128,47±113,56	NS	94,12±44,24	143,3±156,24	NS
	Med (przedz.)	90,8 (47,26-171,83)	96,44 (54,54-142,18)		88,64 (56,73-136,87)	93,52 (55,28-167,62)	
	CV	70,89	88,39		47	109,03	
Mg	AM±SD	1300,7±293,7	1492,8±367,3	U=583 p<0,05	1673,5±294,2	1558,2±325	NS
	Med (przedz.)	1288,8 (1094,1-1521,9)	1455,6 (1219,4-1764,8)		1657,2 (1400-1934,1)	1552,9 (1342,4-1740,4)	
	CV	22,6	24,6		17,6	20,9	
K	AM±SD	789,2±375,5	859,1±759	NS	964±950,6	974,7±1194,8	NS
	Med (przedz.)	712,9 (550-1039,6)	663,4 (519,6-960)		637,3 (534,7-1138,6)	660 (500-980)	
	CV	47,6	88,3		98,6	122,6	
P	AM±SD	53711,5±13014,4	65562,2±16893,7	U=487 p<0,01	73176,4±16717	69857±18783,1	NS
	Med (przedz.)	50535,9 (44247,5-63841,2)	64623,5 (51705-78096,1)		68560 (59106-90919,6)	71192 (56192-82532,7)	
	CV	24,2	25,8		22,8	26,9	

Sr	AM±SD	38,43±14,88	45,73±29,03	NS	49,82±16,72	46,46±24,32	NS
	Med (przedz.)	36,39 (25,22-44,43)	36,74 (26,16-52,99)		45,73 (39,73-57,13)	41,89 (29,86-52,54)	
	CV	38,73	63,48		33,57	52,34	
Ba	AM±SD	2,5±2,1	2,5±1,5	NS	2,71±1,54	2,32±1,21	NS
	Med (przedz.)	2,04 (1,52-2,97)	2,09 (1,46-3,08)		2,63 (1,41-3,48)	2,07 (1,35-3,11)	
	CV	83,9	62,2		56,85	52,34	
Na	AM±SD	5479,5±897,4	5462,4±1091,7	NS	4878,5±874,6	4619,1±884,6	NS
	Med (przedz.)	5383,98 (4955,94-5915,15)	5451,2 (4648,33-6169,32)		4628,4 (4196,9-5467,3)	4663,8 (3935,5-5246,2)	
	CV	16,4	20		17,9	19,2	
Ca	AM±SD	117495,7±28846,6	142758,1±36287,4	U=492 p<0,01	163117,6±38410,8	155351,7±41149,2	NS
	Med (przedz.)	109008 (97994-139194)	139422 (112362-169574)		146176 (134048-203900)	153604 (125302-181456)	
	CV	24,6	25,4		23,5	26,5	

Zdecydowanie większą liczbę statystycznie istotnych korelacji odnotowano u osób niepalących. Wykazano u nich istotne korelacje o małej sile w szyjce kości udowej między Pb a pierwiastkami strukturalnymi: Ca (0,27), P (0,28), Mg (0,33) i Zn (0,29) oraz ujemną między Pb i Mo (-0,31). W szyjce kości udowej u osób palących Cr silnie dodatnio korelował z Ni (0,74), a korelacji nie stwierdzono u osób niepalących (0,17). Metale strukturalne Ca, P, Mg, Zn negatywnie korelowały o małej sile z Fe u osób niepalących, a u palących współczynnik korelacji był bliski zera.

U niepalących obserwowano słabe ujemne korelacje Mo/Cu (-0,23) oraz Ni/K (-0,37), a u palących korelacje Mo/Na (-0,48) oraz Na/Pb (0,45). Duże rozbieżności współczynnika korelacji w głowie kości udowej między palącymi a niepalącymi obserwowano w przypadku Na (Tabela 14, Tabela 15).

Tabela 14. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na palenie tytoniu; * istotne statystycznie

	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
Szyjka kości udowej								niepalący							
Mo		0,20	-0,14	-0,31*	-0,13	0,01	0,06	-0,17	0,00	-0,13	-0,03	0,01	-0,11	-0,10	-0,08
Cr	-0,22		-0,05	-0,17	0,23*	0,17	0,39*	-0,09	0,27*	-0,22	-0,10	-0,01	-0,08	-0,16	0,10
Zn	-0,08	-0,25		0,29*	-0,05	-0,13	-0,21	0,70*	0,00	0,61*	0,34*	0,19	0,63*	0,60*	-0,22
Pb	-0,32	-0,22	0,15		0,09	-0,01	-0,12	0,33*	-0,13	0,28*	0,05	-0,10	0,29*	0,27*	0,08
Cu	-0,37	0,43*	-0,21	0,23		0,51*	0,32*	-0,26*	-0,05	-0,40*	-0,25*	-0,19	-0,26*	-0,39*	0,12
Ni	-0,19	0,74*	-0,28	0,05	0,69*		0,15	-0,25*	-0,03	-0,39*	-0,03	-0,11	-0,25*	-0,32*	0,05
Fe	-0,39	0,35	-0,03	-0,19	0,40	0,17		-0,24*	0,26*	-0,27*	-0,20	-0,07	-0,06	-0,24*	0,02
Mg	-0,08	-0,21	0,89*	0,11	-0,14	-0,39	0,08		-0,16	0,90*	0,45*	0,37*	0,82*	0,86*	-0,30*
K	-0,08	0,18	-0,08	-0,01	0,12	-0,11	0,31	0,02		-0,23*	-0,03	-0,20	0,02	-0,22	0,09
P	0,02	-0,21	0,71*	-0,02	-0,30	-0,38	0,07	0,86*	-0,13		0,42*	0,36*	0,82*	0,95*	-0,34*
Sr	-0,14	-0,03	0,35	0,48*	0,17	0,18	-0,18	0,31	-0,13	0,27		0,35*	0,41*	0,39*	-0,31*
Ba	0,19	-0,39	0,28	0,34	-0,19	-0,38	-0,31	0,35	-0,09	0,31	0,11		0,25*	0,33*	-0,20
Na	0,14	-0,26	0,65*	0,08	-0,21	-0,34	0,11	0,69*	0,31	0,66*	0,35	0,12		0,78*	-0,28*
Ca	0,00	-0,19	0,69*	0,00	-0,30	-0,35	0,08	0,84*	-0,05	0,97*	0,26	0,28	0,63*		-0,34*
wiek	0,26	0,09	-0,07	-0,06	0,33	0,08	0,38	-0,06	0,23	-0,18	-0,06	-0,18	0,11	-0,17	
palacze															

Tabela 15. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na palenie tytoniu; * istotne statystycznie

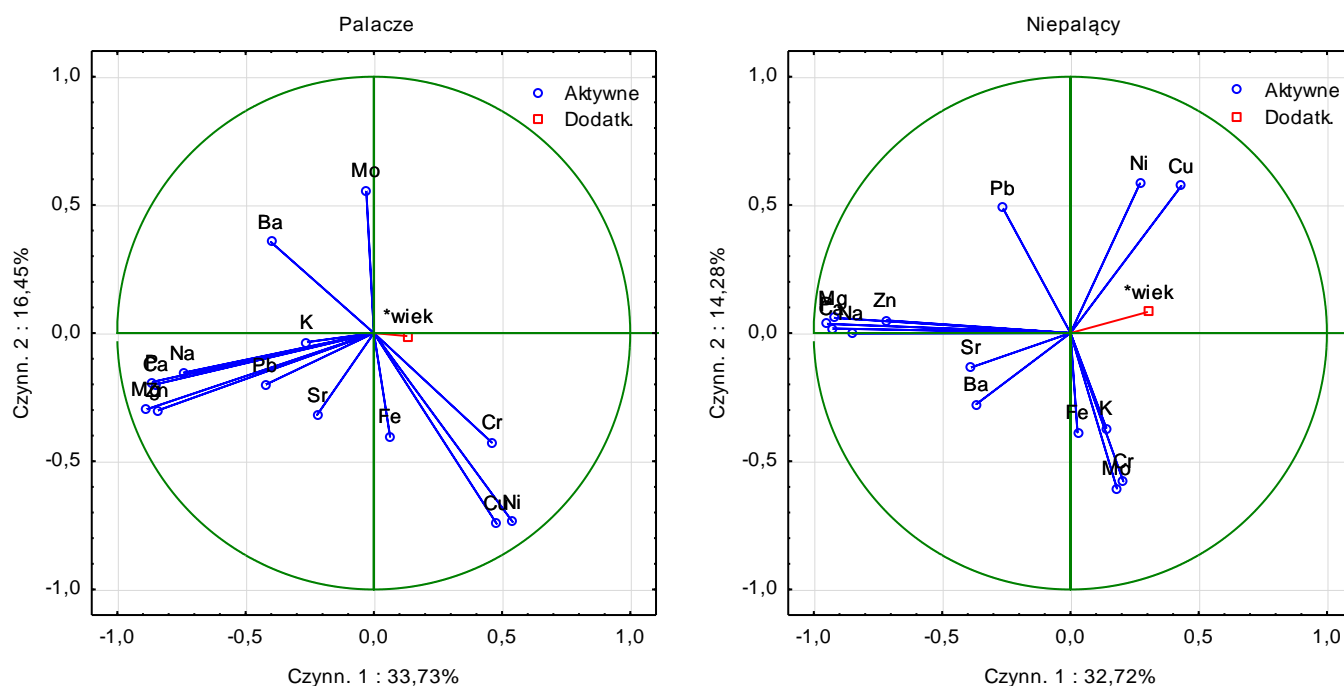
	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
Głowa kości udowej								niepalący							
Mo		-0,11	0,12	0,13	-0,23*	-0,16	0,08	0,04	0,19	0,11	0,08	-0,03	-0,04	0,05	0,03
Cr	-0,01		0,04	-0,08	0,43*	0,15	0,28*	0,10	0,13	0,06	-0,04	0,10	0,17	0,05	0,05
Zn	0,04	-0,32		0,04	-0,04	-0,16	0,17	0,79*	0,20	0,81*	0,52*	0,38*	0,50*	0,77*	-0,15
Pb	-0,29	-0,37	0,33		0,01	0,07	0,06	0,12	0,01	0,09	-0,09	0,00	0,13	0,13	0,20
Cu	-0,17	0,47*	-0,35	-0,15		0,40*	0,15	0,00	0,15	-0,11	-0,08	-0,09	0,00	-0,12	0,05
Ni	0,07	0,20	-0,07	-0,26	0,53*		-0,22	-0,14	-0,37*	-0,18	-0,13	0,04	-0,32*	-0,19	-0,01
Fe	-0,04	0,55*	-0,03	-0,10	0,16	-0,05		0,05	0,33*	0,11	0,01	-0,08	0,22	0,05	0,14
Mg	0,16	-0,04	0,75*	0,00	-0,27	-0,21	0,08		0,25*	0,91*	0,61*	0,49*	0,49*	0,88*	-0,21
K	-0,30	0,30	-0,19	0,04	0,39	-0,05	0,18	0,05		0,19	0,29*	0,01	0,54*	0,13	0,07
P	-0,07	0,00	0,73*	-0,10	-0,36	-0,19	0,07	0,85*	-0,08		0,60*	0,48*	0,52*	0,95*	-0,27*
Sr	-0,09	-0,35	0,47*	0,10	-0,14	0,16	-0,28	0,36	0,13	0,36		0,38*	0,38*	0,59*	-0,12
Ba	0,03	0,03	0,57*	0,23	-0,27	0,05	0,07	0,49*	-0,26	0,56*	0,48*		0,23	0,44*	-0,08
Na	-0,48*	-0,02	0,28	0,45*	0,13	0,15	-0,23	-0,02	0,13	0,07	0,11	0,14		0,46*	-0,12
Ca	-0,10	-0,08	0,75*	-0,02	-0,29	-0,16	0,02	0,83*	-0,07	0,97*	0,38	0,54*	0,07		-0,23*
wiek	0,13	-0,07	-0,25	-0,16	0,10	0,21	-0,13	-0,11	0,03	-0,19	-0,09	-0,08	-0,13	-0,16	
palacze															

Wykonana analiza składowych głównych (PCA) dla pierwiastków wykazała, że nie było różnic między palącymi i niepalącymi w przypadku pierwszego czynnika i podobnie jak w całej grupie był on najsilniej skorelowany z pierwiastkami strukturalnymi i makroelementami związanymi z metabolizmem kości: Ca, P, Na, Mg i Zn. Znaczenie stężenia Cr, Cu, Ni oraz Mo (z wyjątkiem głowy kości udowej niepalących) opisywane było przez czynnik drugi. Pb

opisywany był przez drugą (głowa kości udowej) i trzecią (szyjka kości udowej) składową u palaczy. W szyjce udowej zawartość Sr, K u palaczy oraz Cu, Ni, Fe u niepalących była opisywana przez trzecią składową (Tabela 16, Ryc. 9, Tabela 17, Ryc. 10).

Tabela 16. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na palenie tytoniu

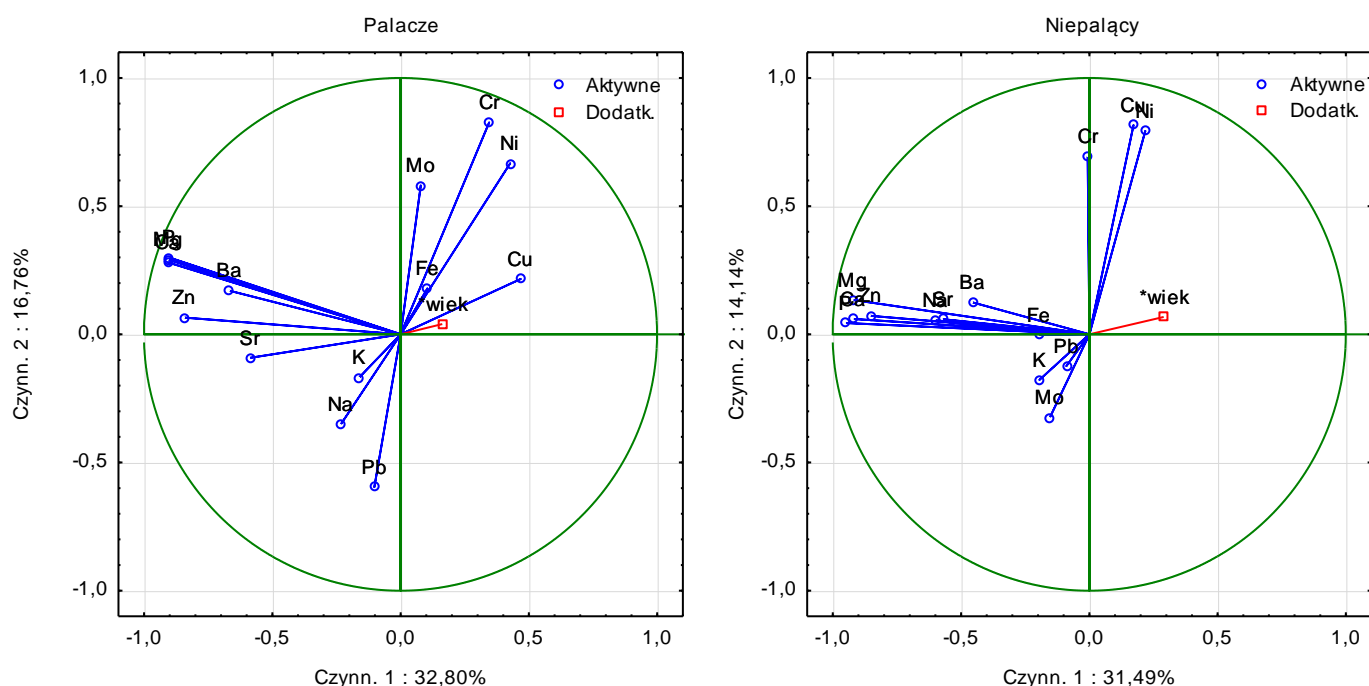
Pierw.	Palacze						Niepalący					
	Czynnik						Czynnik					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	-0,03	0,56	0,39	0,49	-0,18	-0,06	0,18	-0,61	-0,10	0,30	-0,18	0,35
Cr	0,46	-0,43	0,29	0,39	-0,05	0,21	0,21	-0,58	-0,48	-0,15	-0,01	-0,14
Zn	-0,84	-0,30	0,00	-0,03	0,12	-0,01	-0,72	0,05	-0,17	-0,14	-0,24	0,11
Pb	-0,42	-0,20	-0,67	-0,09	0,14	0,23	-0,26	0,49	0,09	-0,40	-0,17	-0,40
Cu	0,48	-0,74	-0,02	0,10	-0,22	0,14	0,43	0,57	-0,62	-0,01	-0,04	0,08
Ni	0,54	-0,74	0,02	0,27	-0,14	-0,04	0,27	0,58	-0,60	0,33	-0,15	0,06
Fe	0,06	-0,40	0,24	-0,75	-0,19	0,02	0,03	-0,39	-0,57	-0,47	0,19	0,08
Mg	-0,89	-0,30	0,14	0,02	-0,17	0,11	-0,92	0,06	-0,15	-0,03	0,02	-0,02
K	-0,26	-0,04	0,56	0,04	0,47	0,58	0,14	-0,37	-0,06	-0,20	-0,74	-0,27
P	-0,87	-0,19	0,15	0,19	-0,24	-0,10	-0,95	0,04	-0,01	0,06	0,01	0,10
Sr	-0,22	-0,32	-0,56	0,39	0,38	-0,13	-0,39	-0,13	-0,13	0,65	-0,31	-0,29
Ba	-0,40	0,36	-0,42	0,07	-0,47	0,49	-0,37	-0,28	-0,28	0,23	0,54	-0,47
Na	-0,74	-0,16	0,29	-0,05	0,22	-0,18	-0,85	0,00	-0,15	-0,15	-0,12	0,16
Ca	-0,85	-0,20	0,12	0,14	-0,23	-0,18	-0,93	0,02	-0,04	0,05	0,02	0,16
wiek	0,13	-0,01	0,13	-0,12	-0,02	0,00	0,30	0,08	0,10	-0,22	-0,01	-0,06



Ryc. 9. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na palenie tytoniu. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u palaczy i u osób niepalących.

Tabela 17. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na palenie tytoniu

Pierw.	Palacze						Niepalący					
	Czynnik						Czynnik					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	0,08	0,58	-0,48	0,18	0,13	-0,44	-0,15	-0,33	-0,37	-0,44	-0,54	0,36
Cr	0,34	0,83	0,24	-0,12	-0,14	-0,14	-0,01	0,69	-0,26	-0,22	-0,16	-0,13
Zn	-0,84	0,07	-0,02	-0,09	-0,32	-0,16	-0,85	0,07	-0,03	0,10	0,09	0,11
Pb	-0,10	-0,60	0,13	-0,31	-0,28	-0,59	-0,09	-0,12	0,14	0,61	-0,71	0,06
Cu	0,47	0,22	0,73	0,01	0,14	0,10	0,17	0,82	-0,26	0,20	-0,12	0,06
Ni	0,43	0,67	0,41	0,07	-0,20	-0,23	0,22	0,79	0,15	-0,14	-0,10	0,10
Fe	0,10	0,18	-0,04	-0,77	-0,37	0,31	-0,20	0,00	-0,68	0,34	0,21	0,33
Mg	-0,91	0,29	0,02	-0,10	0,11	0,02	-0,92	0,13	0,11	0,03	-0,04	0,01
K	-0,16	-0,17	0,45	-0,48	0,63	-0,16	-0,19	-0,18	-0,56	-0,26	-0,22	-0,55
P	-0,90	0,30	0,06	0,03	-0,02	0,22	-0,95	0,04	0,07	0,03	0,02	0,06
Sr	-0,59	-0,09	0,37	0,29	0,17	-0,04	-0,57	0,06	-0,04	-0,49	0,10	0,23
Ba	-0,67	0,17	-0,02	-0,17	0,07	-0,34	-0,46	0,12	0,47	-0,20	-0,21	-0,22
Na	-0,23	-0,35	0,56	0,34	-0,44	-0,04	-0,60	0,05	-0,30	0,30	0,11	-0,37
Ca	-0,91	0,28	0,09	0,05	-0,03	0,17	-0,92	0,06	0,13	0,06	0,02	0,05
wiek	0,16	0,04	-0,09	0,25	0,11	0,08	0,29	0,07	-0,03	0,20	-0,14	0,07



Ryc. 10. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na palenie tytoniu. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u palaczy i u osób niepalących.

4.2.3 Kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi w wywiadzie

Zawartość Ni w głowie kości udowej (kości gąbczastej) była istotnie wyższa u osób, które miały kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi w środowisku (Tabela 18).

Tabela 18. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)

Pierwiastek		Głowa kości udowej			Szyjka kości udowej		
Kontakt z subst. chem.		Tak (n=29)	Nie (n=67)	M-W	Tak (n=29)	Nie (n=67)	M-W
Mo	AM±SD	0,5±0,6	0,6±0,6	NS	0,8±0,7	0,7±0,7	NS
	Med (przedz.)	0,18 (0,18-0,18)	0,18 (0,18-1,15)		0,86 (0,18-1,44)	0,18 (0,18-1,33)	
	CV	119,3	101,4		82,1	98,2	
Cr	AM±SD	1,6±3,1	1,2±1,8	NS	1,6±1,8	1,4±1,7	NS
	Med (przedz.)	0,5 (0,12-1,68)	0,48 (0,12-1,67)		0,95 (0,51-1,91)	0,7 (0,12-1,7)	
	CV	191,5	146,4		116,1	122,9	
Zn	AM±SD	72,8±13,5	71,8±17,1	NS	69,4±14,6	68,4±12,9	NS
	Med (przedz.)	71,01 (62,61-81,98)	69,75 (57,65-87,98)		69,42 (57,56-76,51)	65,4 (58,76-75,45)	
	CV	18,6	23,7		21	18,9	
Pb	AM±SD	1,4±1,8	1±1,4	NS	1±1,3	1,1±1,4	NS
	Med (przedz.)	0,32 (0,32-2,18)	0,32 (0,32-1,53)		0,32 (0,32-1,28)	0,32 (0,32-1,81)	
	CV	130	130,8		128,8	127,4	
Cu	AM±SD	1±1	0,9±0,8	NS	1±1,5	0,8±1	NS
	Med (przedz.)	0,9 (0,04-1,66)	0,76 (0,04-1,37)		0,58 (0,04-1,22)	0,77 (0,04-1,12)	
	CV	95,3	97,5		140,7	121,2	
Ni	AM±SD	1,1±1,9	0,4±0,8	p<0,05	1,2±3	0,6±1,9	NS
	Med (przedz.)	0,21 (0,03-1,08)	0,03 (0,03-0,5)		0,03 (0,03-0,54)	0,03 (0,03-0,49)	
	CV	167,1	210,5		242,6	318,4	
Fe	AM±SD	119,2±104,9	126,7±107,4	NS	132,7±119,1	131±148	NS
	Med (przedz.)	96,44 (47,26-144,48)	90,8 (55,58-142,18)		91,7 (71,23-141,99)	90,24 (50,35-155,29)	
	CV	88	84,8		89,8	113	
Mg	AM±SD	1385,5±294,8	1473,3±382,7	NS	1559,1±338,4	1597,4±314	NS
	Med (przedz.)	1334,5 (1183,17-1610,5)	1384,04 (1159,13-1784,71)		1522 (1387,55-1732,5)	1612,97 (1372,67-1793,73)	
	CV	21,3	26		21,7	19,7	
K	AM±SD	687,4±251,4	909,4±796,7	NS	1094,3±1822,1	919,2±663,7	NS
	Med (przedz.)	611,65 (500-810)	712,87 (564,36-1039,6)		570 (450-950)	770 (534,65-1138,61)	
	CV	36,6	87,6		166,5	72,2	
P	AM±SD	60891,1±15375,9	63515,9±17395,5	NS	68897,5±17470,4	71411,8±18695,6	NS
	Med (przedz.)	59071,29 (48262-69132,67)	59118 (47872,9-78380,2)		70672,38 (55192,08-81000)	68560 (57827,45-84699,01)	
	CV	25,3	27,4		25,4	26,2	
Sr	AM±SD	39,3±26,7	46±26,3	NS	44,4±23,5	48,5±22,4	NS
	Med (przedz.)	34,17 (25,81-41,54)	37,97 (26,96-54,91)		42,55 (29,8-47,52)	44,54 (33,27-56,27)	
	CV	68,1	57,1		53	46,2	
Ba	AM±SD	2,3±1,3	2,5±1,8	NS	2,5±1,3	2,4±1,3	NS
	Med (przedz.)	1,9 (1,57-2,94)	2,1 (1,45-3,09)		2,25 (1,46-3,49)	2,24 (1,38-3,11)	
	CV	58	71,1		51,9	55,3	

Na	AM±SD Med (przedz.) CV	5427,4±1079,4 5334,02 (4975,84-6217,92) 19,9	5483,5±1036,1 5456,31 (4648,33-6093,08) 18,9	NS	4559,5±998,3 4458 (3935,54-5181,37) 21,9	4733,9±833,2 4812,28 (4072,3-5358,02) 17,6	NS
Ca	AM±SD Med (przedz.) CV	129760,7±30767,7 121696 (106560-143042) 23,7	139711,7±38092 133780 (106146-173244) 27,3	NS	155742,1±38132,4 153604 (131382-181456) 24,5	157848,6±41674 150986 (125924-184734) 26,4	NS

U osób z kontaktem z substancjami chemicznymi wykazano większą liczbę korelacji istotnych statystycznie.

Korelacje Ca/Pb, P/Pb i Mg/Pb u osób z kontaktem z substancjami chemicznymi w szyjce kości udowej były ujemne (odpowiednio -0,39, -0,43, -0,43), a dodatnie w głowie kości udowej (0,43, 0,43, 0,49). U osób z kontaktem z substancjami chemicznymi w szyjce kości udowej stwierdzono ujemną zależność Pb/Cr (-0,38) oraz Fe/Sr (-0,4). Stwierdzono także dodatnią korelację Pb/Zn u chorych z kontaktem z zanieczyszczeniami chemicznymi w głowie kości udowej. Korelację Cr/Ni (0,36) obserwowano u chorych bez kontaktu z zanieczyszczeniami chemicznymi w głowie kości udowej (Tabela 19, Tabela 20).

Tabela 19. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi w wywiadzie; * istotne statystycznie

Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
Szyjka kości udowej								Bez kontaktu z zanieczyszczeniami chemicznymi							
Mo		-0,17	0,16	-0,01	-0,27*	-0,09	-0,04	0,10	0,00	0,13	0,10	-0,03	-0,20	0,12	0,00
Cr	0,14		-0,08	-0,05	0,42*	0,15	0,32*	0,01	0,22	0,02	-0,07	0,02	0,20	0,00	0,13
Zn	-0,07	0,11		0,19	-0,11	-0,16	0,13	0,81*	0,12	0,81*	0,54*	0,49*	0,52*	0,81*	-0,09
Pb	0,08	-0,38*	-0,20		0,05	0,12	-0,07	0,27*	-0,07	0,22	-0,01	0,19	0,14	0,25*	0,03
Cu	-0,13	0,47*	-0,06	-0,16		0,36*	0,21	-0,12	0,32*	-0,21	-0,17	-0,20	0,17	-0,21	0,09
Ni	-0,09	0,21	-0,16	-0,25	0,59*		-0,13	-0,16	-0,23	-0,17	-0,12	-0,03	-0,06	-0,15	0,07
Fe	0,25	0,36	0,16	0,22	0,04	-0,28		0,02	0,30*	0,06	0,11	-0,05	0,08	0,05	0,21
Mg	-0,08	0,21	0,81*	-0,43*	0,11	-0,04	0,04		0,21	0,92*	0,59*	0,57*	0,50*	0,91*	-0,20
K	0,25	0,06	0,08	0,29	-0,03	-0,34	0,28	0,01		0,10	0,29*	-0,01	0,41*	0,07	-0,06
P	-0,09	0,17	0,78*	-0,43*	0,09	-0,05	0,16	0,87*	0,09		0,62*	0,61*	0,51*	0,99*	-0,23
Sr	-0,04	-0,21	0,47*	-0,11	0,11	0,16	-0,40*	0,51*	0,09	0,29		0,49*	0,44*	0,61*	-0,21
Ba	0,03	0,18	0,19	-0,27	0,05	0,20	0,06	0,30	-0,21	0,09	0,16		0,35*	0,61*	-0,03
Na	0,02	0,00	0,33	0,37	-0,20	-0,42*	0,23	0,10	0,54*	0,14	0,20	-0,16		0,49*	-0,21
Ca	-0,25	0,08	0,72*	-0,39*	0,06	-0,04	-0,04	0,76*	-0,05	0,90*	0,32	-0,07	0,00		-0,23
wiek	0,15	0,03	-0,36	0,24	0,07	0,08	-0,05	-0,36	0,34	-0,21	-0,30	-0,22	0,00	-0,22	
Kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi															

Tabela 20. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi w wywiadzie; * istotne statystycznie

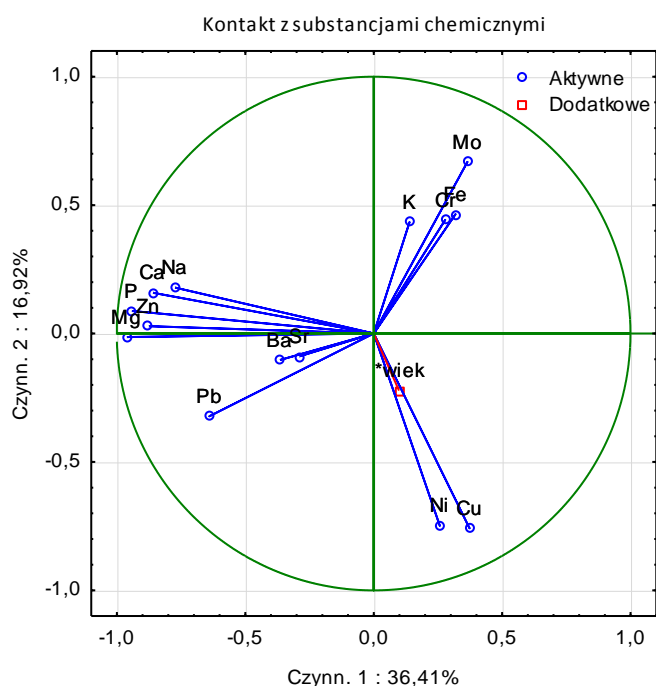
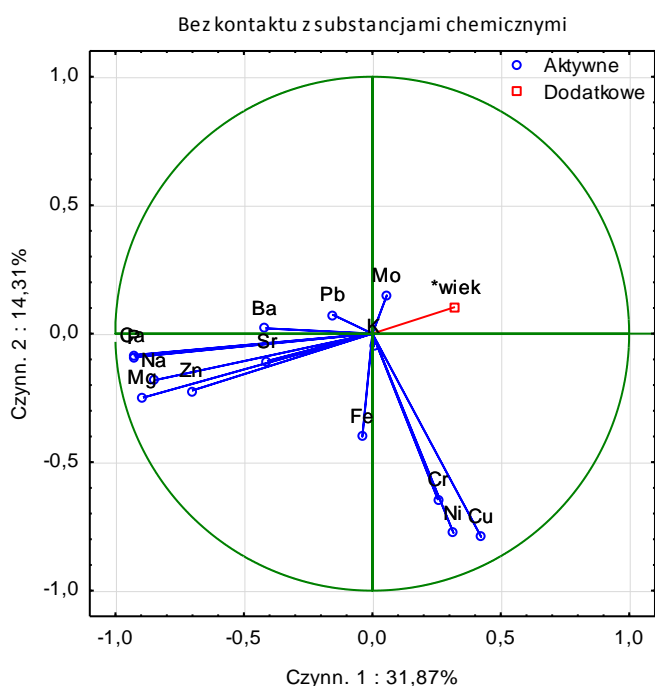
Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
Głowa kości udowej								Bez kontaktu z zanieczyszczeniami chemicznymi							
Mo		0,04	-0,07	-0,25*	-0,17	-0,06	-0,15	-0,08	-0,06	-0,06	0,04	0,16	-0,09	-0,08	0,00
Cr	0,29		-0,06	-0,18	0,34*	0,36*	0,43*	0,00	0,30*	-0,14	0,01	0,00	0,02	-0,15	0,03
Zn	-0,30	-0,13		0,16	-0,05	-0,10	-0,21	0,71*	-0,09	0,60*	0,34*	0,22	0,59*	0,62*	-0,14
Pb	-0,46*	-0,23	0,46*		0,07	0,05	-0,06	0,16	-0,20	0,11	-0,01	0,00	0,18	0,14	0,10
Cu	-0,11	0,06	-0,19	0,25		0,61*	0,42*	-0,23	0,06	-0,40*	-0,15	-0,17	-0,28*	-0,38*	0,14
Ni	-0,01	0,13	-0,25	-0,04	0,51*		0,21	-0,24	0,05	-0,35*	-0,04	-0,16	-0,19	-0,31*	0,04
Fe	0,28	0,20	-0,12	-0,23	0,16	-0,05		-0,20	0,33*	-0,27*	-0,22	-0,14	-0,06	-0,26*	-0,02
Mg	-0,30	-0,33	0,81*	0,49*	-0,32	-0,37*	-0,17		-0,16	0,88*	0,36*	0,37*	0,78*	0,88*	-0,27*
K	0,09	0,34	0,16	0,07	-0,01	-0,07	0,17	-0,03		-0,24*	-0,08	-0,07	0,03	-0,24	-0,06
P	-0,18	-0,36	0,70*	0,43*	-0,38*	-0,50*	-0,07	0,91*	-0,16		0,37*	0,34*	0,78*	0,99*	-0,35*
Sr	-0,18	-0,22	0,42*	0,35	-0,21	0,21	-0,19	0,56*	0,04	0,48*		0,39*	0,44*	0,36*	-0,37*
Ba	-0,26	-0,31	0,19	0,03	-0,26	-0,18	-0,10	0,38*	-0,31	0,35	0,19		0,31*	0,33*	-0,17
Na	0,02	-0,33	0,75*	0,37*	-0,25	-0,41*	0,02	0,82*	0,09	0,84*	0,36	0,09		0,79*	-0,30*
Ca	-0,14	-0,19	0,62*	0,43*	-0,29	-0,30	0,02	0,79*	-0,06	0,86*	0,46*	0,21	0,71*		-0,37*
wiek	-0,02	-0,03	-0,25	0,09	0,35	-0,03	0,15	-0,21	0,15	-0,07	-0,36	-0,05	-0,12	0,03	
Kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi															

Pierwsza składowa wskazywała na składniki budulcowe i metaboliczne kości Ca, P, Mg, Na i Zn. Zawartość Pb u osób mających kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi była opisywana przez pierwszą (szyjka kości udowej) i drugą (głowa kości udowej) składową. Znaczenie Cu, Ni w wymianie jonowej było charakteryzowane przez drugi czynnik. Zawartość Cr była opisana przez drugi czynnik z wyjątkiem szyjki kości udowej chorych z kontaktem z substancjami chemicznymi, u których zawartość metalu była opisywana przez piąty czynnik.

Wartości czynników dla zawartości Pb oraz Mo potwierdzały rozbieżności zauważone w korelacji Spearmana, przyjmując wartości przeciwne w zależności od kontaktu z substancjami chemicznymi (Tabela 21, Ryc. 11, Tabela 22, Ryc. 12).

Tabela 21. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi

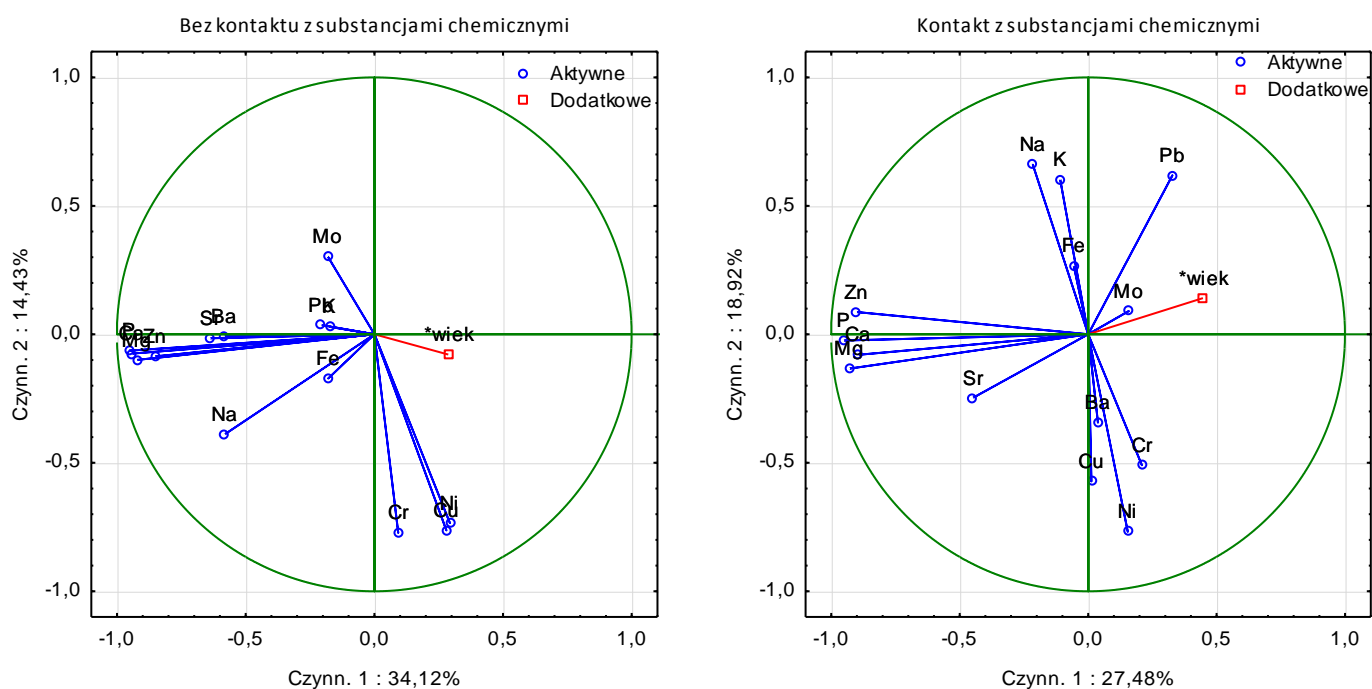
Pierw.	Bez kontaktu z zanieczyszczeniami chemicznymi						Kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi					
	Czynnik						Czynnik					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	0,06	0,15	-0,69	-0,33	-0,10	0,14	0,37	0,67	-0,34	-0,07	-0,24	0,15
Cr	0,25	-0,64	-0,47	0,04	-0,01	0,14	0,28	0,44	0,06	0,35	0,52	0,31
Zn	-0,70	-0,22	0,08	0,17	-0,22	0,07	-0,88	0,03	-0,11	0,08	0,23	-0,11
Pb	-0,15	0,07	0,57	0,08	0,43	0,60	-0,64	-0,32	-0,21	0,07	0,38	-0,11
Cu	0,42	-0,79	0,22	-0,06	0,05	0,05	0,37	-0,76	-0,38	-0,16	0,18	0,08
Ni	0,32	-0,78	0,25	-0,33	-0,13	-0,04	0,26	-0,75	-0,43	0,11	0,04	0,28
Fe	-0,04	-0,40	-0,37	0,51	0,50	-0,17	0,32	0,46	-0,33	-0,36	0,22	0,40
Mg	-0,89	-0,25	0,03	0,06	0,01	-0,02	-0,96	-0,01	-0,04	0,02	-0,01	0,07
K	0,01	-0,05	-0,19	0,63	-0,60	0,34	0,14	0,43	-0,46	0,48	0,23	-0,37
P	-0,93	-0,09	0,06	-0,10	-0,04	-0,17	-0,94	0,09	-0,07	-0,08	-0,06	0,10
Sr	-0,41	-0,11	-0,19	-0,53	-0,15	0,35	-0,29	-0,09	-0,33	0,68	-0,45	0,25
Ba	-0,42	0,02	-0,50	-0,09	0,45	0,20	-0,37	-0,10	0,68	0,26	0,13	0,28
Na	-0,85	-0,18	0,01	0,14	-0,01	0,02	-0,78	0,18	-0,33	-0,28	-0,04	-0,12
Ca	-0,93	-0,08	0,08	-0,11	-0,05	-0,17	-0,86	0,16	-0,11	-0,17	-0,03	0,28
wiek	0,32	0,10	0,09	0,03	0,08	0,08	0,10	-0,22	-0,06	-0,46	0,22	0,13



Ryc. 11. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u osób bez kontaktu i u osób z kontaktem z zanieczyszczeniami chemicznymi.

Tabela 22. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi

Pierw.	Bez kontaktu z substancjami chemicznymi						Kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi					
	Czynnik						Czynnik					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	-0,18	0,30	0,41	0,54	-0,40	-0,39	0,16	0,09	-0,54	-0,52	0,54	0,01
Cr	0,09	-0,77	0,15	0,32	0,04	-0,08	0,21	-0,51	-0,65	-0,23	0,15	-0,06
Zn	-0,85	-0,09	0,02	-0,13	-0,01	-0,12	-0,90	0,09	-0,03	-0,05	0,09	0,10
Pb	-0,21	0,04	-0,61	-0,20	-0,64	-0,12	0,33	0,62	-0,04	0,35	-0,03	0,33
Cu	0,28	-0,76	0,01	-0,18	-0,30	-0,03	0,01	-0,57	-0,46	0,48	-0,28	0,17
Ni	0,29	-0,73	-0,17	0,34	-0,02	-0,06	0,15	-0,77	-0,35	0,35	0,08	-0,05
Fe	-0,18	-0,17	0,54	-0,56	-0,08	-0,38	-0,06	0,27	-0,54	-0,17	-0,61	0,05
Mg	-0,92	-0,10	-0,12	0,04	-0,04	0,00	-0,93	-0,13	-0,13	-0,09	-0,07	0,14
K	-0,18	0,03	0,49	0,07	-0,50	0,66	-0,11	0,60	-0,55	0,06	0,08	0,25
P	-0,95	-0,06	-0,04	0,02	0,01	-0,05	-0,95	-0,02	-0,10	-0,11	-0,06	-0,10
Sr	-0,64	-0,02	0,34	0,26	0,19	-0,03	-0,45	-0,25	0,17	0,35	0,44	0,44
Ba	-0,58	-0,01	-0,39	0,29	0,06	0,14	0,04	-0,34	0,25	-0,59	-0,23	0,53
Na	-0,58	-0,39	0,10	-0,28	0,19	0,27	-0,22	0,66	-0,30	0,22	0,10	-0,09
Ca	-0,94	-0,08	-0,09	0,00	-0,01	-0,06	-0,90	-0,08	0,04	0,05	-0,05	-0,24
wiek	0,29	-0,08	-0,10	-0,12	-0,07	-0,22	0,45	0,14	-0,24	0,11	0,01	-0,01



Ryc. 12. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u osób bez kontaktu i u osób z kontaktem z zanieczyszczeniami chemicznymi.

4.2.4 Spożycie alkoholu

U pacjentów spożywających alkohol stwierdzono znacznie wyższą zawartość Cu w porównaniu do abstynentów w głowie i szyjce kości udowej. Zawartość Ni i Pb była istotnie wyższa w głowach kości udowych spożywających alkohol w porównaniu do abstynentów (Tabela 23).

Tabela 23. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na spożycie alkoholu. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)

Pierwiastek		Głowa kości udowej			Szyjka kości udowej		
Spożycie alkoholu		Nie (n=46)	Tak (n=50)	M-W	Nie (n=46)	Tak (n=50)	M-W
Mo	AM±SD	0,7±0,63	0,44±0,55	<0,05	0,77±0,74	0,7±0,62	NS
	Med (przedz.)	0,18 (0,18-1,32)	0,18 (0,18-0,18)		0,18 (0,18-1,43)	0,27 (0,18-1,33)	
	CV	89,92	123,91		96,32	88,9	
Cr	AM±SD	1,2±1,87	1,45±2,56	NS	1,47±1,76	1,41±1,72	NS
	Med (przedz.)	0,44 (0,12-1,67)	0,5 (0,12-1,68)		0,73 (0,12-1,74)	0,84 (0,12-1,58)	
	CV	155,75	175,82		119,68	121,86	
Zn	AM±SD	70,02±15,65	74±16,25	NS	66,99±11,9	70,28±14,54	NS
	Med (przedz.)	65,58 (57,68-79,47)	75,42 (60,27-85,83)		64,82 (58,21-73,3)	66,66 (59,09-76,86)	
	CV	22,34	21,96		17,77	20,69	
Pb	AM±SD	0,78±1,17	1,49±1,71	<0,05	0,84±1,04	1,29±1,6	NS
	Med (przedz.)	0,32 (0,32-0,32)	0,32 (0,32-2,71)		0,32 (0,32-1,17)	0,32 (0,32-1,99)	
	CV	149,22	115,29		123,03	123,98	
Cu	AM±SD	0,68±0,76	1,12±0,93	<0,05	0,6±0,75	1,15±1,38	<0,05
	Med (przedz.)	0,52 (0,04-1,14)	1,06 (0,04-1,75)		0,04 (0,04-1,03)	0,81 (0,04-1,44)	
	CV	111,69	83,35		124,53	119,96	
Ni	AM±SD	0,41±0,94	0,78±1,48	<0,05	0,32±0,66	1,21±3,05	NS
	Med (przedz.)	0,03 (0,03-0,39)	0,03 (0,03-0,89)		0,03 (0,03-0,41)	0,03 (0,03-0,64)	
	CV	232,52	189,93		205,25	250,89	
Fe	AM±SD	134,38±115,12	115,25±97,52	NS	136,54±147,76	126,9±132,35	NS
	Med (przedz.)	94,96 (58,98-146,02)	90,71 (50,43-131,18)		89,54 (56,15-164,75)	95,22 (55,28-152,27)	
	CV	85,66	84,62		108,22	104,29	
Mg	AM±SD	1436,1±379,2	1456,6±343,3	NS	1581,4±297,8	1589,8±342,6	NS
	Med (przedz.)	1340,9 (1159,1-1734)	1442,1 (1183,2-1678,6)		1622 (1372,7-1740,4)	1566,4 (1376,9-1853,8)	
	CV	26,4	23,6		18,8	21,5	
K	AM±SD	942,1±917	750,6±348,2	NS	953,4±728,9	989,4±1419,4	NS
	Med (przedz.)	694,3 (564,4-1049,5)	657,1 (504,9-844,7)		810,3 (547,2-1090)	603 (450-960)	
	CV	97,3	46,4		76,5	143,5	
P	AM±SD	62247,9±16107,8	63160±17517	NS	72665,4±17803,5	68800,2±18692,6	NS
	Med (przedz.)	58510,4 (49736-76200)	61377,6 (47466-75652,4)		71514,5 (58714-85978)	67434,4 (55156,4-82266)	
	CV	25,9	27,7		24,5	27,2	
Sr	AM±SD	45,68±29,49	42,42±23,52	NS	48,05±22,78	46,55±22,82	NS
	Med (przedz.)	35,75 (25,22-50,5)	38,31 (29,03-48,57)		42,74 (33,27-53,26)	43,62 (30,53-56,15)	
	CV	64,56	55,44		47,42	49,02	

Ba	AM±SD Med (przedz.) CV	2,3±1,46 2,01 (1,34-2,82) 63,5	2,63±1,85 2,1 (1,62-3,15) 70,55	NS	2,25±1,17 1,98 (1,29-3,05) 51,87	2,56±1,41 2,42 (1,42-3,49) 55,09	NS
Na	AM±SD Med (przedz.) CV	5347,8±1009,6 5315 (4627,7-5916,2) 18,9	5575,7±1073 5649,5 (4955,9-6308,9) 19,2	NS	4792,8±763,9 4862,9 (4211-5295,8) 15,9	4578,6±979,2 4507,8 (3747,7-5282,2) 21,4	NS
Ca	AM±SD Med (przedz.) CV	136442,4±34544,3 129183 (108960-160694) 25,3	136947,8±37950,4 133763 (102876-162084) 27,7	NS	161328,5±39085,7 159462 (128094-187160) 24,2	153425,4±41695,1 146143 (122380-181456) 27,2	NS

W szyjce kości udowej wykazano istotnie statystycznie ujemną korelację pomiędzy Fe i stężeniem metali strukturalnych (Ca, P, Mg). U abstynentów również wykazano akumulację Pb w szyjce kości udowej wraz z wiekiem (0,31) i wzrost stężenia Fe w głowie kości udowej wraz z wiekiem (0,36). U osób spożywających alkohol w szyjce kości udowej stwierdzono dodatnie korelacje Pb z Ca, P, Mg, Zn, Na oraz Sr. W szyjce kości udowej abstynentów wykazano zmniejszanie się Ca, P, Mg, Na i Sr z wiekiem.

W głowie kości udowej wykazano dodatnią korelację Mo/Fe u osób spożywających alkohol, a ujemną Mo/Cu u abstynentów. U osób spożywających alkohol obserwowano ujemną korelację Ni/Zn (-0,33) i dodatnią Ni/Cu (0,51). W głowie i szyjce kości udowej wykazano ujemną korelację Cr/Pb u osób spożywających alkohol (-0,32 i -0,3) (Tabela 24, Tabela 25).

Tabela 24. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na spożycie alkoholu; * istotne statystycznie

Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
Szyjka kości udowej								Spożycie alkoholu							
Mo		-0,02	-0,10	-0,37*	-0,12	-0,11	-0,06	-0,26	0,02	-0,11	-0,14	-0,06	0,00	-0,13	0,02
Cr	0,23		-0,13	-0,30*	0,27	0,35*	0,26	-0,19	0,26	-0,32*	-0,11	-0,30*	-0,22	-0,31*	-0,02
Zn	-0,17	0,03		0,40*	-0,41*	-0,31*	-0,11	0,82*	0,04	0,75*	0,42*	0,24	0,77*	0,75*	-0,08
Pb	-0,27	-0,05	0,07		-0,10	-0,21	-0,18	0,50*	0,00	0,48*	0,32*	0,21	0,41*	0,48*	-0,03
Cu	-0,22	0,28	0,14	0,35*		0,57*	0,20	-0,36*	-0,09	-0,42*	-0,12	-0,22	-0,37*	-0,41*	0,26
Ni	0,07	0,26	0,00	0,28	0,56*		-0,05	-0,41*	-0,14	-0,45*	0,16	-0,31*	-0,39*	-0,41*	-0,03
Fe	0,03	0,48*	-0,21	-0,03	0,53*	0,39*		-0,01	0,18	-0,05	-0,17	-0,03	0,08	-0,07	-0,01
Mg	-0,05	0,04	0,65*	-0,04	-0,19	-0,11	-0,37*		-0,08	0,91*	0,48*	0,38*	0,81*	0,90*	-0,11
K	-0,09	0,32*	-0,05	-0,20	0,26	0,18	0,41*	-0,22		-0,18	-0,01	-0,28	0,07	-0,18	0,20
P	-0,10	-0,05	0,51*	-0,10	-0,33*	-0,29*	-0,41*	0,88*	-0,32*		0,50*	0,38*	0,85*	0,98*	-0,11
Sr	0,06	0,00	0,30*	-0,21	-0,24	-0,16	-0,25	0,35*	-0,12	0,29		0,20	0,44*	0,53*	-0,26
Ba	0,14	0,19	0,20	-0,32*	-0,25	-0,03	-0,23	0,34*	-0,02	0,33*	0,46*		0,22	0,39*	-0,26
Na	-0,14	0,09	0,50*	0,01	-0,12	-0,06	-0,17	0,77*	0,00	0,74*	0,39*	0,28		0,82*	-0,07
Ca	-0,03	0,04	0,50*	-0,10	-0,30*	-0,18	-0,31*	0,82*	-0,28	0,92*	0,21	0,27	0,69*		-0,13
wiek	-0,01	-0,04	-0,20	0,31*	0,17	0,04	0,00	-0,36*	-0,10	-0,40*	-0,34*	-0,02	-0,39*	-0,38*	
Abstynenci															

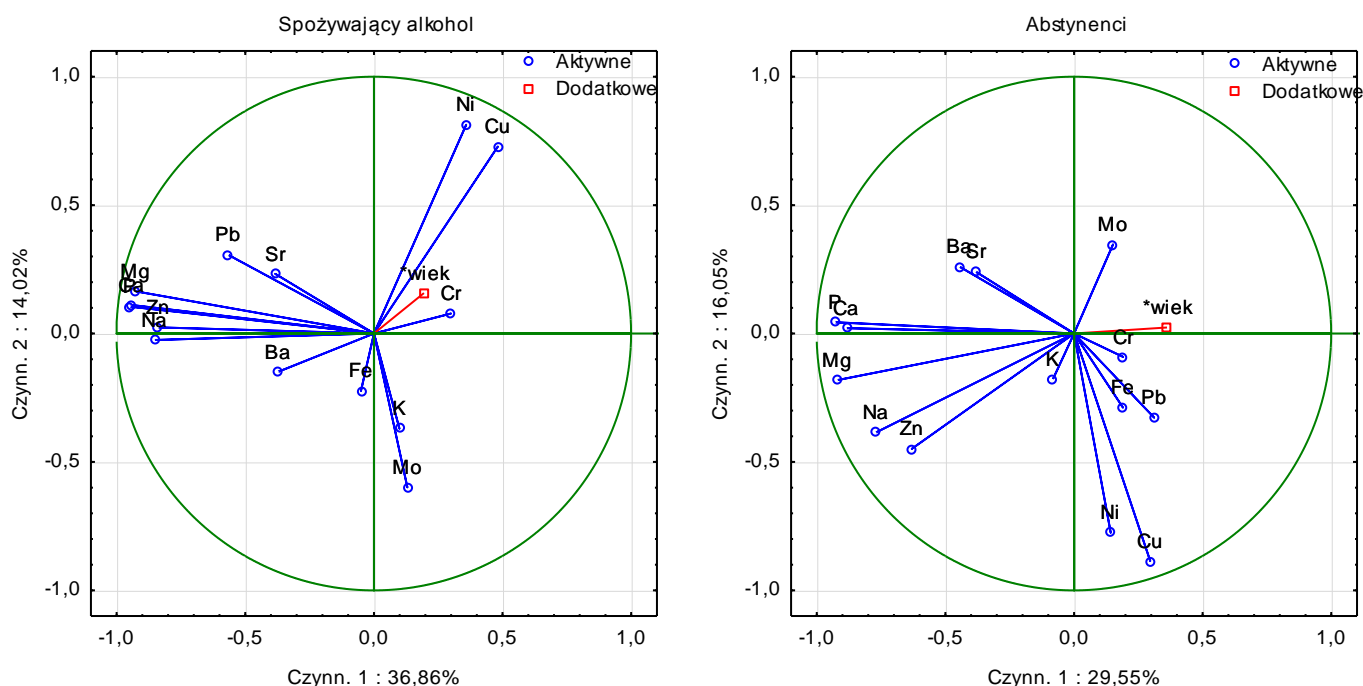
Tabela 25. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na spożycie alkoholu; * istotne statystycznie

Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
Głowa kości udowej								Spożycie alkoholu							
Mo		0,14	0,15	0,02	0,01	-0,05	0,28*	0,07	0,17	0,05	-0,04	0,00	-0,03	-0,06	0,14
Cr	-0,26		0,00	-0,32*	0,34*	0,12	0,28*	0,09	0,10	0,09	-0,04	-0,07	0,05	0,08	0,00
Zn	0,14	-0,10		0,06	-0,28	-0,33*	0,16	0,86*	0,14	0,87*	0,59*	0,38*	0,38*	0,84*	-0,24
Pb	0,17	0,00	0,00		-0,08	-0,17	0,01	0,02	0,11	-0,04	-0,07	0,02	0,30*	0,03	0,13
Cu	-0,39*	0,53*	0,01	-0,13		0,51*	0,08	-0,24	0,14	-0,31*	-0,16	-0,29*	-0,30*	-0,29*	0,08
Ni	-0,04	0,24	0,04	0,14	0,25		-0,23	-0,31*	-0,33*	-0,36*	-0,17	0,04	-0,36*	-0,36*	0,11
Fe	-0,19	0,41*	0,14	0,09	0,29*	-0,06		0,10	0,28*	0,19	-0,09	0,01	0,15	0,08	-0,11
Mg	0,08	0,04	0,72*	0,05	0,12	0,05	-0,02		0,17	0,91*	0,57*	0,41*	0,26	0,88*	-0,17
K	-0,07	0,26	0,12	-0,07	0,36*	-0,16	0,31*	0,24		0,08	0,29*	-0,19	0,39*	0,00	0,08
P	0,11	-0,02	0,75*	0,08	0,04	0,11	0,02	0,91*	0,17		0,53*	0,44*	0,36*	0,95*	-0,15
Sr	0,11	-0,12	0,48*	-0,06	-0,03	0,02	0,04	0,60*	0,27	0,60*		0,28*	0,30*	0,55*	-0,12
Ba	0,03	0,21	0,34*	0,04	0,02	0,02	-0,04	0,55*	0,16	0,49*	0,53*		0,09	0,41*	-0,20
Na	-0,22	0,17	0,39*	-0,08	0,36*	-0,03	0,12	0,48*	0,58*	0,44*	0,44*	0,35*		0,32*	0,00
Ca	0,12	-0,03	0,76*	0,10	0,04	0,13	0,02	0,90*	0,15	0,99*	0,59*	0,46*	0,39*		-0,11
wiek	-0,08	0,21	-0,09	0,05	0,11	-0,11	0,36*	-0,23	0,07	-0,28	-0,16	0,06	-0,20	-0,26	
Abstynenci															

Wykonana analiza składowych głównych (PCA) dla pierwiastków wykazała, że nie było różnic między spożywającymi alkohol i abstynentami w przypadku pierwszego czynnika i podobnie jak w całej grupie najsilniej skorelowany był z pierwiastkami strukturalnymi i mikroelementami związanymi z metabolizmem kości: Ca, P, Na, Mg i Zn. Dodatkowo tylko u spożywających alkohol w szyjce kości udowej pierwszy czynnik, a w głowie kości udowej drugi czynnik opisywał stężenie Pb. Z drugim czynnikiem skorelowane były metale śladowe Cu, Ni. Zwraca uwagę Cr, którego wartości czynników są przeciwne między abstynentami i spożywającymi alkohol. Trzecia i czwarta składowa opisywała rolę zawartości Fe (Tabela 26, Ryc. 13, Tabela 27, Ryc. 14).

Tabela 26. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na spożycie alkoholu

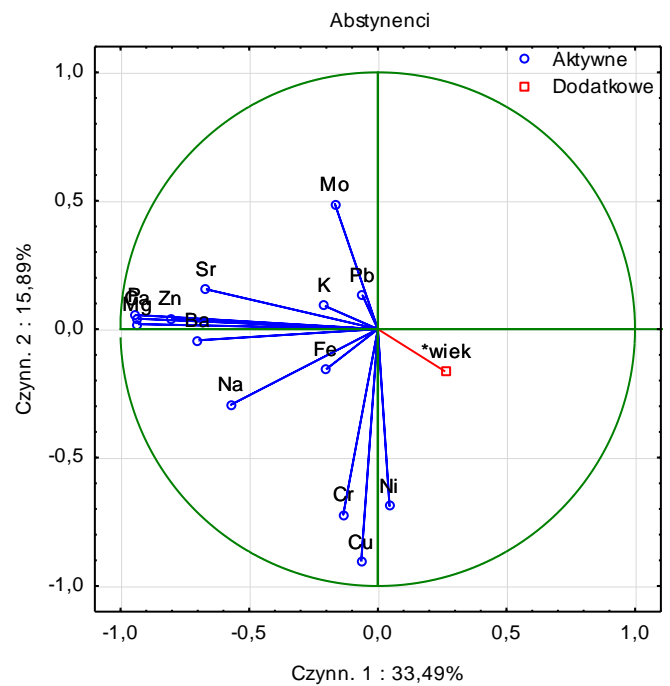
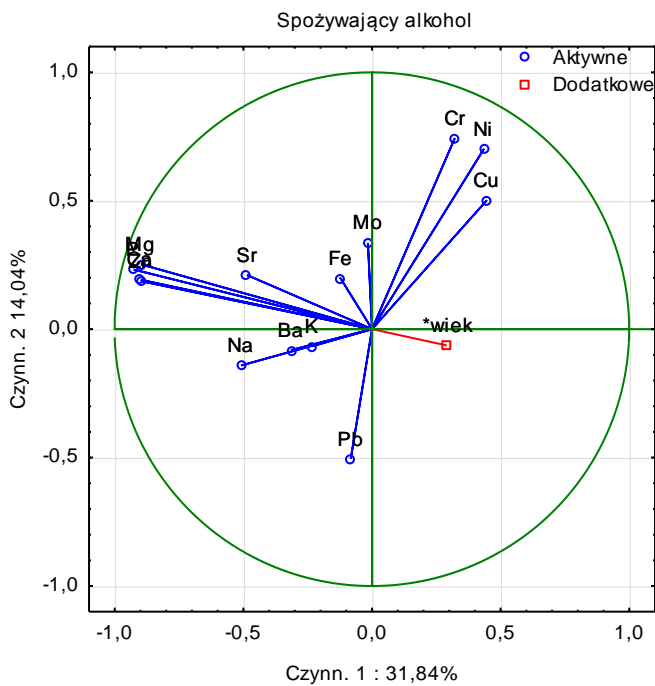
Pierw.	Spożywający alkohol						Abstynenci					
	Czynnik						Czynnik					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	0,13	-0,60	0,39	0,04	0,46	-0,24	0,15	0,35	-0,57	-0,28	-0,09	-0,52
Cr	0,30	0,08	0,53	0,15	-0,30	0,62	0,19	-0,09	-0,83	0,01	0,20	-0,06
Zn	-0,84	0,02	0,18	-0,08	-0,08	-0,02	-0,63	-0,45	-0,05	0,12	-0,21	0,13
Pb	-0,57	0,31	-0,20	-0,27	-0,33	-0,13	0,31	-0,33	0,46	-0,12	0,33	0,23
Cu	0,48	0,73	0,15	0,25	0,06	-0,18	0,30	-0,89	-0,09	-0,16	-0,01	-0,03
Ni	0,36	0,81	0,31	0,09	0,16	-0,08	0,14	-0,78	-0,10	-0,42	-0,18	-0,22
Fe	-0,05	-0,22	0,29	0,78	-0,15	-0,22	0,19	-0,29	-0,60	0,28	0,46	0,24
Mg	-0,93	0,16	0,06	0,13	-0,11	0,08	-0,92	-0,18	-0,05	-0,01	0,03	-0,08
K	0,10	-0,37	0,61	-0,30	-0,28	0,01	-0,08	-0,18	-0,32	0,63	-0,57	0,09
P	-0,95	0,10	0,09	0,08	0,10	-0,02	-0,93	0,04	0,11	0,06	0,18	-0,17
Sr	-0,38	0,23	0,40	-0,30	0,50	0,23	-0,38	0,24	-0,18	-0,57	-0,33	0,41
Ba	-0,37	-0,15	-0,41	0,40	0,25	0,48	-0,44	0,26	-0,48	-0,22	0,12	0,39
Na	-0,85	-0,03	0,22	0,08	-0,11	-0,20	-0,77	-0,39	-0,04	-0,07	0,03	0,01
Ca	-0,94	0,11	0,07	0,06	0,12	-0,02	-0,89	0,02	0,06	0,08	0,24	-0,24
wiek	0,19	0,16	-0,20	-0,20	-0,15	-0,19	0,36	0,02	0,01	0,06	0,24	0,07



Ryc. 13. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na spożycie alkoholu. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u osób spożywających alkohol i abstynentów.

Tabela 27. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na spożycie alkoholu

Pierw.	Spożywający alkohol						Abstynenci					
	Czynnik						Czynnik					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	-0,02	0,34	-0,45	0,59	0,22	0,21	-0,17	0,49	0,25	-0,49	-0,43	0,30
Cr	0,32	0,74	-0,13	0,26	0,11	-0,16	-0,13	-0,72	0,15	-0,36	-0,18	0,20
Zn	-0,90	0,19	-0,04	-0,01	0,03	-0,09	-0,81	0,04	-0,16	0,10	0,11	0,12
Pb	-0,08	-0,51	-0,34	-0,03	0,42	-0,52	-0,06	0,13	0,22	0,58	-0,67	-0,10
Cu	0,44	0,50	-0,20	-0,46	0,07	-0,05	-0,06	-0,91	-0,08	0,03	-0,21	-0,02
Ni	0,43	0,70	0,17	-0,18	0,27	-0,27	0,05	-0,69	0,47	-0,04	-0,04	-0,07
Fe	-0,12	0,20	-0,58	0,18	-0,55	0,01	-0,20	-0,16	-0,71	0,20	-0,37	0,37
Mg	-0,90	0,25	0,03	-0,01	0,08	-0,01	-0,93	0,02	0,09	0,12	0,07	-0,09
K	-0,23	-0,07	-0,61	-0,23	0,40	0,47	-0,21	0,09	-0,34	-0,51	-0,37	-0,64
P	-0,93	0,23	0,08	0,05	-0,12	-0,09	-0,95	0,06	0,07	0,10	-0,01	-0,09
Sr	-0,49	0,21	0,22	-0,47	0,09	0,35	-0,67	0,16	0,07	-0,34	-0,01	0,32
Ba	-0,32	-0,08	0,42	0,46	0,41	0,11	-0,70	-0,04	0,35	0,03	0,04	-0,04
Na	-0,51	-0,14	-0,48	-0,19	0,06	-0,27	-0,57	-0,29	-0,42	-0,07	0,25	-0,06
Ca	-0,90	0,19	0,15	-0,01	-0,08	-0,18	-0,93	0,04	0,10	0,13	-0,02	-0,10
wiek	0,29	-0,06	-0,11	0,00	0,11	-0,10	0,26	-0,16	-0,07	0,18	-0,12	0,20



Ryc. 14. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na spożycie alkoholu. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u osób spożywających alkohol i abstynentów.

4.2.5 Miejsce zamieszkania

Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic zawartości pierwiastków w głowie i szyjce kości udowej w zależności od miejsca zamieszkania (Tabela 28).

Tabela 28. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na miejsce zamieszkania. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)

Pierwiastek		Głowa kości udowej			Szyjka kości udowej		
Miejsce zamieszkania		Wieś (n=24)	Miasto (n=72)	M-W	Wieś (n=24)	Miasto (n=72)	M-W
Mo	AM±SD	0,54±0,59	0,57±0,61	NS	0,55±0,56	0,79±0,71	NS
	Med (przedz.)	0,18 (0,18-1,24)	0,18 (0,18-1,12)		0,18 (0,18-1,15)	0,36 (0,18-1,41)	
	CV	107,69	106,02		100,49	89,39	
Cr	AM±SD	1,11±1,36	1,41±2,47	NS	0,82±0,83	1,65±1,9	NS
	Med (przedz.)	0,47 (0,12-1,69)	0,49 (0,12-1,59)		0,66 (0,12-1,17)	0,85 (0,24-2,32)	
	CV	122,16	176,06		101,03	115,35	
Zn	AM±SD	69,97±16,17	72,8±16	NS	70,05±17,61	68,25±11,75	NS
	Med (przedz.)	67,13 (59,73-79,74)	71,01 (60,17-86,07)		66,55 (57,08-81,27)	66,21 (60,18-75,31)	
	CV	23,11	21,97		25,14	17,22	
Pb	AM±SD	1,03±1,67	1,19±1,47	NS	1,16±1,34	1,05±1,39	NS
	Med (przedz.)	0,32 (0,32-0,32)	0,32 (0,32-2,01)		0,32 (0,32-1,9)	0,32 (0,32-1,32)	
	CV	162,86	123,11		115,84	132,45	
Cu	AM±SD	0,8±0,83	0,95±0,9	NS	1,03±1,45	0,84±1,04	NS
	Med (przedz.)	0,73 (0,04-1,06)	0,87 (0,04-1,55)		0,75 (0,04-1,3)	0,69 (0,04-1,15)	
	CV	103,84	94,77		140,52	124,16	
Ni	AM±SD	0,68±1,68	0,57±1,1	NS	0,93±3,01	0,74±2	NS
	Med (przedz.)	0,03 (0,03-0,44)	0,03 (0,03-0,74)		0,03 (0,03-0,46)	0,03 (0,03-0,52)	
	CV	247,9	191,12		324,83	270,9	
Fe	AM±SD	141,86±119,1	118,6±101,75	NS	105,95±74,64	140,04±154,46	NS
	Med (przedz.)	123,51 (50,45-182,49)	90,71 (55,34-123,84)		84,44 (42,47-173,09)	96,14 (63,75-144,17)	
	CV	83,96	85,79		70,45	110,3	
Mg	AM±SD	1391,2±332,4	1465,3±368	NS	1579,8±362,9	1587,8±307,5	NS
	Med (przedz.)	1325,7 (1103,1-1585,4)	1385,8 (1202,8-1761,1)		1583,3 (1348,2-1781,9)	1595,3 (1385,2-1792,1)	
	CV	23,9	25,1		23	19,4	
K	AM±SD	1002,9±1178,6	788,9±409,2	NS	835,1±505,6	1017,8±1279,2	NS
	Med (przedz.)	711,4 (534,7-892,7)	657,1 (522,2-971,1)		629 (482,3-1049,7)	655 (502,4-995)	
	CV	117,5	51,9		60,5	125,7	
P	AM±SD	61471,6±17252,3	63140,1±16714,3	NS	74568,7±22839,8	69346,8±16467,5	NS
	Med (przedz.)	55552,4 (46500,6-77052)	60363,1 (49964-75566,2)		67228,7 (57776,1-98764,2)	69616,2 (57515-78448)	
	CV	28,1	26,5		30,6	23,7	
Sr	AM±SD	44,13±27,28	43,93±26,37	NS	50,49±23,18	46,19±22,59	NS
	Med (przedz.)	36,75 (24,16-59,66)	36,34 (26,56-47,53)		52,22 (29,18-62,26)	42,39 (32,35-49,08)	
	CV	61,81	60,02		45,9	48,91	
Ba	AM±SD	2,3±1,57	2,53±1,72	NS	2,24±1,15	2,47±1,35	NS
	Med (przedz.)	1,98 (1,41-2,56)	2,09 (1,46-3,14)		2,06 (1,32-2,71)	2,28 (1,41-3,35)	
	CV	68,23	67,91		51,13	54,78	

Na	AM±SD Med (przedz.) CV	5467,9±1128 5461,7 (4790,7-6362,5) 20,6	5466,1±1022,8 5428,6 (4700,2-6086) 18,7	NS	4660,3±904,9 4845,9 (4121,8-5297,7) 19,4	4688,2±884,1 4642,6 (4020,9-5289) 18,9	NS
Ca	AM±SD Med (przedz.) CV	133711,4±36808,1 120389 (101795-166517) 27,5	137703,7±36158,5 137906 (108575-159925) 26,3	NS	165008,1±51281,2 150816 (125282-215620) 31,1	154613,7±36191,7 153269 (128031-175956) 23,4	NS

W szyjce kości udowej mieszkańców miast stężenie makroelementów zmniejszyło się z wiekiem: Zn (-0,25), Mg (-0,28), P (-0,26), Ca (-0,32) oraz Sr (-0,32), natomiast dodatnią korelację wieku i stężenia ołowiu stwierdzono u mieszkańców wsi. W ostatniej grupie stężenie ołowiu dodatnio korelowało z Mg (0,45) i Zn (0,46). Zwraca także uwagę wysoka zależność Cu/Ni w szyjce kości udowej mieszkańców wsi (0,86).

W głowie kości udowej mieszkańców wsi odnotowano odkładanie się Ni wraz z wiekiem (0,46) oraz korelacje Fe/Zn (0,41), Mo/Cr (-0,49) i Mo/Cu (-0,53) (Tabela 29, Tabela 30).

Tabela 29. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na miejsce zamieszkania; * istotne statystycznie

Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
Szyjka kości udowej								miasto							
Mo		0,19	-0,13	-0,35*	-0,15	-0,02	0,01	-0,17	0,05	-0,05	-0,01	-0,02	-0,04	-0,02	-0,01
Cr	-0,33		-0,04	-0,15	0,25*	0,31*	0,38*	-0,09	0,19	-0,20	-0,07	-0,09	-0,11	-0,16	0,02
Zn	-0,18	-0,10		0,17	-0,03	-0,06	-0,11	0,69*	0,08	0,58*	0,33*	0,16	0,64*	0,55*	-0,25*
Pb	-0,19	-0,23	0,46*		0,22	0,03	-0,06	0,18	-0,03	0,14	0,08	-0,04	0,20	0,15	0,02
Cu	-0,25	0,39	-0,32	-0,12		0,48*	0,27*	-0,13	-0,04	-0,31*	-0,10	-0,23	-0,15	-0,29*	0,15
Ni	-0,08	0,35	-0,38	-0,03	0,86*		0,03	-0,19	-0,10	-0,29*	0,09	-0,19	-0,17	-0,20	-0,09
Fe	-0,18	0,36	-0,36	-0,31	0,54*	0,47*		-0,12	0,18	-0,17	-0,19	-0,17	0,02	-0,13	0,00
Mg	-0,14	-0,06	0,85*	0,45*	-0,56*	-0,52*	-0,31		-0,09	0,89*	0,38*	0,32*	0,77*	0,84*	-0,28*
K	-0,31	0,45*	-0,18	-0,26	0,17	0,15	0,52*	-0,14		-0,17	-0,03	-0,20	0,11	-0,17	0,16
P	-0,13	-0,11	0,71*	0,32	-0,59*	-0,62*	-0,26	0,89*	-0,23		0,53*	0,34*	0,78*	0,93*	-0,26*
Sr	0,05	-0,08	0,56*	0,15	-0,35	-0,17	-0,24	0,64*	0,01	0,53*		0,27*	0,36*	0,34*	-0,32*
Ba	0,17	-0,04	0,36	0,15	-0,07	-0,09	-0,05	0,45*	-0,07	0,38	0,46*		0,17	0,30*	-0,14
Na	-0,15	-0,02	0,69*	0,41*	-0,59*	-0,55*	-0,19	0,90*	-0,01	0,86*	0,69*	0,39		0,72*	-0,19
Ca	-0,18	-0,02	0,73*	0,35	-0,53*	-0,55*	-0,21	0,91*	-0,14	0,97*	0,54*	0,38	0,90*		-0,28*
wiek	-0,21	-0,31	0,03	0,46*	0,33	0,33	-0,19	-0,13	-0,23	-0,27	-0,27	-0,32	-0,28	-0,21	
wieś															

Tabela 30. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na miejsce zamieszkania; * istotne statystycznie

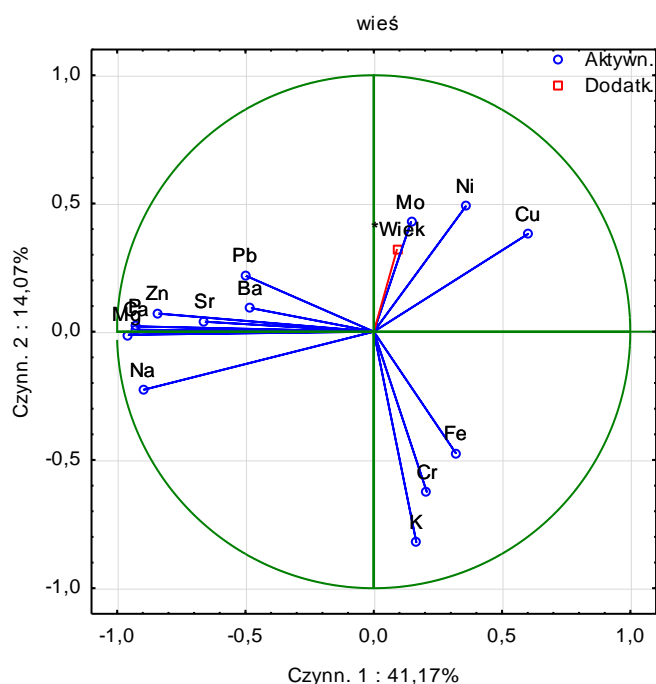
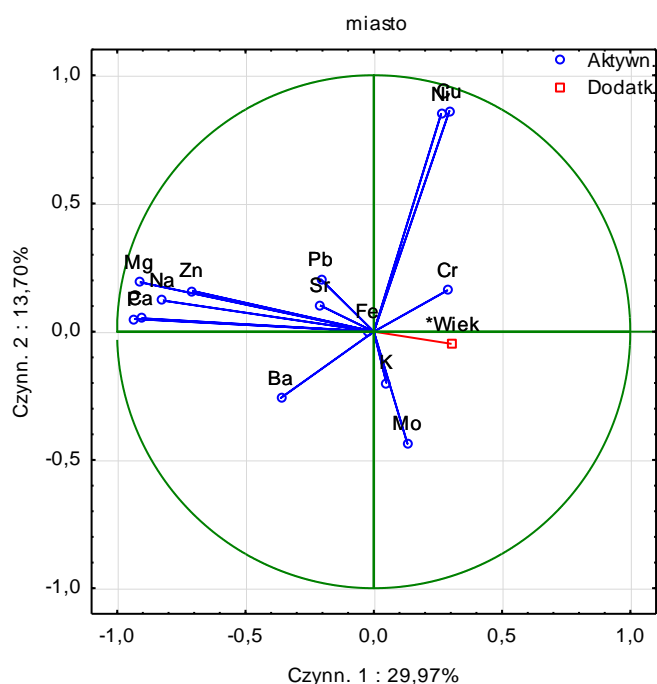
Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
Głowa kości udowej															miasto
Mo		0,05	0,15	0,02	-0,14	-0,07	0,15	0,03	0,15	0,07	0,01	0,01	-0,05	0,00	0,14
Cr	-0,49*		-0,08	-0,21	0,38*	0,11	0,38*	0,04	0,27*	0,00	-0,09	0,06	0,08	-0,03	0,13
Zn	-0,11	0,08		0,09	-0,12	-0,14	0,01	0,82*	0,16	0,84*	0,59*	0,43*	0,50*	0,81*	-0,16
Pb	0,03	0,03	0,01		-0,02	0,01	-0,02	0,04	0,02	0,02	-0,09	0,02	0,21	0,05	0,07
Cu	-0,53*	0,62*	-0,09	-0,06		0,45*	0,22	-0,07	0,24*	-0,17	-0,06	-0,13	-0,02	-0,18	0,00
Ni	-0,23	0,32	-0,18	-0,14	0,36		-0,15	-0,11	-0,22	-0,13	-0,03	0,08	-0,15	-0,14	-0,15
Fe	-0,21	0,26	0,41*	0,26	-0,02	-0,14		-0,04	0,32*	0,00	-0,11	0,02	0,03	-0,06	0,20
Mg	0,18	0,06	0,75*	0,04	-0,14	-0,29	0,16		0,25*	0,91*	0,66*	0,48*	0,46*	0,88*	-0,15
K	-0,23	-0,03	0,00	0,06	0,18	-0,43*	0,23	0,01		0,13	0,22	-0,05	0,45*	0,07	0,12
P	0,12	0,19	0,72*	-0,07	-0,10	-0,16	0,23	0,93*	0,02		0,61*	0,46*	0,47*	0,95*	-0,18
Sr	0,13	-0,09	0,37	0,06	-0,21	-0,15	0,17	0,50*	0,33	0,48*		0,40*	0,29*	0,61*	-0,19
Ba	-0,03	0,04	0,33	0,12	-0,26	-0,19	-0,15	0,49*	0,00	0,51*	0,43*		0,17	0,42*	-0,02
Na	-0,33	0,29	0,37	0,11	0,17	-0,34	0,35	0,24	0,50*	0,22	0,51*	0,31		0,41*	-0,12
Ca	0,15	0,16	0,70*	0,01	-0,05	-0,11	0,18	0,89*	0,02	0,95*	0,46*	0,41*	0,18		-0,15
wiek	-0,40	0,09	-0,20	0,03	0,32	0,46*	0,15	-0,39	-0,01	-0,43*	-0,19	-0,41*	-0,07	-0,36	
wieś															

Analiza składowych głównych (PCA) wykazała, że nie było różnic między mieszkańcami wsi i miast w przypadku pierwszego czynnika i podobnie jak w całej grupie najsilniej skorelowany był z pierwiastkami Ca, P, Na, Mg i Zn i także drugiego czynnika opisującego Cu i Ni. Stężenie Cu w szyjce kości udowej u mieszkańców wsi było opisywane przez pierwszy i trzeci czynnik. W przypadku Pb, należy podkreślić, że wartości jego czynników były przeciwne między mieszkańcami miast i wsi.

Wartości czynnika drugiego i trzeciego opisujące stężenie Mo, przyjmowały wartości ujemne, potwierdzając jego interakcje z Cr i Cu, stwierdzone w korelacji Spearmana (Tabela 31, Ryc. 15, Tabela 32, Ryc. 16).

Tabela 31. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na miejsce zamieszkania

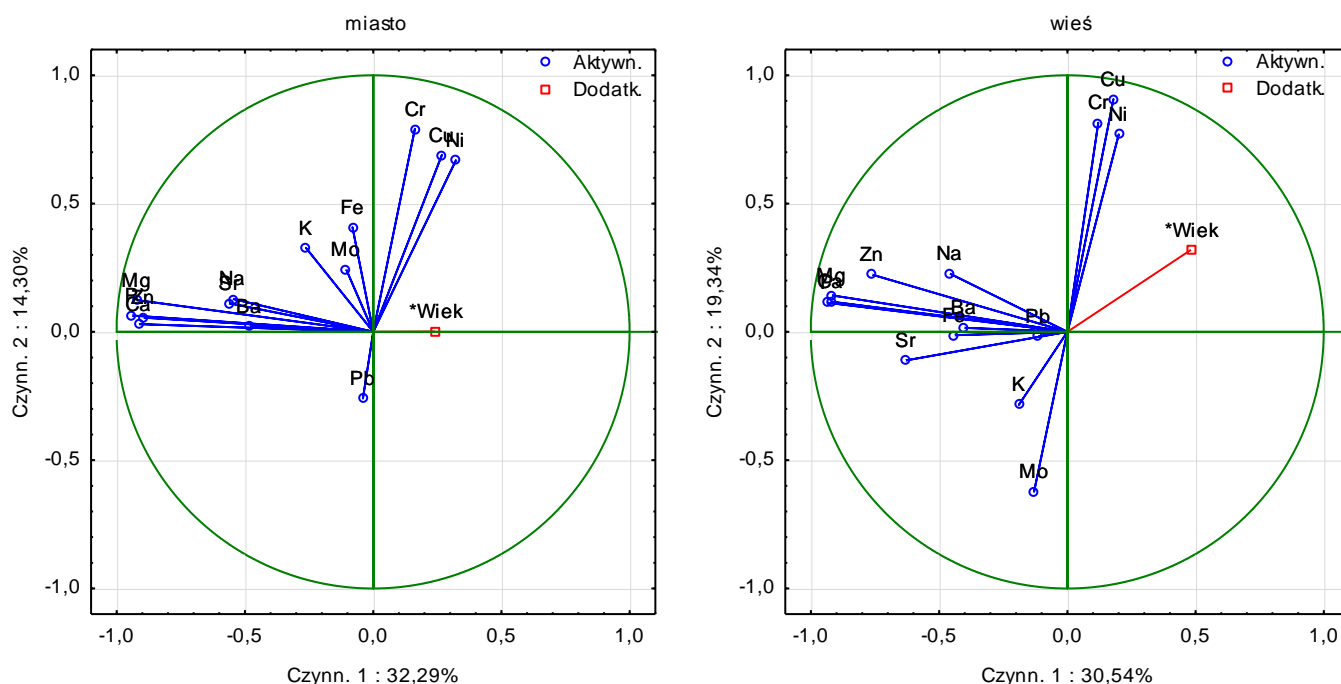
Miejsce zamieszcz.	Miasto						Wieś					
	Czynnik						Czynnik					
Pierw.	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	0,13	-0,44	-0,58	-0,04	0,23	0,21	0,14	0,43	-0,67	0,06	0,29	-0,27
Cr	0,29	0,16	-0,71	-0,02	-0,12	-0,15	0,21	-0,62	0,18	0,54	-0,06	0,25
Zn	-0,71	0,16	-0,13	0,34	0,04	0,06	-0,84	0,07	0,22	-0,01	0,14	0,10
Pb	-0,21	0,20	0,52	0,26	-0,08	-0,56	-0,50	0,22	0,49	-0,39	0,26	0,15
Cu	0,29	0,86	-0,13	0,02	-0,11	0,00	0,60	0,38	0,64	0,17	0,08	-0,06
Ni	0,26	0,85	-0,18	-0,17	0,20	0,10	0,36	0,49	0,68	0,24	-0,13	-0,22
Fe	-0,02	0,00	-0,55	0,13	-0,62	-0,22	0,32	-0,47	0,25	-0,53	0,24	-0,38
Mg	-0,91	0,19	-0,08	-0,04	-0,05	-0,01	-0,96	-0,01	0,12	0,01	-0,01	0,00
K	0,05	-0,20	-0,37	0,60	0,37	-0,33	0,17	-0,82	0,19	0,09	0,23	-0,16
P	-0,94	0,05	-0,06	-0,10	0,07	0,10	-0,93	0,02	0,04	-0,07	-0,18	0,01
Sr	-0,21	0,10	-0,19	-0,40	0,65	-0,40	-0,66	0,04	-0,04	0,49	0,06	-0,47
Ba	-0,36	-0,26	-0,12	-0,60	-0,29	-0,35	-0,48	0,09	0,02	0,26	0,75	0,18
Na	-0,82	0,12	-0,14	0,23	-0,05	0,11	-0,90	-0,23	0,09	0,00	-0,16	-0,24
Ca	-0,91	0,05	-0,08	-0,10	0,03	0,13	-0,92	0,01	0,03	-0,04	-0,20	0,02
wiek	0,30	-0,05	0,20	0,07	-0,16	0,12	0,09	0,32	0,30	-0,24	-0,12	0,31



Ryc. 15. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na miejsce zamieszkania. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u mieszkańców miast i wsi.

Tabela 32. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na miejsce zamieszkania.

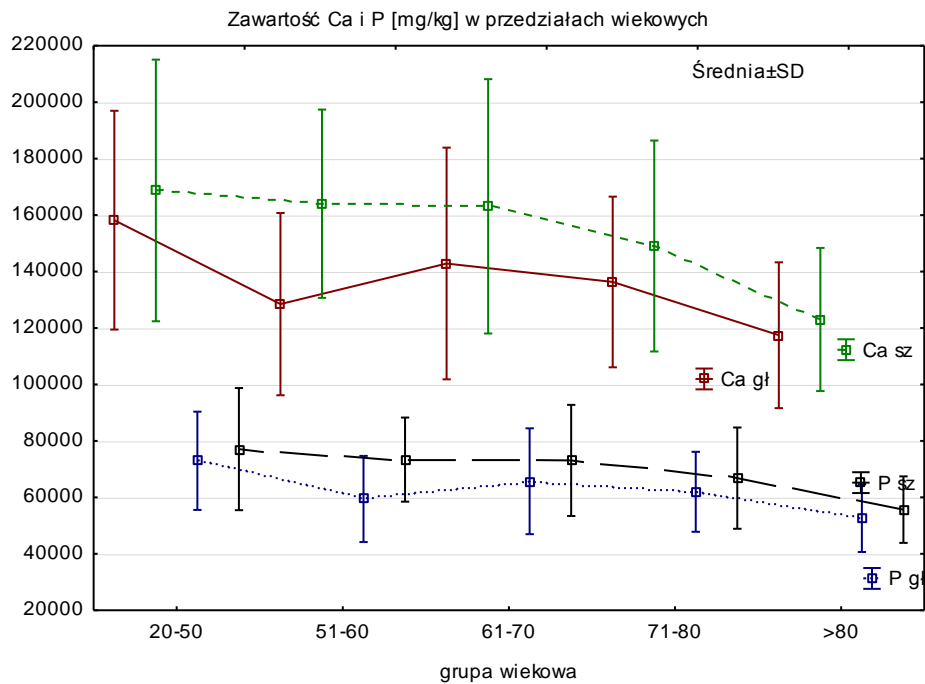
Miejsce zamiesz. / Pierw.	Miasto						Wieś					
	Czynnik						Czynnik					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	-0,11	0,25	-0,15	-0,81	0,36	-0,10	-0,13	-0,62	-0,54	0,24	0,08	-0,41
Cr	0,16	0,79	0,22	-0,18	0,20	0,13	0,12	0,82	-0,18	0,11	-0,08	0,03
Zn	-0,90	0,06	-0,03	0,01	0,07	-0,05	-0,76	0,22	0,21	0,12	0,24	0,09
Pb	-0,04	-0,26	-0,29	0,31	0,77	-0,25	-0,11	-0,02	0,36	-0,57	-0,41	-0,49
Cu	0,27	0,69	-0,10	0,44	-0,06	-0,16	0,18	0,91	-0,11	0,02	-0,15	-0,09
Ni	0,32	0,67	0,46	0,21	0,19	0,00	0,20	0,77	-0,36	0,11	0,04	-0,24
Fe	-0,08	0,41	-0,61	-0,07	-0,29	-0,48	-0,44	-0,01	0,61	0,36	0,19	-0,07
Mg	-0,92	0,12	0,08	0,09	0,01	-0,05	-0,92	0,14	-0,20	-0,14	0,14	-0,06
K	-0,26	0,33	-0,68	-0,09	-0,04	0,31	-0,19	-0,28	-0,41	0,17	-0,65	0,37
P	-0,94	0,06	0,10	0,06	-0,05	-0,14	-0,94	0,11	-0,23	-0,06	0,08	0,07
Sr	-0,56	0,11	0,31	-0,16	-0,25	0,09	-0,63	-0,11	-0,06	0,36	-0,31	-0,33
Ba	-0,48	0,02	0,34	-0,10	0,25	-0,02	-0,40	0,02	-0,06	-0,73	-0,01	0,14
Na	-0,55	0,13	-0,37	0,26	0,16	0,53	-0,46	0,23	0,54	0,25	-0,40	0,09
Ca	-0,91	0,03	0,15	0,13	-0,05	-0,17	-0,92	0,12	-0,24	-0,08	0,05	0,05
wiek	0,24	0,00	-0,23	-0,14	0,09	-0,11	0,48	0,32	0,33	-0,06	0,05	-0,02



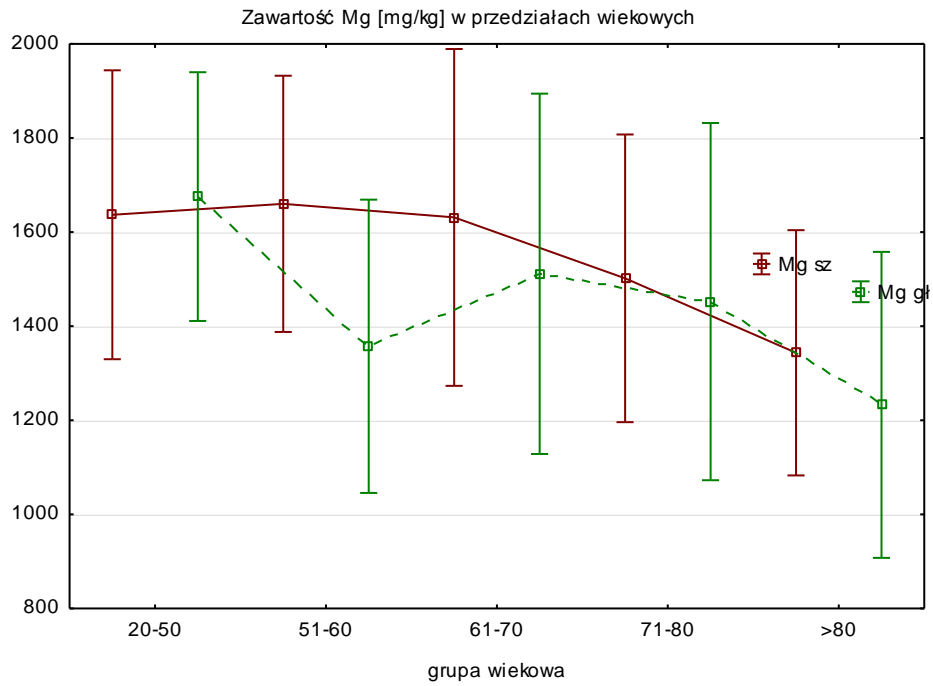
Ryc. 16. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na miejsce zamieszkania. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynnn. 1, Czynnn. 2) u mieszkańców miast i wsi.

4.2.6 Wiek

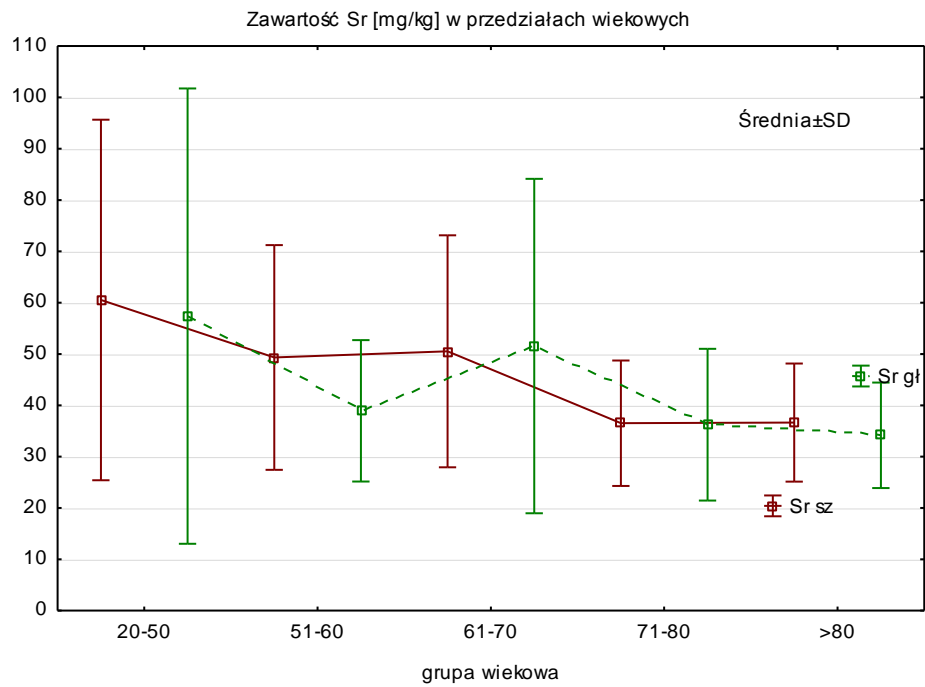
Stwierdzono istotne zmniejszenie zawartości pierwiastków strukturalnych (Ca, P, Mg) wraz z wiekiem w głowie kości udowej (test Kruskala-Wallisa: $p < 0,05$). Wykazano także istotnie statystycznie zmniejszenie zawartości Sr wraz z wiekiem wyłącznie w szyjce kości udowej (test Kruskala-Wallisa: $p < 0,05$). Zawartość Pb nieznacznie zwiększała się z wiekiem (różnice nieistotne statystycznie) (Ryc. 17-21).



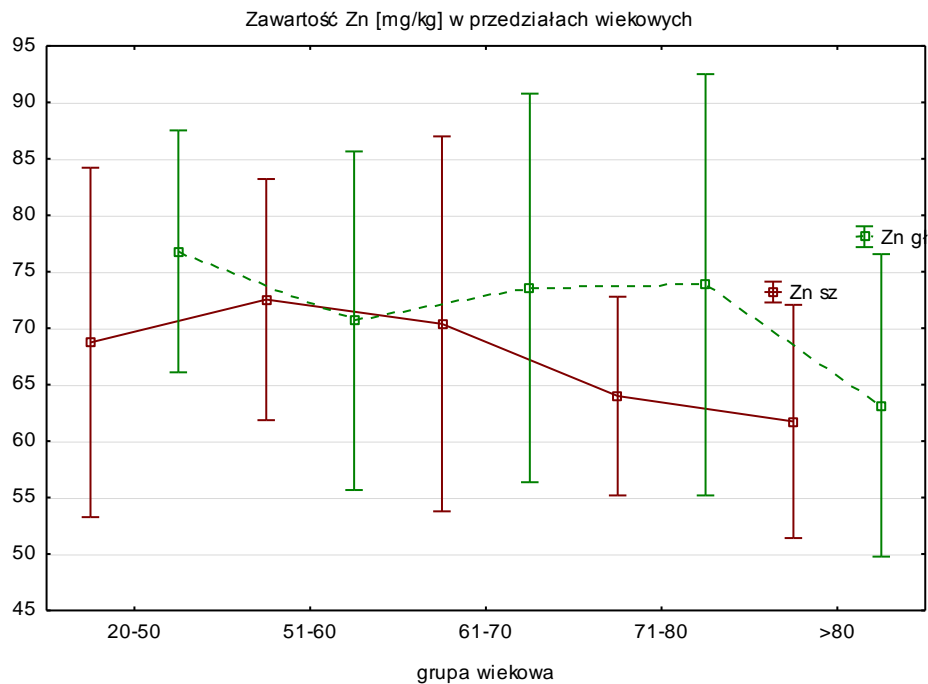
Ryc. 17 Zestawienie wartości średniej i odchylenia standardowego zawartości Ca i P w głowie i szyjce kości udowej w grupach wiekowych dla wszystkich pacjentów (N=96).



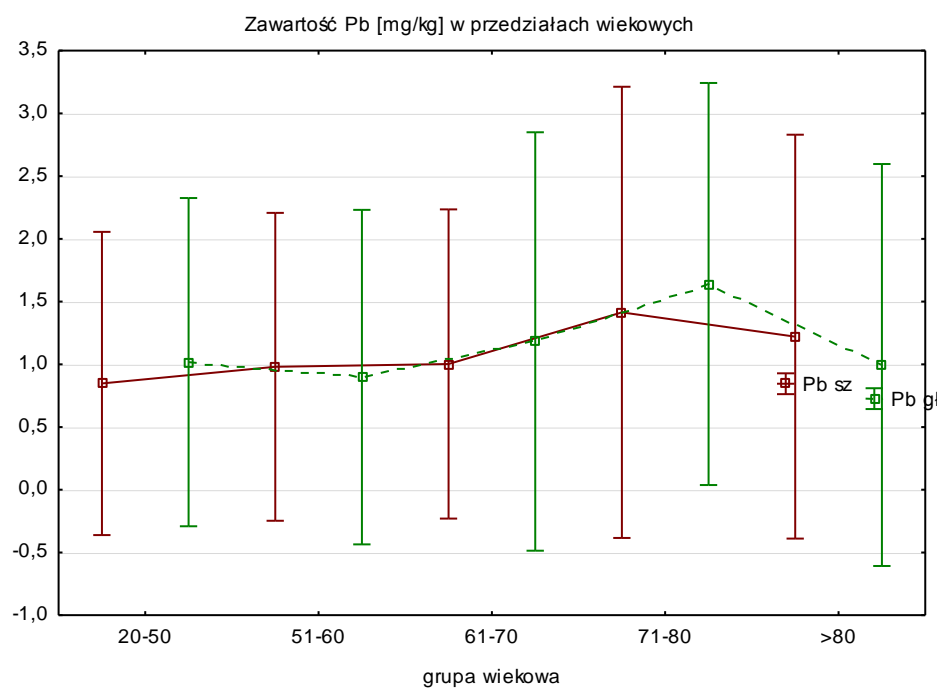
Ryc. 18 Zestawienie wartości średniej i odchylenia standardowego zawartości Mg w głowie i szyjce kości udowej w grupach wiekowych dla wszystkich pacjentów (N=96).



Ryc. 19 Zestawienie wartości średniej i odchylenia standardowego zawartości Sr w głowie i szyjce kości udowej w grupach wiekowych dla wszystkich pacjentów (N=96).



Ryc. 20 Zestawienie wartości średniej i odchylenia standardowego zawartości Zn w głowie i szyjce kości udowej w grupach wiekowych dla wszystkich pacjentów (N=96).



Ryc. 21 Zestawienie wartości średniej i odchylenia standardowego zawartości Pb w głowie i szyjce kości udowej w grupach wiekowych dla wszystkich pacjentów (N=96).

4.2.7 Aktywność fizyczna

Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy zawartością pierwiastków w głowie i szyjce kości udowej w zależności od aktywności fizycznej (Tabela 33).

Tabela 33. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na aktywność fizyczną. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)

Pierwiastek		Głowa kości udowej			Szyjka kości udowej		
		Tak (n=22)	Nie (n=74)	M-W	Tak (n=22)	Nie (n=74)	M-W
Mo	AM±SD	0,4±0,5	0,6±0,6	NS	0,8±0,6	0,7±0,7	NS
	Med (przedz.)	0,18 (0,18-0,18)	0,18 (0,18-1,2)		0,54 (0,18-1,33)	0,18 (0,18-1,42)	
	CV	130,9	100,1		82,2	96,4	
Cr	AM±SD	1,6±2,4	1,2±2,2	NS	1,2±1,8	1,5±1,7	NS
	Med (przedz.)	0,94 (0,12-1,7)	0,45 (0,12-1,5)		0,55 (0,12-1,19)	0,88 (0,24-1,91)	
	CV	149,5	176,5		148,4	113,8	
Zn	AM±SD	73,7±16,2	71,6±16	NS	65,2±10,6	69,7±14	NS
	Med (przedz.)	74,64 (60,06-87,98)	67,21 (60,27-82,31)		62,99 (56,59-70,51)	67,3 (59,09-76,86)	
	CV	22	22,4		16,2	20,1	
Pb	AM±SD	1,1±1,4	1,2±1,6	NS	1±1,3	1,1±1,4	NS
	Med (przedz.)	0,32 (0,32-1,65)	0,32 (0,32-1,64)		0,32 (0,32-0,32)	0,32 (0,32-1,57)	
	CV	124,4	134,3		138,6	125,2	
Cu	AM±SD	0,9±0,7	0,9±0,9	NS	0,7±1,3	1±1,1	NS
	Med (przedz.)	0,76 (0,04-1,38)	0,87 (0,04-1,5)		0,21 (0,04-0,83)	0,8 (0,04-1,44)	
	CV	79,8	101		196	115,3	
Ni	AM±SD	0,4±0,8	0,7±1,4	NS	0,9±3	0,7±2,1	NS
	Med (przedz.)	0,03 (0,03-0,39)	0,03 (0,03-0,8)		0,03 (0,03-0,4)	0,03 (0,03-0,51)	
	CV	216,8	203,3		313,9	278,1	
Fe	AM±SD	123,2±96	124,8±109,6	NS	97,5±68,1	141,6±153,2	NS
	Med (przedz.)	91,45 (45,36-171,83)	91,14 (55,1-137,67)		76,73 (43,47-164,75)	99,31 (63,4-152,27)	
	CV	77,9	87,9		69,8	108,2	
Mg	AM±SD	1538,4±379,8	1419,5±350,8	NS	1564,1±260,6	1592,3±337,3	NS
	Med (przedz.)	1534,18 (1183,17-1910,5)	1352,88 (1133,08-1644,56)		1582,95 (1376,93-1689,9)	1595,28 (1372,67-1827,9)	
	CV	24,7	24,7		16,7	21,2	
K	AM±SD	1096,5±1222,4	766,8±395,9	NS	1122,9±1859,1	927,3±822,8	NS
	Med (przedz.)	793,2 (580-1039,6)	642,12 (504,85-960)		712,12 (470,59-930,69)	635 (504,85-1090)	
	CV	111,5	51,6		165,6	88,7	
P	AM±SD	67485,3±18274,6	61307,1±16162,9	NS	69851±16834,9	70890,5±18789,6	NS
	Med (przedz.)	67465,76 (53816-79484)	57085,21 (47872,9-73190,1)		66970,1 (57724,75-77249,02)	70932,19 (57708-84699,01)	
	CV	27,1	26,4		24,1	26,5	
Sr	AM±SD	47,5±33,2	42,9±24,3	NS	50,7±26,2	46,2±21,6	NS
	Med (przedz.)	37,54 (25,81-50,38)	36,23 (26,16-49,08)		45,24 (34,39-52,54)	42,39 (30,53-56,27)	
	CV	70	56,5		51,7	46,8	
Ba	AM±SD	2,4±1,7	2,5±1,7	NS	2,2±1,1	2,5±1,4	NS
	Med (przedz.)	1,98 (1,52-2,37)	2,1 (1,45-3,14)		1,98 (1,41-2,78)	2,39 (1,38-3,23)	
	CV	72,7	66,9		51,1	54,5	

Na	AM±SD Med (przedz.) CV	5553,1±859,8 5763,05 (5047,82-6100,2) 15,5	5440,8±1096,7 5393,71 (4627,28-6308,93) 20,2	NS	4758±901,4 4609,06 (4032,57-5295,85) 18,9	4658,4±884,5 4691,39 (4012,97-5282,23) 19	NS
Ca	AM±SD Med (przedz.) CV	147206±40182,5 148251 (114764-174700) 27,3	133583,9±34566,2 127633 (104630-158906) 25,9	NS	153568,1±38579,1 145490 (124578-174880) 25,1	158295,7±41180,1 154977 (128094-187160) 26	NS

W szyjce kości udowej u pacjentów nieaktywnych fizycznie stwierdzono dodatnią korelację Ni/Cr (0,35), Cu/Cr (0,26) i ujemną Mo/Pb (-0,31). Brak aktywności fizycznej przyczyniał się do utraty elementów strukturalnych z szyjki kości udowej (Ca, P, Mg, Zn, Na, Sr) wraz z wiekiem. Z kolei u aktywnych fizycznie utrata elementów strukturalnych z wiekiem występowała w głowie kości udowej i dotyczyła tylko Ca i P z jednoczesnym odkładaniem Fe z wiekiem (0,46) (Tabela 34, Tabela 35).

Tabela 34. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na aktywność fizyczną; * istotne statystycznie

Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
Szyjka kości udowej								brak aktywności fizycznej							
Mo		0,14	-0,15	-0,31*	-0,11	-0,04	0,07	-0,09	-0,08	0,00	-0,09	0,05	-0,03	0,04	-0,01
Cr	-0,04		-0,07	-0,18	0,26*	0,35*	0,32*	-0,10	0,29*	-0,25*	-0,08	-0,04	-0,05	-0,20	-0,04
Zn	-0,09	-0,15		0,22	-0,17	-0,25*	-0,17	0,72*	0,10	0,62*	0,41*	0,20	0,68*	0,60*	-0,27*
Pb	-0,30	-0,26	0,33		0,07	-0,03	-0,10	0,26*	-0,05	0,18	0,14	-0,13	0,28*	0,18	0,07
Cu	-0,43*	0,07	-0,03	0,28		0,56*	0,33*	-0,33*	0,08	-0,47*	-0,17	-0,19	-0,25*	-0,46*	0,15
Ni	0,03	0,07	0,24	0,18	0,63*		0,12	-0,36*	0,07	-0,48*	-0,02	-0,12	-0,27*	-0,40*	0,00
Fe	-0,23	0,44*	-0,20	-0,31	0,21	0,18		-0,16	0,21	-0,23*	-0,26*	-0,07	-0,01	-0,20	-0,03
Mg	-0,36	-0,06	0,76*	0,27	-0,02	0,08	-0,26		-0,04	0,88*	0,47*	0,37*	0,81*	0,84*	-0,33*
K	0,12	0,16	-0,34	-0,33	-0,33	-0,44*	0,44*	-0,39		-0,16	-0,01	-0,22	0,14	-0,14	0,13
P	-0,39	-0,07	0,65*	0,25	-0,13	-0,04	-0,18	0,94*	-0,30		0,43*	0,33*	0,79*	0,95*	-0,38*
Sr	0,20	0,00	0,24	0,05	0,06	0,27	0,00	0,20	-0,16	0,21		0,33*	0,44*	0,42*	-0,38*
Ba	-0,05	-0,20	0,27	0,51*	-0,27	-0,28	-0,36	0,37	0,08	0,40	0,29		0,19	0,29*	-0,22
Na	-0,23	-0,16	0,52*	0,07	-0,31	-0,18	-0,02	0,71*	-0,07	0,84*	0,22	0,32		0,75*	-0,26*
Ca	-0,41	-0,05	0,61*	0,23	-0,14	0,00	-0,13	0,91*	-0,29	0,98*	0,19	0,39	0,82*		-0,38*
wiek	-0,03	-0,09	0,11	0,13	0,08	-0,04	-0,17	0,23	-0,28	0,27	0,03	-0,04	0,10	0,21	
aktywność fizyczna															

Tabela 35. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na aktywność fizyczną; * istotne statystycznie

Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	wiek
Głowa kości udowej								brak aktywności fizycznej							
Mo		-0,04	0,10	0,05	-0,20	-0,15	0,15	0,11	0,11	0,12	-0,01	-0,06	-0,12	0,06	x
Cr	-0,13		-0,05	-0,19	0,37*	0,16	0,38*	0,03	0,19	0,07	-0,03	0,09	0,11	0,03	0,00
Zn	0,10	0,03		0,05	-0,13	-0,18	0,19	0,79*	0,15	0,80*	0,50*	0,42*	0,53*	0,77*	0,05
Pb	-0,06	-0,05	0,21		-0,05	-0,01	0,03	-0,05	0,00	-0,06	-0,12	-0,03	0,16	-0,03	-0,05
Cu	-0,33	0,61*	0,02	0,12		0,44*	0,08	-0,08	0,19	-0,13	-0,08	-0,16	0,01	-0,14	0,12
Ni	0,00	0,20	0,11	-0,01	0,45*		-0,21	-0,19	-0,34*	-0,14	-0,16	0,07	-0,26*	-0,16	0,03
Fe	-0,29	0,24	-0,11	0,00	0,44*	-0,04		0,11	0,29*	0,16	0,04	0,00	0,16	0,10	-0,05
Mg	-0,02	0,18	0,79*	0,45*	0,10	0,12	-0,10		0,22	0,91*	0,59*	0,48*	0,48*	0,87*	0,05
K	0,07	0,19	-0,12	0,10	0,32	0,04	0,44*	0,09		0,12	0,26*	-0,13	0,50*	0,06	-0,04
P	0,00	-0,08	0,80*	0,26	-0,20	-0,05	-0,20	0,90*	-0,12		0,55*	0,50*	0,48*	0,95*	0,06
Sr	0,19	-0,27	0,52*	0,13	-0,10	0,33	-0,36	0,51*	0,18	0,55*		0,38*	0,48*	0,55*	-0,05
Ba	0,13	-0,02	0,33	0,38	0,01	0,00	-0,18	0,54*	0,36	0,52*	1,00		0,20	0,44*	-0,13
Na	-0,08	0,24	0,18	0,35	0,05	0,10	-0,15	0,22	0,12	0,37	0,40	0,31		0,43*	-0,08
Ca	0,00	-0,03	0,82*	0,32	-0,13	-0,04	-0,18	0,92*	-0,08	0,13	-0,05	0,39	0,17		-0,13
wiek	0,00	0,42	-0,39	-0,05	0,37	-0,02	0,46*	-0,36	0,30	-0,59*	-0,34	-0,14	0,11	-0,55*	
aktywność fizyczna															

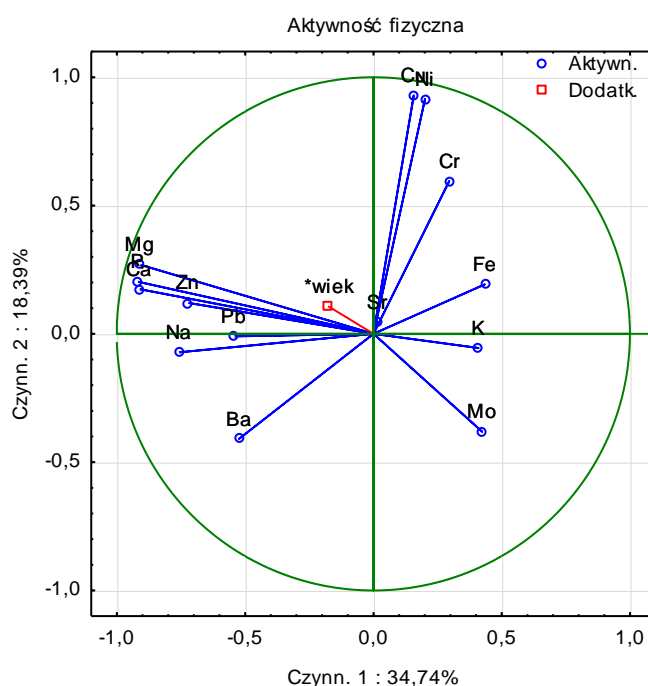
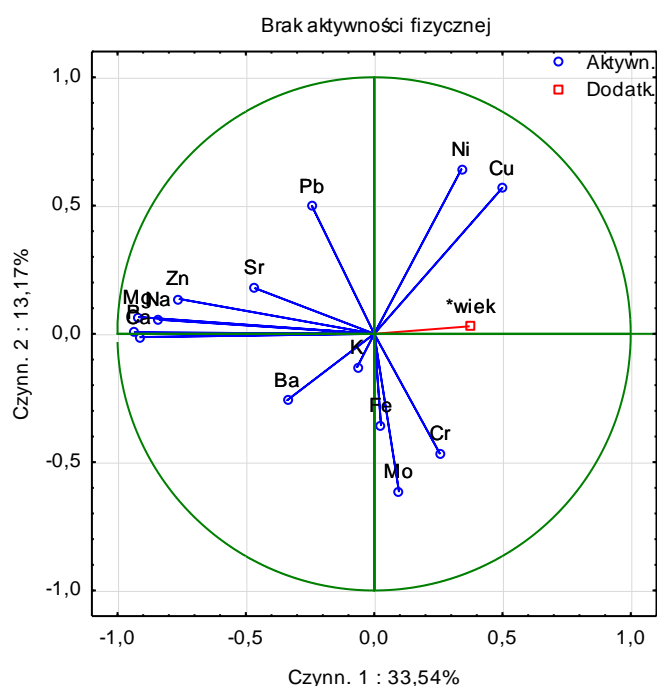
Analiza składowych głównych (PCA) wykazała, że nie było różnic między osobami aktywnymi i nieaktywnymi fizycznie w przypadku pierwszego czynnika, podobnie jak w całej grupie najsilniej skorelowany był z pierwiastkami Ca, P, Na, Mg i Zn, natomiast drugi czynnik z Cu i Ni. Stężenie Cu w szyjce kości udowej u osób aktywnych fizycznie było charakteryzowane przez pierwszy i trzeci czynnik.

Czynniki opisujące Cr, Cu i Ni w głowie kości udowej miały wartości przeciwne u osób aktywnych i nieaktywnych fizycznie.

Uwagę zwraca stężenie Ba, które u aktywnych fizycznie opisywane jest przez czynnik pierwszy (Tabela 36, Ryc. 22, Tabela 37, Ryc. 23).

Tabela 36. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na aktywność fizyczną

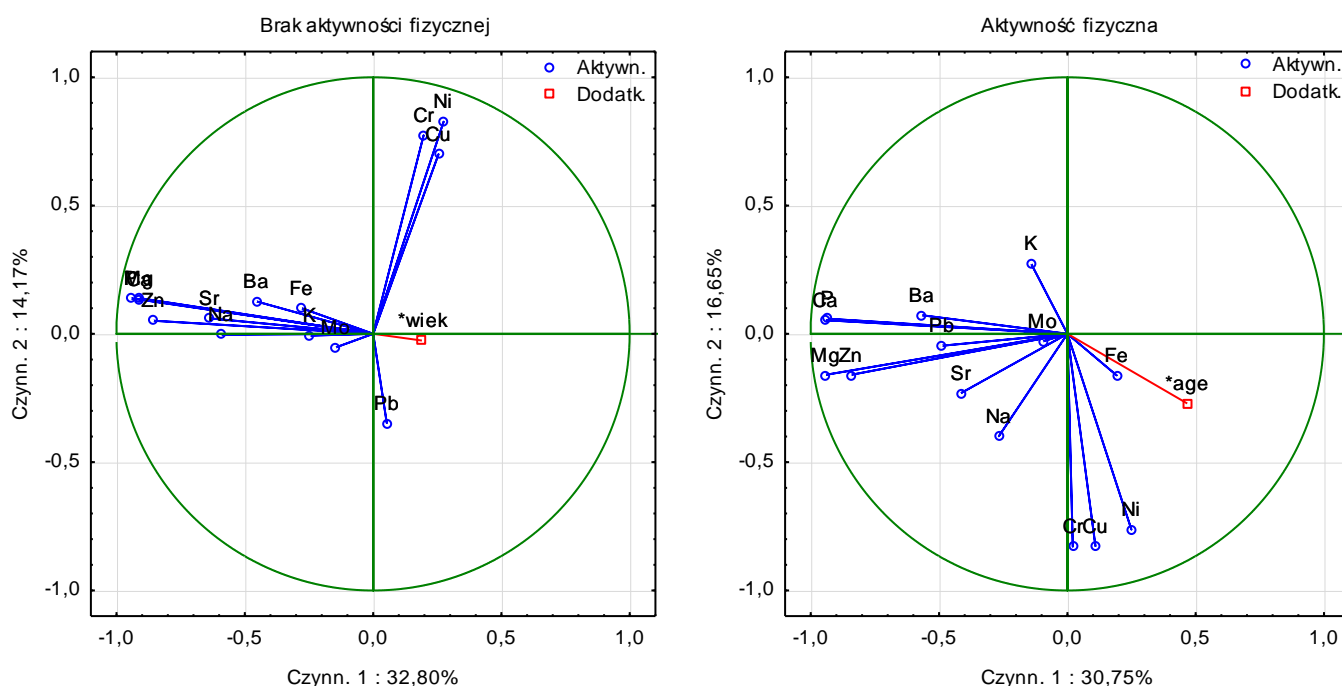
Pierw.	Brak aktywności fizycznej						Aktywność fizyczna					
	Czynnik						Czynnik					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	0,10	-0,61	-0,19	-0,12	-0,34	-0,44	0,42	-0,38	0,45	0,49	-0,24	-0,34
Cr	0,26	-0,47	-0,47	0,28	-0,06	0,20	0,30	0,60	0,52	0,17	0,09	0,17
Zn	-0,76	0,14	-0,06	0,23	-0,04	0,02	-0,72	0,12	0,37	0,03	-0,05	-0,45
Pb	-0,24	0,50	0,21	0,26	0,39	0,03	-0,54	-0,01	-0,12	0,02	0,68	-0,22
Cu	0,50	0,57	-0,52	0,13	-0,04	-0,06	0,16	0,93	-0,21	0,05	0,09	-0,18
Ni	0,34	0,64	-0,54	-0,05	-0,27	-0,08	0,20	0,92	-0,12	0,20	-0,01	-0,16
Fe	0,03	-0,36	-0,55	0,37	0,44	-0,09	0,43	0,19	0,45	-0,68	0,14	0,16
Mg	-0,92	0,07	-0,15	0,08	0,04	0,04	-0,91	0,27	0,15	0,04	-0,05	0,02
K	-0,07	-0,13	0,18	0,64	-0,51	0,38	0,41	-0,06	0,76	-0,32	0,19	-0,22
P	-0,94	0,01	-0,04	-0,07	-0,05	-0,14	-0,92	0,20	0,15	-0,07	-0,10	0,16
Sr	-0,47	0,18	-0,22	-0,40	-0,39	0,24	0,01	0,05	0,53	0,60	0,14	0,41
Ba	-0,34	-0,26	-0,35	-0,45	0,27	0,50	-0,52	-0,41	0,05	0,16	0,50	0,01
Na	-0,84	0,06	-0,19	0,27	-0,03	-0,14	-0,76	-0,07	0,25	-0,18	-0,37	-0,09
Ca	-0,92	-0,01	-0,06	-0,06	-0,05	-0,19	-0,91	0,17	0,12	-0,07	-0,11	0,20
Wiek	0,37	0,03	0,24	0,12	0,11	-0,05	-0,18	0,11	-0,13	0,21	-0,08	-0,21



Ryc. 22. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na aktywność fizyczną. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u osób aktywnych i nieaktywnych fizycznie.

Tabela 37. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na aktywność fizyczną

Pierw.	Brak aktywności fizycznej						Aktywność fizyczna					
	Czynnik						Czynnik					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	-0,15	-0,05	0,01	0,83	0,42	0,22	-0,10	-0,03	-0,76	-0,39	0,08	0,29
Cr	0,20	0,77	0,03	0,26	0,17	0,04	0,02	-0,83	-0,31	-0,21	-0,14	0,23
Zn	-0,86	0,05	0,05	-0,11	0,13	-0,04	-0,84	-0,16	-0,04	0,23	-0,16	0,17
Pb	0,05	-0,35	0,16	-0,37	0,79	-0,07	-0,49	-0,05	0,50	-0,47	0,26	-0,20
Cu	0,25	0,70	0,34	-0,26	0,04	-0,04	0,11	-0,83	0,33	0,05	0,33	-0,02
Ni	0,27	0,83	-0,16	-0,14	0,15	0,08	0,25	-0,76	-0,14	0,23	0,19	-0,29
Fe	-0,28	0,10	0,58	0,31	-0,05	-0,65	0,19	-0,16	0,55	0,12	0,29	0,66
Mg	-0,91	0,14	-0,09	-0,04	0,08	0,05	-0,94	-0,16	0,06	0,14	0,06	-0,01
K	-0,25	-0,01	0,77	0,11	-0,09	0,41	-0,14	0,27	-0,50	-0,20	0,64	0,21
P	-0,94	0,14	-0,11	0,01	0,04	-0,07	-0,93	0,06	0,03	0,21	-0,07	0,13
Sr	-0,64	0,06	-0,08	0,13	-0,22	0,10	-0,42	-0,23	-0,52	0,35	0,16	-0,28
Ba	-0,46	0,13	-0,56	-0,03	0,02	0,02	-0,57	0,07	0,18	-0,55	0,27	-0,30
Na	-0,59	-0,00	0,48	-0,35	-0,04	0,22	-0,27	-0,40	0,02	-0,62	-0,49	0,09
Ca	-0,91	0,14	-0,15	-0,06	0,04	-0,09	-0,94	0,05	0,07	0,20	-0,04	0,11
Wiek	0,19	-0,03	0,11	-0,04	0,09	0,02	0,47	-0,27	0,29	-0,26	-0,05	0,22



Ryc. 23. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na aktywność fizyczną. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u osób aktywnych i nieaktywnych fizycznie.

4.2.8 Rodzaj zmian zwyrodnieniowych

Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy zawartością pierwiastków w głowie i szyjce kości udowej w zależności od rodzaju zmian zwyrodnieniowych (idiopatycznych lub wtórnych) (Tabela 38).

Tabela 38. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)

Pierwiastek		Głowa kości udowej			Szyjka kości udowej		
Zmiany zwyrodnieniowe		Wtórne (n=42)	Pierwotne (n=54)	M-W	Wtórne (n=42)	Pierwotne (n=54)	M-W
Mo	AM±SD	0,64±0,66	0,5±0,54	NS	0,79±0,66	0,69±0,7	NS
	Med (przedz.)	0,18 (0,18-1,38)	0,18 (0,18-1,07)		0,42 (0,18-1,4)	0,18 (0,18-1,33)	
	CV	102,47	108,02		83,25	101,39	
Cr	AM±SD	1,52±2,32	1,19±2,2	NS	1,61±2	1,31±1,5	NS
	Med (przedz.)	0,49 (0,12-1,83)	0,47 (0,12-1,5)		0,88 (0,12-2,28)	0,8 (0,24-1,44)	
	CV	152,68	185,1		123,89	114,63	
Zn	AM±SD	72,71±17,03	71,61±15,3	NS	68,83±12,63	68,6±14,05	NS
	Med (przedz.)	73,87 (56,75-87,98)	67,21 (60,27-82,1)		67,79 (59,09-75,45)	64,91 (57,56-76,51)	
	CV	23,42	21,37		18,34	20,48	
Pb	AM±SD	1,07±1,47	1,21±1,55	NS	0,96±1,23	1,17±1,48	NS
	Med (przedz.)	0,32 (0,32-1,17)	0,32 (0,32-1,65)		0,32 (0,32-1,33)	0,32 (0,32-1,66)	
	CV	137,79	128,11		127,54	126,91	
Cu	AM±SD	1±0,88	0,84±0,88	NS	1,09±1,53	0,73±0,72	NS
	Med (przedz.)	0,93 (0,04-1,45)	0,64 (0,04-1,54)		0,75 (0,04-1,44)	0,68 (0,04-1,09)	
	CV	88,68	104,18		139,37	99,41	
Ni	AM±SD	0,58±1,36	0,61±1,19	NS	1,23±3,2	0,44±1,05	NS
	Med (przedz.)	0,03 (0,03-0,69)	0,03 (0,03-0,71)		0,03 (0,03-0,96)	0,03 (0,03-0,41)	
	CV	233,3	193,56		260,49	238,46	
Fe	AM±SD	119,59±97,92	128,17±112,96	NS	116,13±131,57	143,48±145,08	NS
	Med (przedz.)	93,96 (54,29-131,18)	89,54 (54,54-146,02)		80,38 (49,95-127,74)	115,76 (56,15-164,58)	
	CV	81,88	88,13		113,29	101,11	
Mg	AM±SD	1485,2±349,6	1416,9±366,9	NS	1597,3±337	1576,9±309,5	NS
	Med (przedz.)	1534,2 (1219,4-1784,7)	1323,6 (1112,2-1671,7)		1621,7 (1399,2-1865,9)	1587,2 (1372,7-1740,4)	
	CV	23,5	25,9		21,1	19,6	
K	AM±SD	1008,5±968,3	713,1±280,1	NS	1013±1515,4	940,3±731,7	NS
	Med (przedz.)	790,3 (524,8-1140)	629,3 (504,9-891,1)		585 (435,6-950)	724,2 (570-1138,6)	
	CV	96	39,3		149,6	77,8	
P	AM±SD	65476,4±18684,8	60581,5±14953,4	NS	71671±21448,5	69860±15542,8	NS
	Med (przedz.)	64984 (49736-79484)	58148,4 (47526,7-70194,1)		69887 (57708-90919,6)	69132,4 (57827,5-82266)	
	CV	28,5	24,7		29,9	22,2	
Sr	AM±SD	47,52±29,16	41,23±24,07	NS	51,42±26,33	44,04±19,04	NS
	Med (przedz.)	40,4 (26,16-58,71)	36,11 (25,81-46,36)		45,1 (31,42-62,84)	40,61 (33,01-51,25)	
	CV	61,36	58,37		51,21	43,24	

Ba	AM±SD	2,49±1,71	2,46±1,67	NS	2,37±1,27	2,45±1,33	NS
	Med (przedz.)	2,17 (1,47-3,16)	2,07 (1,46-2,97)		2,28 (1,38-3,23)	2,22 (1,4-3,21)	
	CV	68,47	67,96		53,82	54,5	
Na	AM±SD	5584,8±1086,9	5374,5±1009,9	NS	4814,4±1064	4577,6±708,5	NS
	Med (przedz.)	5534,7 (5047,8-6100,2)	5309,6 (4486,4-6217,9)		4795,2 (3836,6-5637,6)	4608,2 (4032,6-5178,9)	
	CV	19,5	18,8		22,1	15,5	
Ca	AM±SD	142625,6±40441,6	132101,3±32097,5	NS	156915,2±47412,4	157443,3±34547,2	NS
	Med (przedz.)	142651 (106666-174294)	124915 (104148-151346)		149014 (123892-200640)	154832 (126286-183992)	
	CV	28,4	24,3		30,2	21,9	

U chorych z pierwotnymi zmianami zwyrodnieniowymi obserwowano zmniejszenie zawartości Ni wraz z wiekiem w głowie kości udowej (-0,28) i zmniejszenie zawartości Ca w szyjce kości udowej (-0,29). Wtórne zmiany zwyrodnieniowe charakteryzowały się utratą Ca i P z głowy kości udowej i Sr z szyjki kości udowej wraz z wiekiem oraz odkładaniem żelaza (0,49) w głowie kości udowej z wiekiem. W pierwotnej chorobie zwyrodnieniowej wykazano dodatnie korelacje Fe/Cr i Pb/Zn, natomiast we wtórnych zmianach zaobserwowano ujemne korelacje Cu z Ca i P zarówno w szyjce, jak i głowie kości udowej.

W szyjce kości udowej chorych z wtórnymi zwyrodnieniami stwierdzono ujemne korelacje Fe z Ca (-0,31), P (-0,32) i Mg (-0,31) oraz Pb (-0,32), natomiast u chorych z pierwotnymi zmianami zwyrodnieniowymi stwierdzono słabe korelacje: Pb/Ca (0,32), Pb/P (0,34), Pb/Mg (0,37) i Pb/Zn (0,35) (Tabela 39, Tabela 40).

Tabela 39. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych; * istotne statystycznie

Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	Wiek
Szyjka kości udowej								Pierwotne zmiany zwyrodnieniowe							
Mo		0,24	-0,22	-0,27	-0,05	0,05	0,04	-0,20	0,00	-0,11	-0,08	0,07	-0,07	-0,03	-0,06
Cr	-0,05		-0,20	-0,10	0,33*	0,28*	0,43*	-0,19	0,16	-0,37*	-0,20	-0,11	-0,18	-0,25	0,04
Zn	0,00	-0,27		0,35*	-0,09	-0,27	-0,21	0,75*	0,02	0,70*	0,42*	0,33*	0,61*	0,67*	-0,22
Pb	-0,38*	0,20	0,12		-0,03	-0,07	-0,03	0,37*	0,04	0,34*	0,08	-0,05	0,42*	0,32*	0,07
Cu	-0,35*	0,35*	-0,17	0,33*		0,49*	0,27*	-0,13	0,07	-0,29*	0,05	-0,07	-0,21	-0,26	0,10
Ni	-0,13	0,36*	-0,08	0,11	0,63*		0,19	-0,33*	0,01	-0,41*	0,06	-0,07	-0,30*	-0,25	0,02
Fe	-0,10	-0,02	-0,15	-0,32*	0,47*	0,19		-0,09	0,32*	-0,19	-0,17	-0,19	0,04	-0,12	0,02
Mg	-0,11	0,35*	0,76*	0,15	-0,39*	-0,27	-0,31*		-0,19	0,89*	0,33*	0,36*	0,73*	0,83*	-0,26
K	0,02	-0,07	0,02	-0,32*	-0,08	-0,05	0,16	-0,03		-0,28*	-0,12	-0,23	0,05	-0,27*	0,20
P	-0,08	0,06	0,57*	0,05	-0,50*	-0,38*	-0,32*	0,88*	-0,07		0,31*	0,34*	0,78*	0,91*	-0,27
Sr	0,02	-0,04	0,29	0,17	-0,35*	-0,06	-0,21	0,47*	0,10	0,47*		0,38*	0,28*	0,29*	-0,16
Ba	-0,01	-0,04	0,12	0,09	-0,35*	-0,27	-0,10	0,37*	-0,09	0,32*	0,25		0,26	0,27*	-0,01
Na	-0,04	-0,07	0,72*	0,02	-0,32*	-0,24	-0,11	0,82*	0,22	0,78*	0,51*	0,16		0,69*	-0,05
Ca	-0,10	-0,03	0,60*	0,08	-0,48*	-0,37*	-0,31*	0,90*	-0,08	0,99*	0,47*	0,34*	0,79*		-0,29*
Wiek	0,07	0,04	-0,06	0,19	0,24	0,07	-0,17	-0,11	-0,19	-0,19	-0,33*	-0,27	-0,28	-0,21	
Wtórne zmiany zwyrodnieniowe															

Tabela 40. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych; * istotne statystycznie

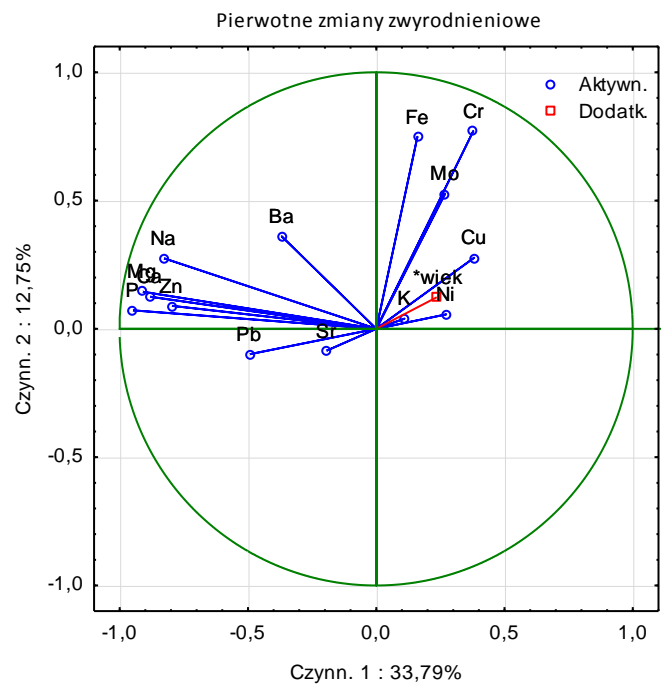
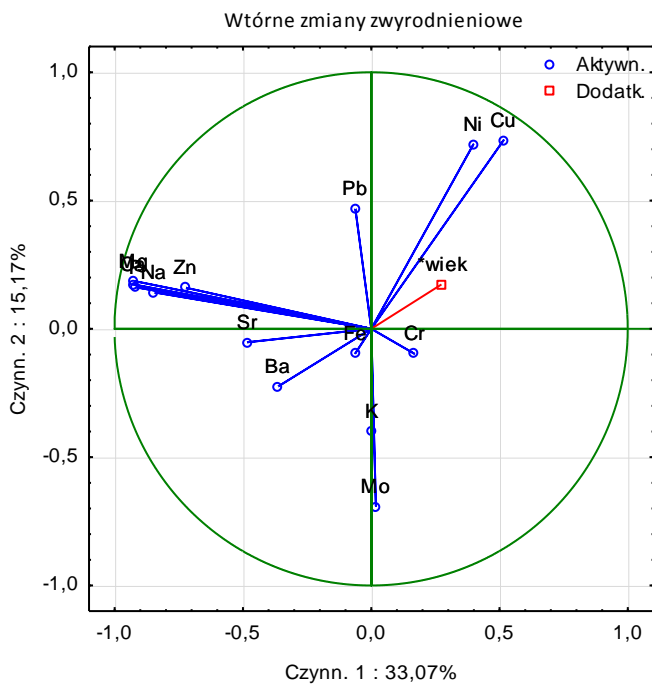
Pierw.	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca	Wiek
Głowa kości udowej								Pierwotne zmiany zwyrodnieniowe							
Mo		-0,09	-0,01	0,00	-0,23	0,04	0,06	-0,13	-0,19	0,01	-0,21	-0,02	-0,27*	-0,05	0,08
Cr	-0,05		-0,01	-0,33*	0,42*	0,16	0,40*	0,08	0,15	0,12	0,04	0,12	0,01	0,07	0,01
Zn	0,21	-0,05		0,03	-0,06	-0,11	0,00	0,77*	0,12	0,78*	0,55*	0,50*	0,41*	0,74*	-0,20
Pb	0,04	0,08	0,16		-0,11	0,02	-0,13	-0,02	0,03	-0,07	-0,04	0,02	0,27*	-0,04	-0,09
Cu	-0,18	0,41*	-0,19	0,13		0,36*	0,12	0,05	0,31*	-0,01	0,06	-0,09	0,01	-0,05	-0,18
Ni	-0,22	0,19	-0,20	-0,08	0,58*		-0,19	-0,05	-0,25	-0,03	-0,06	0,12	-0,19	-0,06	-0,28*
Fe	0,08	0,25	0,32*	0,23	0,14	-0,18		-0,04	0,28*	0,05	-0,03	-0,12	0,00	-0,05	0,13
Mg	0,22	0,04	0,82*	0,20	-0,20	-0,25	0,14		0,22	0,92*	0,67*	0,55*	0,32*	0,87*	-0,08
K	0,28	0,18	0,11	0,06	0,05	-0,31*	0,30	0,10		0,13	0,20	-0,08	0,49*	0,05	-0,04
P	0,10	-0,07	0,81*	0,13	-0,34*	-0,25	0,14	0,91*	0,02		0,56*	0,55*	0,32*	0,93*	-0,03
Sr	0,26	-0,24	0,47*	-0,03	-0,29	-0,07	-0,03	0,50*	0,27	0,54*		0,49*	0,32*	0,56*	-0,08
Ba	-0,01	-0,03	0,28	0,14	-0,15	-0,02	0,06	0,40*	-0,02	0,38*	0,30		0,21	0,48*	0,07
Na	-0,02	0,25	0,50*	0,14	0,01	-0,20	0,27	0,44*	0,40*	0,44*	0,39*	0,24		0,24	-0,24
Ca	0,07	-0,08	0,79*	0,17	-0,32*	-0,24	0,11	0,91*	0,01	0,99*	0,53*	0,38*	0,43*		0,02
Wiek	-0,01	0,30	-0,13	0,22	0,49*	0,28	0,12	-0,26	0,30	-0,37*	-0,19	-0,18	0,16	-0,37*	
Wtórne zmiany zwyrodnieniowe															

W wykonanej analizie składowych głównych (PCA) nie wykazano różnic między rodzajem zmian zwyrodnieniowych w przypadku czynnika pierwszego i podobnie jak w całej grupie najsilniej był on skorelowany z pierwiastkami Ca, P, Na, Mg i Zn. Dodatkowo w szyjce kości udowej pacjentów z pierwotnymi zmianami zwyrodnieniowymi Pb był opisywany przez pierwszą składową, co zostało potwierdzone przez wcześniejsze korelacje. W tej grupie zaburzony był także metabolizm Cu i Ni, które w odróżnieniu od pozostałych analizowanych grup nie zostały scharakteryzowane przez drugą składową. W tej grupie odmiennie od pozostałych drugi czynnik opisywał Fe, Mo i Cr.

Uwagę zwracają czynniki drugi i trzeci opisujące stężenie Mo, które przyjmują wartości przeciwne u chorych z pierwotną i wtórną chorobą zwyrodnieniową stawów biodrowych (Tabela 41, Ryc. 24, Tabela 42, Ryc. 25).

Tabela 41. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych

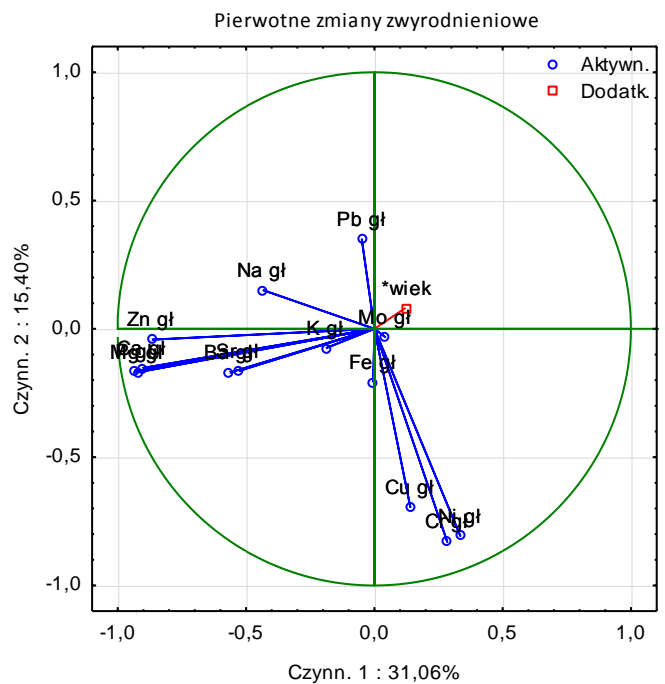
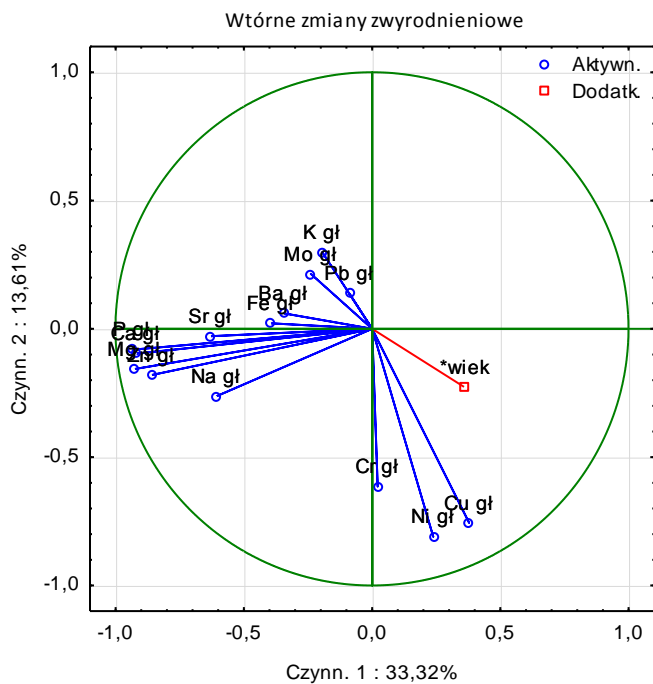
Pierw.	Wtórne zmiany zwyrodnieniowe						Pierwotne zmiany zwyrodnieniowe					
	Czynnik						Czynnik					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	0,02	-0,69	-0,21	-0,32	0,02	0,14	0,27	0,53	-0,05	-0,47	0,41	0,25
Cr	0,17	-0,10	-0,61	0,26	-0,49	0,00	0,38	0,77	-0,09	0,05	0,02	-0,10
Zn	-0,72	0,16	-0,28	-0,10	0,30	-0,14	-0,80	0,09	0,08	0,13	0,15	-0,11
Pb	-0,06	0,47	0,51	-0,06	-0,05	-0,62	-0,50	-0,10	-0,12	0,53	-0,06	0,28
Cu	0,52	0,73	-0,30	0,08	0,03	0,00	0,38	0,28	0,48	0,48	-0,18	0,33
Ni	0,40	0,72	-0,42	-0,06	-0,19	0,10	0,27	0,06	0,79	0,21	0,06	-0,01
Fe	-0,06	-0,09	-0,32	0,71	0,41	-0,10	0,16	0,75	-0,17	0,24	-0,22	-0,36
Mg	-0,93	0,19	-0,15	0,06	-0,02	0,08	-0,91	0,14	0,08	0,08	-0,08	0,05
K	0,00	-0,40	-0,55	-0,10	0,08	-0,60	0,11	0,04	-0,34	0,48	0,71	0,12
P	-0,92	0,16	-0,02	0,01	-0,08	0,13	-0,95	0,07	0,00	-0,10	0,04	0,04
Sr	-0,49	-0,05	-0,14	-0,22	-0,59	-0,19	-0,20	-0,09	0,72	-0,02	0,38	-0,39
Ba	-0,36	-0,23	0,34	0,64	-0,37	-0,07	-0,37	0,36	0,36	-0,35	-0,06	0,39
Na	-0,85	0,14	-0,16	-0,13	0,23	-0,02	-0,83	0,28	-0,13	0,12	-0,05	-0,08
Ca	-0,93	0,17	0,00	0,01	-0,06	0,14	-0,88	0,13	0,04	-0,10	0,04	-0,03
Wiek	0,27	0,17	0,16	-0,31	0,03	0,09	0,24	0,12	-0,21	0,13	-0,11	0,19



Ryc. 24. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych. Projektcja zmiennych (zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u chorych z wtórnymi i pierwotnymi zmianami zwyrodnieniowymi.

Tabela 42. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych

Pierw.	Wtórne zmiany zwyrodnieniowe						Pierwotne zmiany zwyrodnieniowe					
	Czynnik						Czynnik					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mo	0,04	-0,03	0,53	0,36	0,58	0,07	-0,24	0,21	-0,72	-0,20	-0,32	0,34
Cr	0,28	-0,83	0,02	-0,06	0,20	-0,14	0,02	-0,61	-0,41	-0,15	-0,35	0,26
Zn	-0,87	-0,04	-0,04	0,01	0,07	0,03	-0,86	-0,18	0,03	-0,06	0,12	0,09
Pb	-0,05	0,35	-0,27	-0,55	0,42	0,54	-0,09	0,14	0,35	-0,81	-0,11	0,11
Cu	0,14	-0,69	-0,46	-0,07	-0,12	0,25	0,38	-0,76	0,00	-0,29	0,04	-0,23
Ni	0,33	-0,81	0,16	-0,34	0,11	-0,01	0,24	-0,81	0,04	0,15	-0,10	-0,14
Fe	-0,00	-0,21	-0,44	0,68	0,14	0,32	-0,40	0,02	-0,31	-0,45	0,55	-0,15
Mg	-0,92	-0,17	-0,01	-0,01	0,00	-0,00	-0,93	-0,16	0,11	-0,01	-0,15	0,08
K	-0,19	-0,08	-0,75	0,10	0,02	-0,19	-0,19	0,30	-0,44	-0,07	-0,29	-0,69
P	-0,93	-0,17	0,05	0,12	0,12	-0,02	-0,94	-0,08	0,18	0,13	-0,00	0,03
Sr	-0,53	-0,16	0,18	-0,08	-0,54	0,30	-0,63	-0,03	-0,30	0,29	-0,06	-0,07
Ba	-0,57	-0,17	0,46	-0,22	0,10	-0,07	-0,35	0,06	0,43	-0,18	-0,54	-0,23
Na	-0,44	0,15	-0,57	-0,27	0,25	-0,34	-0,61	-0,26	-0,20	-0,08	0,30	-0,14
Ca	-0,91	-0,15	0,08	0,05	0,04	0,03	-0,92	-0,10	0,23	0,11	-0,01	0,02
Wiek	0,12	0,08	0,14	0,17	0,08	-0,09	0,36	-0,23	-0,11	-0,44	0,20	-0,03



Ryc. 25. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u chorych z wtórnymi i pierwotnymi zmianami zwyrodnieniowymi.

4.2.9 Ocena kliniczna

Czynniki kliniczne (BMI, NRS) i obraz radiologiczny (grubość korówkowa, indeks korówkowy) nie korelowały z zawartością pierwiastków w kości udowej. Wykazano, że wraz ze zwiększeniem zaawansowania choroby zwyrodnieniowej w skali Kellgren'a i Lawrence'a, zwiększała się zawartość pierwiastków strukturalnych w głowie kości udowej: Ca (0,22), P (0,26), Mg (0,28) i Sr (0,21) (Tabela 43).

Tabela 43. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie i szyjce kości udowej oraz poszczególnych elementów oceny klinicznej (BMI, CT – grubość korówkowa, RCT – indeks korówkowy, NRS – numeryczna skala bólu, KL – skala Kellgren'a i Lawrence'a); * istotne statystycznie

Parametr	Lokalizacja	Mo	Cr	Zn	Pb	Cu	Ni	Fe	Mg	K	P	Sr	Ba	Na	Ca
BMI	szyjka	-0,14	0,01	0,06	0,12	0,16	-0,04	0,09	0,03	0,05	-0,01	-0,03	0,14	-0,01	0,06
	głowa	-0,05	-0,04	0,15	0,23*	0,02	0,06	0,00	0,07	0,09	0,08	0,03	0,10	0,09	0,08
CT	szyjka	-0,05	0,16	0,12	0,02	0,12	-0,11	0,03	0,06	0,12	0,00	-0,03	-0,01	0,00	0,01
	głowa	0,00	0,11	0,21*	0,19	0,13	0,15	0,02	0,10	-0,11	0,09	-0,01	0,01	0,09	0,09
RCT	szyjka	0,14	0,08	0,15	-0,14	-0,02	-0,21*	-0,01	0,16	0,08	0,16	0,07	-0,07	0,09	0,14
	głowa	0,05	0,03	0,17	0,00	-0,06	0,03	0,03	0,05	-0,08	0,04	-0,03	-0,11	0,08	0,07
NRS	szyjka	0,07	0,07	-0,06	-0,13	-0,01	0,09	0,00	-0,03	-0,17	-0,06	-0,06	0,01	0,08	-0,03
	głowa	0,25*	-0,01	0,07	0,05	-0,04	-0,07	0,03	0,21*	0,05	0,21*	0,09	0,08	-0,02	0,18
KL	szyjka	0,05	0,03	0,06	-0,08	-0,01	0,07	0,06	0,12	-0,01	0,08	0,07	0,00	0,16	0,09
	głowa	0,08	0,04	0,13	-0,01	0,09	-0,03	0,13	0,28*	0,28*	0,26*	0,21*	0,06	0,15	0,22*

5 DYSKUSJA

Wśród różnych typów tkanek w organizmie człowieka coraz większe znaczenie w ocenie ryzyka narażenia na metale pochodzenia środowiskowego i zawodowego ma tkanka kostna [39].

Proces przebudowy kości jest aktywny w ciągu całego życia, a zatem może stanowić wskaźnik nagromadzenia metali, zwłaszcza w długoterminowej przewlekłej ekspozycji. Działanie toksyczne metalu może ujawnić się po wielu latach ekspozycji lub w przypadku jego nagłego wzrostu. Metale toksyczne mogą zastępować inne pierwiastki niezbędne do prawidłowej przemiany materii w organizmie, zaburzać szereg procesów, których zadaniem jest zachowanie równowagi [84, 85]. Najwięcej istotnych korelacji pomiędzy wybranymi metalami stwierdzono w kości gąbczastej, następnie w kości korowej i najmniej w chrząstce stawowej [44]. Pierwiastki śladowe kumulują się w niektórych tkankach i narządach, a ich rozkład zależy od wielu czynników, takich jak wiek, płeć, czy dziedziczenie [86, 87].

Interakcje pomiędzy pierwiastkami mogą spowodować zaburzenie równowagi zakresu stężeń i w konsekwencji powodują wtórny niedobór lub działanie toksyczne. Korelacje między metalami wykazano w różnych tkankach o różnym metabolizmie. W badaniach koncentrowano się na określeniu stężenia metali w kości udowej w zależności od różnych czynników środowiskowych. Poprzednie badania zawartości metali w głowie i szyjce kości udowej podzielonych na kość korową i gąbczastą przedstawiono w tabeli 44.

W przypadku wapnia jego zawartość w głowie i szyjce kości udowej wynosiła odpowiednio 130 g/kg i 153 g/kg. Uzyskane wyniki były wyższe od wyników otrzymanych przez Kuo i wsp. [86], którzy uzyskali stężenie Ca w kości gąbczastej 82 g/kg.

Zawartość fosforu w głowie i szyjce kości udowej wynosiła odpowiednio 59 g/kg i 69 g/kg. Średnie stężenie w kości gąbczastej było zbliżone do wyników otrzymanych przez Zaichick i wsp. [88] – 56 g/kg. Natomiast zawartość fosforu w kości zbitej była o wiele mniejsza w porównaniu do badań Zaichick i wsp. [88], którzy obserwowali 107 g/kg.

Zawartość magnezu w głowie i szyjce kości udowej wynosiła 1381,2 mg/kg i 1595,3 mg/kg. Średnie stężenie tego metalu było porównywalne z wynikami otrzymanymi przez Brodziak-Dopierałę i wsp. [44], którzy zawartość Mg oszacowali na odpowiednio 1650,85 mg/kg

i 1376,14 mg/kg. Zawartość Mg w tej pracy była wyższa w kości korowej w porównaniu do kości gąbczastej.

Mediana zawartości Na i K w głowie i szyjce kości udowej wynosiła odpowiednio 5428,6 mg/kg i 4662,1 mg/kg oraz 679,3 mg/kg i 647,1 mg/kg. Uzyskane wyniki zawartości Na i K były zbliżone do wyników otrzymanych przez Brodziak-Dopierałę i wsp. [44], którzy oznaczyli Na na poziomie odpowiednio 4745,47 mg/kg i 6790,35 mg/kg, a K odpowiednio 828,80 mg/kg i 767,11 mg/kg.

Mediana zawartości miedzi w głowie i szyjce kości udowej wynosiła odpowiednio 0,83 mg/kg and 0,72 mg/kg. Stężenie Cu było najbardziej zbliżone do wyników uzyskanych w kości gąbczastej przez Łanochę i wsp. [89] – 0,67 mg/kg i Jurkiewicza i wsp. [90] – 0,79 mg/kg.

Zawartość żelaza wynosiła 91 mg/kg i była zdecydowanie wyższa w porównaniu do wyników otrzymanych przez Łanochę i wsp. [89] (kość gąbczasta – 43,9 mg/kg i kość zbita – 40 mg/kg) i Jurkiewicza i wsp. [90] – 47,6 mg/kg i dużo niższa w porównaniu do wyników Darrah i wsp. [91] (odpowiednio 123,35 mg/kg i 108,15 mg/kg).

W tym badaniu zawartość chromu w głowie i szyjce kości udowej wynosiła odpowiednio 0,49 mg/kg i 0,83 mg/kg. Uzyskane wartości były 2 razy większe w głowie kości udowej w porównaniu do zawartości otrzymanych przez Darrah i wsp. [91] (0,812 mg/kg) oraz 10-20 razy mniejsze w głowie i szyjce kości udowej w porównaniu do Brodziak-Dopierały i wsp. [44] (odpowiednio 10,42 mg/kg i 14,99 mg/kg).

Mediana zawartości Mo w głowie i szyjce kości udowej wynosiła 0,18 mg/kg i była 10 razy wyższa w porównaniu uzyskanego przez Darrah i wsp. [91] – 0,013 mg/kg i 0,019 mg/kg.

Średnią zawartość Ni w głowie i szyjce kości udowej oznaczono na odpowiednio 0,6 mg/kg i 0,79 mg/kg. Zawartość niklu była 10 razy niższa w porównaniu do wyników uzyskanych przez Brodziak-Dopierałę i wsp. [44] – odpowiednio 4,56 mg/kg i 6,86 mg/kg w kości gąbczastej i zbitej.

Średnie stężenie toksycznego ołowiu w głowie i szyjce kości udowej wynosiło odpowiednio 1,15 mg/kg i 1,08 mg/kg. Zawartość Pb była 2 razy wyższa od zawartości tego metalu uzyskanego przez Łanochę i wsp. (Szczecin) [92] (0,5 mg/kg) i 6-12 razy niższa od uzyskanego przez Jurkiewicza i wsp. (Śląsk) [93] i Brodziak-Dopierałę i wsp. (Śląsk) [44] odpowiednio 6,22 mg/kg i 12,27 mg/kg w kości gąbczastej i zbitej.

Tabela 44. Dotychczasowe badania zawartości pierwiastków w głowie i szyjce kości udowej z podziałem na kość korową i gąbczastą [mg/kg]. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział

	Lokalizacja	Tajwan [86]	Północno-zachodnia Polska [61, 89] N=37		Polska, Śląsk, Łódź, Kraków [90, 94] N=197	Polska, Góry Śląsk [40, 44, 95] N=103		Stany Zjednoczone Ameryki [91] N=58		Rosja [88] N=78	
Pierw.	Parametr	Kość gąbczasta	Kość gąbczasta	Kość korowa	Kość gąbczasta	Kość gąbczasta	Kość korowa	Kość gąbczasta	Kość korowa	Kość gąbczasta	Kość korowa
Ca	AM±SD Med (przedz.)	82007,9±96626,5 62492,6 (21674-604498)				25244,65 (10022,51-63345,78)	30216,83 (10711,41-62337,06)			114000±3000	230000±4000
P	AM±SD Med (przedz.)									56200±1700	107000±3000
Mg	AM±SD Med (przedz.)	3005,2±1687,7 2673 (1010-8395)			1765 ± 432 1766 (411-2925)	1650,85 (150,31-9,859,38)	1376,14 (175,83-10,997,14)			1550±50	2740±70
Na	AM±SD Med (przedz.)					4745,47 (788,22-23448,80)	6790,35 897,95-22579,38			3160±90	5090±90
K	AM±SD Med (przedz.)				760,58 ± 387,79 670,89 (155,95-2171,10)	828,80 (124,27-10489,55)	767,11 (161,82-10,642,34)			609±41	620±40
Zn	AM±SD Med (przedz.)	115±43,7 99,9 (64-223,3)	83,10±21,48 79,36 (44,23-160,50)	88,29 ± 22,52 85,68 (54,28-163,86)	83,63±7	61,48 (7,57-441,46)	94,72 10,42-337,05	93,756±25,738 96,895 (35,79-152,5)	124,327±24,107 125,25 (58,14-166)		
Cu	AM±SD Med (przedz.)	3,6±0,35 2,175 (0,15-31,1)	0,67 ± 0,36 0,58 (0,18-1,89)	0,79 ± 0,40 0,74 (0,20-1,78)	0,81±0,59 0,67 (0,18-5,01)	2,63 (0,20-20,42)	3,73 (0,17-17,68)	1,1±0,864 0,97 (0,03-4,62)	2,247±4,509 1,445 (0,04-31,75)		
Cr	AM±SD Med (przedz.)	11,9±37,6 5,1 (2,14±323,1)				10,42 (0,05-109,40)	14,99 (0,75-59,13)	0,7±0,41 0,812 (0,024-1,635)	0,625±0,158 0,628 (0,2-0,992)		
Ni	AM±SD Med (przedz.)	7±10,5 3,7 (2,38-64,7)				4,56 (0,73-38,99)	6,86 (1,04-16,25)				
Fe	AM±SD Med (przedz.)	20,3±24 8,9 (1,47-113,8)	49,8±33,6 43,9 (0,64-133,8)	43,2±21,2 40 (13,2-107,6)	67,30 ± 38,74 47,6 (8,35-510,66)	64,04 (2,79-1285,81)	93,89 (7,77-2337,06)	317,484±344,402 123,35 (48,58-1088)	102,817±19,761 108,15 (43,04-127,4)		
Ba	AM±SD Med (przedz.)							3,442±2,491 3,045 (0,57-14,78)	2,933±1,66 2,595 (0,55-9,23)		
Sr	AM±SD Med (przedz.)		42,2±23,0 42,7 (0,26-102,0)	39,1±16,0 37,7 (28,1-49,7)		21,66 (0,02-40,08)	(0,49-75,36)	40,15±17,048 37,605 (9,25-92,13)	61,696±19,824 58,615 (21,43-115,7)	212±20	260±18
Mo	AM±SD Med (przedz.)							0,016±0,009 0,013 (0,003-0,046)	0,023±0,02 0,019 (0,007-0,159)		
Pb	AM±SD Med (przedz.)		0,500 ± 0,142 0,465 (0,287–0,789)	0,527 ± 0,204 0,496 (0,285–1,44)	2,76 ± 1,90 2,08 (0,49–18,25)	6,22 (0,49–45,48)	12,27 (1,03–70,46)	2,491±2,188 1,796 (0,119-12,99)	3,558±2,273 2,961 (0,068-9,53)		

W jednym z dotychczasowych badań korelacji stężenia metali w głowach kości udowych stwierdzono istotne statystycznie zależności pomiędzy zawartością żelazem i strontem w kości zbitej pokrytej chrząstką stawową ($r_s=0,399$; $p<0,05$) oraz w kości gąbczastej ($r_s= 0,512$; $p<0,01$) [61]. W tym badaniu korelacja Fe/Sr była ujemna (-0,2) w kości korowej.

Niższe stężenie pierwiastków obserwowano w kości gąbczastej, a wyższe w części korowej [84]. Taką tendencję wykazano także w przeprowadzonych obserwacjach. Większą liczbę interakcji pierwiastków o charakterze fizjologicznym obserwowano w kości gąbczastej, co świadczy o dużej aktywności metabolicznej tej tkanki [40]. W tej pracy zauważono zjawisko odwrotne, uzyskując większą liczbę istotnych korelacji w szyjce kości udowej.

W innym badaniu z terenu Polski najsilniejszą korelację stwierdzono między zawartością niklu i chromu (-0,8) w kości gąbczastej i w kości korowej (0,78), natomiast w tej pracy uzyskano słabą korelację między tymi metalami tylko w kości korowej (0,31) [44]. Występowała również silna korelacja między cynkiem i niklem (0,76 do 0,89) dla wszystkich części kości udowej, której nie stwierdzono w tym badaniu [44].

Pomiędzy miedzią i cynkiem wykazywano antagonizm, który może powodować niedobór miedzi [46]. W uzyskanych wynikach korelacja była słaba ($<0,2$) i nieistotna statystycznie. Między miedzią i żelazem stwierdzano synergizm, co potwierdzono w tym badaniu uzyskując dodatnią korelację w szyjce kości udowej (0,34) [46].

Kwapuliński i wsp. badali głowy kości udowej uzyskane w trakcie całkowitej endoprotezoplastyki stawu biodrowego wykonanej w Szpitalu Miejskim w Siemianowicach u mieszkańców (39 mężczyzn i 64 kobiet) z Górnego Śląska (Siemianowice, Katowice, Chorzów, Będzin). Zawartość wybranych pierwiastków (Cr, Ni, Mn, Cu, Cd, Zn, Fe, Pb, Ca, Mg, Na, K) określono za pomocą metody atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej (ASA). Zawartość potasu była najwyższa w chrząstce stawowej (1600 mg/kg), a w kości korowej i kości gąbczastej około 770 mg/kg. Charakterystyka zawartości magnezu w poszczególnych częściach głowy kości udowej była inna niż potasu: największą zawartość stwierdzono w kości gąbczastej u kobiet: 4806 mg/kg, a wśród mężczyzn: 2359 mg/kg [40]. W tej analizie nie zauważono takich rozbieżności.

W kolejnym z dotychczas przeprowadzonych badań oceniano zawartość miedzi i cynku oraz stężenie metali ciężkich ołowiu, kadmu i rtęci. Stężenie ołowiu w kości zbitej było wyższe u mężczyzn, co potwierdzono w tym badaniu [96, 97].

Czynniki biologiczne, obejmujące wiek pierwszej miesiączki, ciążę, laktację czy menopauzę mogą mieć wpływ na ekspozycję, kinetykę i toksyczność substancji chemicznych (kadmu, niklu, ołowiu, rtęci i arsenu) w całym organizmie kobiety [98]. Wyższe stężenia wapnia, magnezu, sodu, potasu, strontu i żelaza wykazano w żebrach mężczyzn w porównaniu do kobiet [6, 99].

W jednym z dotychczasowych badań stężenia metali w kości udowej wykazano większą liczbę korelacji u mężczyzn. Zarówno u mężczyzn, jak i kobiet stwierdzono statystycznie istotne korelacje między zawartością Cr/Ni, Cr/Na, Ni/Cd, Ni/Cu i Zn/Na [44]. W tej pracy wykazano korelację Cr/Ni wyłącznie u kobiet, Ni/Cu i Zn/Na u mężczyzn i kobiet.

W Europie Środkowej kobiety zwykle spożywają więcej pokarmów roślinnych zawierających dużo strontu. Wykazano większą zawartość strontu w kościach kobiet, czego przyczyną jest prawdopodobnie różnica diety – pod względem różnego pochodzenia żywności (zwierzęcego i roślinnego) między kobietami i mężczyznami [100]. W tym badaniu nie wykazano różnic stężenia strontu między mężczyznami i kobietami.

W innym badaniu wykazano, że stężenie większości metali śladowych nie różniło się znacząco pomiędzy kośćmi mężczyzn i kobiet, z wyjątkiem stężenia cynku w kości gąbczastej i ołowiu w kości korowej. Obserwacje w tym badaniu potwierdziły wyższe stężenie ołowiu u mężczyzn. Stwierdzono, że suplementacja cynku może zmniejszać akumulację ołowiu [101]. W jednym z badań stwierdzono występowanie znacznie niższego stężenia cynku w kości gąbczastej kobiet, co również obserwowano w tym badaniu. W połączeniu z niekorzystnym działaniem ołowiu na odporność kości u kobiet wysunięto wniosek, że jest to potencjalne zagrożenie dla zdrowia kości u kobiet i zasugerowano suplementację cynku u kobiet [91]. Zwiększona inkorporacja metali do tkanki kostnej może być związana ze zmniejszeniem stężenia cynku. Metal ten jest pierwiastkiem śladowym, odgrywającym zasadniczą rolę jako czynnik w procesie mineralizacji kości, zmniejszający włączanie metali ciężkich do struktury HAp, a nawet minimalny niedobór w diecie może powodować znaczne ryzyko osteoporozy [102-104].

Palenie tytoniu ma toksyczne działanie na osteoblasty i tworzenie kolagenu, zmniejsza absorpcję wapnia oraz masę ciała [105, 106]. Wyniki badań z ostatnich lat wskazują, że palenie tytoniu jest czynnikiem ryzyka powstania niskiej gęstości mineralnej kości (BMD) i złamań związanych z osteoporozą [107, 108]. Palące kobiety produkują mniej estrogenów niż niepalące, co może prowadzić do rozwoju osteoporozy [109]. Związek między paleniem i złamaniami kości zaobserwowano u obu płci. Zwiększenie ryzyka złamania u mężczyzn wynosi

1,82, a u kobiet 1,85 [110]. Palenie tytoniu przez kobiety i mężczyzn (co najmniej 20 papierosów dziennie) hamowało osiągnięcie prawidłowej średniej szczytowej masy kostnej i przyspieszało utratę masy kostnej z szyjki kości udowej niezależnie od stosowanej suplementacji [98].

Ponadto, stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy spadkiem aktywności fizycznej i paleniem tytoniu wśród badanych grup kobiet i mężczyzn [111].

U palaczy wykazano niższe stężenie 25-hydroksywitaminy D i osteokalcyny, natomiast wyższe stężenie parathormonu obserwowano u osób niepalących [112]. U palących kobiet po menopauzie obserwowano zmniejszone stężenie osteokalcyny [106, 113]. Stwierdzono także, że leczenie złamań u palaczy przebiegało dłużej niż u osób niepalących [106].

U palaczy obserwowano znaczące zwiększenie stężenia ołowiu w tkance kostnej, które potwierdzono także w tym badaniu, natomiast nie wykazano różnicy w stężeniu kadmu między palącymi i niepalącymi [114, 115].

Średnią dzienną dawkę niklu oszacowano na 0,42 mg, zaś 2-12 μ g niklu palacz zaciąga podczas palenia każdego opakowania wypalanych papierosów [66]. Potwierdzono to w tym badaniu, stwierdzając dwa razy wyższe stężenie niklu wśród palaczy w kości zbitej. Formą niklu o dużej toksyczności jest karbonylek niklu, który może się akumulować w tkance kostnej [68]. U palaczy wykazano dodatnią korelację między zawartością niklu i chromu, która nie była obecna u niepalących, co potwierdzono także w tej pracy [69, 111]. W innym badaniu stwierdzono korelacje pomiędzy Cr/Cu, Cr/Zn, Cu/Zn, Cu/Na, które występowały u osób palących, a korelacje Cr/Ni, Ni/Cu, Ni/Zn, Mn/Cd, Mn/Pb, Mn/Fe i Cd/Pb zarówno u palących, jak i niepalących [44]. W tej analizie interakcje Cr/Cu wykazano zarówno u palących, jak i niepalących, Cu /Na tylko u niepalących w szyjce kości udowej (-0,26), natomiast Cr/Ni w szyjce kości udowej palaczy (0,74).

Do czynników ryzyka obniżonej masy kostnej i osteoporozy należą styl życia, niska aktywność fizyczna, złe odżywianie, niedobór wapnia i witaminy D, palenie papierosów, nadużywanie alkoholu i substancje powodujące zaburzenia hormonalne [2]. Stężenie ołowiu we krwi alkoholików było istotnie wyższe ($p < 0,0001$) w porównaniu do wartości referencyjnych [116]. W tym badaniu stwierdzono, że stężenie niklu i ołowiu było istotnie wyższe w głowach kości udowych u osób spożywających alkohol. Ekspozycja na ołów i etanol hamuje proces tworzenia się kości i przyspiesza ich resorpcję. Towarzyszyło temu zaburzenie

regulacji hormonalnej gospodarki mineralnej, prowadzące do zaburzeń stężenia wapnia oraz fosforu [117].

U pacjentów spożywających alkohol stwierdzono istotnie wyższą zawartość miedzi w porównaniu do abstynentów w głowie i szyjce kości udowej (odpowiednio 1,15 vs 0,6 mg/kg i 1,12 vs 0,68 mg/kg). Należy podkreślić, że uzyskane wyniki nie zostały uprzednio oznaczone przez innych badaczy. Zawartość Ni i Pb była istotnie wyższa w głowie kości udowej u chorych spożywających alkohol w porównaniu do abstynentów (0,41 vs 0,78 mg/kg i 0,78 vs 1,49 mg/kg).

Wykazano, że chrom hamuje syntezę osteokalcyny i fosfatazy alkalicznej przez osteoblasty [118]. Niedobór chromu występuje u osób starszych, u osób o zwiększonej aktywności fizycznej, u nadużywających alkohol i u kobiet w ciąży. W tym badaniu nie stwierdzono różnicy stężenia chromu w zależności od powyższych czynników.

Mechanizm powstawania osteopenii pod wpływem etanolu polega na bezpośrednim wpływie alkoholu na komórki kostne i pośrednim modulującym wpływie na gospodarkę mineralną poprzez hormony regulujące metabolity witaminy D, parathormon i kalcytoninę [119]. Hamująca rola alkoholu w przebudowie kości polega na hamowaniu witaminy D i zmniejszenie wchłaniania wapnia w jelicie [120].

Duże spożycie alkoholu nie korelowało istotnie z BMD i wiekiem. Wskaźniki ryzyka były umiarkowane, ale nieistotnie wyższe u mężczyzn niż u kobiet [121].

W poprzednich badaniach opisywano zawartość metali ciężkich w tkance kostnej w kilku regionach Polski.

Jurkiewicz i wsp. oceniali zawartość wapnia, fosforu magnezu, potasu, żelaza, cynku, miedzi, ołowiu, kadmu, arsenu i srebra w kości gąbczastej głowy kości udowej mieszkańców południowej (Śląsk, n=13, Kraków, n=13) i środkowej Polski (Łódź, n=12) [90]. Stwierdzono zbliżoną zawartość wapnia (ok. 18,4% suchej masy), fosforu (ok. 6,8% suchej masy), magnezu (ok. 1883,5 mg/g), potasu (ok. 598,1 mg/g), żelaza (ok. 59,5 mg/g), cynku (ok. 90,1 mg/g), miedzi (ok. 90,1 mg/g), arsenu (ok. 0,3 mg/g) i srebra (ok. 0,03 mg/g) w tkance kostnej u pacjentów z poszczególnych regionów. Natomiast wykazano różnice stężenia ołowiu i kadmu w próbkach głowy kości udowej po zabiegu całkowitej endoprotezoplastyki stawu biodrowego między mieszkańcami 19 miast położonych na Śląsku i poza tym obszarem, którzy mieszkali na tych terenach przez okres co najmniej 25 lat [90, 93, 122].

W innym badaniu mierzono stężenie niklu, manganu, chromu, kadmu, ołowiu, miedzi, żelaza, cynku, magnezu potasu, sodu i wapnia w wybranych częściach głowy kości udowej. Wyższe stężenie metali stwierdzano w głowie kości udowej i było związane z wyższym ich stężeniem w powietrzu w miejscu zamieszkania [84].

Wiechuła i wsp. oceniali tkankę kostną z tego samego regionu (południowa i centralna Polska) i wykazali następujące stężenie metali w głowie kości udowej: żelazo – 67,30 µg/g, potas – 760,58 µg/g, miedź – 0,81 µg/g, ołów – 2,76 µg/g [94].

Natomiast Łanocha i wsp. określali 111 próbek kości z głowy kości udowej w północno-zachodniej Polsce (rejon Szczecina), uzyskując malejący ciąg metali pod względem stężenia Zn > Pb > Cu > Cd > Hg od 86 mg/kg (cynk) do 0,002 mg/kg (rtęć) suchej masy [89].

W tej pracy nie wykazano różnic stężenia metali w zależności od miejsca zamieszkania.

Dotychczas stwierdzane istotne statystycznie zmniejszanie się stężenia wapnia, magnezu, fosforu oraz zwiększanie się stężenia żelaza z wiekiem w ludzkich żebrach potwierdzono w tej pracy [6, 99]. Dotychczasowe badania wykazały zmniejszenie stężenia metali śladowych (cynk i stront) z wiekiem, co także zostało potwierdzone w tych obserwacjach [123].

Dotychczasowe doniesienia wskazują na zwiększanie się stężenia metali toksycznych w kościach z wiekiem [6, 86]. Zaichick i wsp. w badaniach przeprowadzonych w Rosji wykazali wyższe stężenia ołowiu i kadmu w żebrach u osób poniżej 35 roku życia (2,14 i 0,037 mg/kg suchej masy) w porównaniu do grupy osób w wieku powyżej 35 lat (2,31 i 0,049 mg/kg suchej masy) [6]. Zaobserwowano, że stężenie ołowiu zwiększa się wraz z wiekiem, zwłaszcza u osób ze zwiększoną ekspozycją na ten metal w przeszłości [70]. Jednak wyższe stężenie ołowiu może wskazywać nie tylko na dodatkowe narażenie przez dłuższy okres, ale także na endogenne uwalnianie metalu podczas przebudowy kości [91]. W tej pracy stężenie ołowiu nieznacznie zwiększało się z wiekiem, co świadczy o procesie wbudowywania się metalu w kość i kumulację w sieci krystalicznej.

6 WNIOSKI

1. Stwierdzono, że czynnikami, które w największym stopniu wpływają na zawartość i wzajemne interakcje pierwiastków w głowie i szyjce kości udowej są palenie tytoniu (większa zawartość chromu i niklu u palaczy), spożycie alkoholu (wyższa zawartość niklu i miedzi u osób spożywających alkohol), a także płeć (wyższa zawartość niklu, miedzi i cynku u mężczyzn).
2. Potwierdzono istotne różnice w zawartości metali między kością gąbczastą i korową.
3. Udowodniono, że czynnikami sprzyjającymi toksycznemu gromadzeniu się ołowiu w tkance kostnej są palenie tytoniu, spożywanie alkoholu, płeć męska oraz wiek.
4. Stwierdzono, że zawartość pierwiastków wapnia, fosforu, magnezu i strontu zmniejsza się wraz wiekiem, a zwiększa się zawartość ołowiu.
5. Potwierdzono utratę pierwiastków strukturalnych i makroelementów z szyjki kości udowej (wapnia, fosforu, magnezu, cynku, sodu i strontu) postępuje wraz z wiekiem i występuje częściej u mieszkańców miast oraz u osób nieaktywnych fizycznie.
6. Udowodniono, że różna zawartość pierwiastków występuje w pierwotnych i wtórnych zmianach zwyrodnieniowych stawów biodrowych. Wykazano różnice we wzajemnych interakcjach głównie żelaza i ołowiu z innymi metalami.
7. Statystyczna ocena potwierdziła, że czynniki kliniczne i radiologiczne (ból, BMI, grubość korówkowa, indeks korówkowy) nie korelują znamienne z zawartością pierwiastków w kości udowej.
8. Potwierdzono, że analiza składowych głównych (PCA) okazała się pomocna w ocenie różnic pomiędzy zawartością pierwiastków w zależności od czynników środowiskowych. Interpretacja uzyskanych wyników była nie tylko zgodna z wynikami analizy korelacyjnej, ale również pozwalała zdobyć wiedzę na temat zawartości i oddziaływań między metalami w różnych częściach bliższego końca kości udowej.

7 PODSUMOWANIE

Nie wykazano zróżnicowania kumulacji ołowiu w stawie biodrowym w zależności od miejsca zamieszkania (miasto, wieś), a uzyskana zawartość tego metalu w kości udowej była nieco wyższa od uzyskanych na Pomorzu i zdecydowanie niższa niż na Śląsku. Raporty o stanie środowiska w Wielkopolsce, z której pochodzą chorzy włączeni do badania dowodzą, że region ma niskie zanieczyszczenie ołowiem, w ocenie rocznej nie stwierdza się przekroczenia dopuszczalnego poziomu substancji w powietrzu i w wodzie [124].

Tkanka kostna szyjki i głowy kości udowej pobierana w trakcie zabiegu endoprotezoplastyki stawu biodrowego jest dobrym biomarkerem, pozwalającym na badanie kumulacji metali toksycznych. Może być także pomocna jako wartość odniesienia w przyszłych badaniach oceny narażenia na emisję metali.

Stwierdzono zróżnicowanie zawartości metali ze względu na modyfikowalne czynniki ryzyka takie, jak palenie tytoniu, spożycie alkoholu oraz aktywność fizyczna. Potwierdzono także zmiany stężenia niektórych metali z wiekiem.

Natomiast oceniane w codziennej praktyce medycznej czynniki kliniczne i ocena radiologiczna nie wykazywały korelacji ze stężeniem pierwiastków w kości udowej.

Planowane są dalsze badania dotyczące zawartości metali w tkance kostnej i stawowej. Obecnie w trakcie analizy znajduje się badanie zawartości rtęci i glinu w kości udowej oraz ocena zawartości wybranych metali w dyskach międzykręgowych. Ponadto w przyszłości planujemy pobierać materiał do badań z tkanki kostnej i stawowej stawu kolanowego, podczas operacji endoprotezoplastyki całkowitej, których w Ortopedyczno-Rehabilitacyjnym Szpitalu Klinicznym im. Wiktora Degi wykonuje się najwięcej w Polsce [8].

8 STRESZCZENIE

Wstęp. W czasie całego życia człowieka tkanka kostna ulega nieustannej przebudowie. W trakcie mineralizacji tkanki kostnej możliwe jest włączenie dodatkowych pierwiastków, także toksycznych, w przebudowywaną kość, co wpływa na zachodzące w niej procesy metaboliczne. Zmiany zwyrodnieniowe oraz czynniki środowiskowe mogą zaburzać te procesy.

Materiał i metody. Celem pracy było ustalenie zawartości i korelacji pierwiastków strukturalnych (Ca, Mg, P, Na, K), pierwiastków śladowych (Zn, Cu, Fe, Mo, Cr, Ni), metali potencjalnie toksycznych (Ba, Sr) i metali toksycznych (Pb) w tkance kostnej bliższego końca kości udowej, wykorzystując metodę absorpcyjnej spektrometrii atomowej. Materiał pochodził od 96 chorych z Wielkopolski poddanych zabiegowi endoprotezoplastyki całkowitej stawu biodrowego z powodu zmian zwyrodnieniowych. Dodatkowo określono różnice między stężeniem pierwiastków i ich wzajemnych korelacji w zależności od wieku, płci, miejsca zamieszkania, nałogu palenia tytoniu, spożycia alkoholu, narażenia na zanieczyszczenie środowiska, aktywności fizycznej, rodzaju zmian zwyrodnieniowych, oceny klinicznej oraz obrazu radiologicznego.

Dokonano podziału pobieranej kości udowej na głowę kości udowej (kość gąbczastą) oraz szyjkę kości udowej (kość zbitą), który pozwalał precyzyjnie wskazać obszary większej liczby interakcji oraz gromadzenia się metali toksycznych (Pb).

Wyniki. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic stężeń pierwiastków w głowie i szyjce kości udowej w zależności od miejsca zamieszkania, od aktywności fizycznej oraz od rodzaju zmian zwyrodnieniowych. Stężenie Zn, Cu, Ni i Pb w głowie kości udowej było istotnie wyższe u mężczyzn. W szyjce kości udowej wyłącznie u mężczyzn stwierdzono dodatnią korelację Pb z Ca, P, Mg, Na, Zn oraz Sr. Stężenie Ca, P, Mg i Zn w głowie kości udowej było istotnie niższe, a stężenie Pb i Cr wyższe u osób palących. W szyjce kości udowej palaczy Cr silnie dodatnio korelował z Ni (0,74). Stężenie Ni w kości gąbczastej było istotnie wyższe u osób, które miały kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi w środowisku. Korelacje Ca/Pb, P/Pb i Mg/Pb u osób z kontaktem z substancjami chemicznymi w szyjce kości udowej były ujemne (odpowiednio -0,39, -0,43, -0,43), a dodatnie w głowie kości udowej (0,43, 0,43, 0,49).

U pacjentów spożywających alkohol stwierdzono znacznie wyższe stężenie Cu, Ni i Pb w porównaniu do abstynentów w głowie kości udowej. U osób spożywających alkohol stwierdzono dodatnie korelacje Pb z Ca, P, Mg, Zn, Na oraz Sr w szyjce kości udowej. Stwierdzono istotne zmniejszenie stężenia Ca, P, Mg z wiekiem w głowie kości udowej. Wykazano także istotnie statystycznie zmniejszenie stężenia Sr z wiekiem wyłącznie w szyjce kości udowej. W szyjce kości udowej stężenie Zn, Mg, P, Ca zmniejszało się z wiekiem tylko u mieszkańców miast. Stężenie Pb nieznacznie zwiększało się z wiekiem. Wykazano ujemną korelację wieku z Ca, P, Mg, Zn, Na, Sr w szyjce kości udowej u osób nieaktywnych fizycznie.

W szyjce kości udowej chorych z wtórnymi zwyrodnieniami stwierdzono ujemne korelacje Fe/Ca (-0,31), Fe/P (-0,32) i Fe/Mg (-0,31) oraz Fe/Pb (-0,32), natomiast u chorych ze pierwotnymi zmianami zwyrodnieniowymi stwierdzono korelacje: Pb/Ca (0,32), Pb/P (0,34), Pb/Mg (0,37) i Pb/Zn (0,35).

Wnioski. Potwierdzono istotne różnice w metabolizmie metali między kością gąbczastą i korową. Czynnikiem, które w największym stopniu wpływają na zawartość i wzajemne interakcje pierwiastków w głowie i szyjce kości udowej są palenie tytoniu (większa zawartość Cr i Ni u palaczy), spożycie alkoholu (wyższe stężenie Ni i Cu u osób spożywających alkohol), a także płeć (wyższe stężenie Cu, Zn, Ni u mężczyzn). Czynnikiem sprzyjającym gromadzeniu się Pb w tkance kostnej są palenie tytoniu, spożywanie alkoholu, płeć męska oraz wiek. Wykazano zmniejszenie stężenia pierwiastków Ca, P, Mg i Sr wraz z wiekiem, do którego częściej dochodzi u mieszkańców miast oraz u osób nieaktywnych fizycznie. W pierwotnych i wtórnych zmianach zwyrodnieniowych stawów biodrowych występuje różne stężenie pierwiastków, wykazano różnice we wzajemnych interakcjach głównie Fe i Pb z innymi metalami.

Słowa kluczowe: choroba zwyrodnieniowa stawu biodrowego, tkanka kostna, poziom metali.

9 ABSTRACT

Background. During the whole of human life bone tissue undergoes constant remodeling. Mineralization of bone tissue allows additional elements, including toxic metals, to get incorporated in bone remodeling and affects metabolic processes as well. Diseases, such as osteoarthritis, and environmental factors may affect these processes.

Methods. The main aim of this study was to determine the content of structural elements (Ca, Mg, P, Na, K), trace elements (Zn, Cu, Fe, Mo, Cr, Ni), potentially toxic metals (Ba, Sr) and a toxic metal (Pb) in bone tissue of the proximal femur of 96 patients undergoing total hip replacement due to osteoarthritis with the use of atomic absorption spectrometry.

The other aim was to determine the differences between the concentration of elements and their correlations depending on age, gender, place of residence, tobacco, alcohol consumption, exposure to environmental pollution, physical activity, type of osteoarthritis, clinical evaluation and radiological parameters.

The division of the femoral bone into two types: the femoral head (cancellous bone) and the femoral neck (compact bone) allowed to indicate more accurately the position of a larger number of interactions and the accumulation of toxic metals (Pb).

Results. There were no significant differences in the concentrations of elements in the femoral head and neck, depending on the residence, physical activity and the type of degenerative changes. The concentration of Zn, Cu, Ni and Pb in the femoral head was significantly higher in male patients. In the femoral neck in males there was only a positive correlation between Pb and Ca, P, Mg, Na, Sr and Zn.

The concentration of Ca, P, Mg and Zn in the head of the femur was significantly decreased, and the concentration of Pb and Cr higher in smokers. In the femoral neck in smokers Cr strongly positively correlated with Ni (0.74).

The concentration of Ni in the head of the femur was significantly higher in people who have had contact with chemical contaminants in the environment. Correlations Ca/Pb, P/Pb and Mg/Pb in the femoral neck were negative (respectively -0.39, -0.43, -0.43) in individuals with exposure to chemicals, and positive in the femoral head (0.43, 0.43, 0.49).

In patients who consumed alcohol there was a significantly higher concentration of Cu, Ni and Pb in the femoral head in comparison to abstainers. In the femoral neck of drinkers there was Pb positively correlated with other elements: Ca, P, Mg, Zn, Na and Sr.

With age there was a significant decrease in the concentration of Ca, P, Mg in the femoral head. In addition, there was noticed a statistically significant decrease in the concentration of Sr with age only in the femoral neck. The concentration of the femoral neck Zn, Mg, P, Ca decreased with age only in urban residents. The concentration of lead increased with age.

There was noticed a negative correlation between the age and Ca, P, Mg, Zn, Na and Sr in the femoral neck of physically inactive patients.

In the femoral neck of patients with secondary osteoarthritis there were found negative correlations Fe/Ca (-0.31), Fe/P (-0.32) and Fe/Mg (-0.31) and Fe/Pb (-0.32), while in patients with primary osteoarthritis the found correlations were: Pb/Ca (0.32), Pb/P (0.34), Pb/Mg (0.37) and Pb/Zn (0.35).

Conclusions. The study confirmed significant differences in the concentration of metals in cancellous and cortical bones. The factors which have the greatest influence on the content and interactions of elements in the femoral head and neck are: tobacco smoking (higher content of Cr and Ni in smokers), alcohol consumption (higher concentrations of Ni and Cu in people who consume alcohol), and sex (higher concentrations of Cu, Zn, Ni in men). The factors contributing to the accumulation of Pb in bone tissue are tobacco, alcohol, sex, and age. It has been noticed that the concentration of elements Ca, P, Mg and Sr decreases with age, which often occurs in urban population and in individuals physically inactive. In primary and secondary osteoarthritis of the hip the content and interactions of elements are different (mainly of Fe and Pb).

Keywords: osteoarthritis of the hip, bone tissue, metal content.

10 WYKAZ SKRÓTÓW UŻYTYCH W TEKŚCIE

AAS	– absorpcyjna spektrometria atomowa, ang. atomic absorption spectrometry
Ba	– bar
BMD	– gęstość mineralna kości, ang. bone mineral density
BMI	– wskaźnik masy ciała, ang. Body Mass Index
Ca	– wapń
cAMP	– 3',5'-cykliczny adenozynomonofosforan
Cd	– kadm
ChZS	– choroba zwyrodnieniowa stawów, ang. Osteoarthritis (OA)
Cr	– chrom
Cu	– miedź
Fe	– żelazo
GH	– hormon wzrostu, somatotropina (STH), ang. Growth Hormone
HAp	– hydroksyapatatyt
IGF	– insulinopodobny czynnik wzrostu, ang. insulin-like growth factor
K	– potas
LOD	– granica wykrywalności, ang. Limit of Detection
Mg	– magnez
Mo	– molibden
MT	– metalotioneina
Na	– sód
Ni	– nikiel
NRS	– numeryczna skala oceny nasilenia, ang. Numerical Rating Scale
OPN	– osteopontyna
P	– fosfor
Pb	– ołów
PCA	– analiza składowych głównych, ang. Principal Components Analysis
PPi	– pirofosforany
PTH	– parathormon
PTHrP	– peptyd PTH-podobny
Sr	– stront
Zn	– cynk

11 WYKAZ RYCIN

Ryc. 1. Budowa anatomiczna stawu biodrowego	2
Ryc. 2. Struktura beleczek kostnych bliższego końca kości udowej	3
Ryc. 3. Struktura krystaliczna hydroksyapatytu [23].	4
Ryc. 4. Schemat procesu mineralizacji kości. Objasnienia: ANK – progressive ankylosis protein, OPN – osteopontyna, Pi – fosforany, PPI – pirofosforany, MV – pęcherzyk macierzy, TNSALP, NPP1, PHOSPHO 1 – fosfatazy, PiT1/2 – kotransporter fosforanów, PEA – fosfoetanolamina, PChol – fosfocholina [30].	6
Ryc. 5. Zmiany strukturalne w chorobie zwyrodnieniowej [11].	15
Ryc. 6. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie i szyjce kości udowej. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2).	28
Ryc. 7. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na płeć. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u mężczyzn i u kobiet.	32
Ryc. 8. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na płeć. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u mężczyzn i u kobiet.	33
Ryc. 9. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na palenie tytoniu. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u palaczy i u osób niepalących.....	37
Ryc. 10. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na palenie tytoniu. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u palaczy i u osób niepalących.....	38
Ryc. 11. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u osób bez kontaktu i u osób z kontaktem z zanieczyszczeniami chemicznymi.	42
Ryc. 12. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u osób bez kontaktu i u osób z kontaktem z zanieczyszczeniami chemicznymi.	43
Ryc. 13. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na spożycie alkoholu. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u osób spożywających alkohol i abstynentów.	47

Ryc. 14. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na spożycie alkoholu. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u osób spożywających alkohol i abstynentów.	48
Ryc. 15. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na miejsce zamieszkania. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u mieszkańców miast i wsi.	52
Ryc. 16. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na miejsce zamieszkania. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u mieszkańców miast i wsi.	53
Ryc. 17 Zestawienie wartości średniej i odchylenia standardowego zawartości Ca i P w głowie i szyjce kości udowej w grupach wiekowych dla wszystkich pacjentów (N=96).	54
Ryc. 18 Zestawienie wartości średniej i odchylenia standardowego zawartości Mg w głowie i szyjce kości udowej w grupach wiekowych dla wszystkich pacjentów (N=96).	55
Ryc. 19 Zestawienie wartości średniej i odchylenia standardowego zawartości Sr w głowie i szyjce kości udowej w grupach wiekowych dla wszystkich pacjentów (N=96).	55
Ryc. 20 Zestawienie wartości średniej i odchylenia standardowego zawartości Zn w głowie i szyjce kości udowej w grupach wiekowych dla wszystkich pacjentów (N=96).	56
Ryc. 21 Zestawienie wartości średniej i odchylenia standardowego zawartości Pb w głowie i szyjce kości udowej w grupach wiekowych dla wszystkich pacjentów (N=96).	56
Ryc. 22. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na aktywność fizyczną. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u osób aktywnych i nieaktywnych fizycznie.	60
Ryc. 23. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na aktywność fizyczną. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u osób aktywnych i nieaktywnych fizycznie.	61
Ryc. 24. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u chorych z wtórnymi i pierwotnymi zmianami zwyrodnieniowymi.	65
Ryc. 25. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych. Projekcja zmiennych (zawartości pierwiastków w głowie kości udowej) na płaszczyznę dwóch pierwszych głównych składowych (Czynn. 1, Czynn. 2) u chorych z wtórnymi i pierwotnymi zmianami zwyrodnieniowymi.	66

12 WYKAZ TABEL

Tabela 1. Skala zaawansowania zmian radiologicznych w chorobie zwyrodnieniowej stawów według Kellgren'a i Lawrence'a [83]	17
Tabela 2. Warunki analizy ICP-AES (Yobin-Yvon) i spektrometru FAAS (Shimadzu)	22
Tabela 3. Charakterystyka badanych chorych. Zastosowano oznaczenia: M-W – test Manna-Whitneya,	23
Tabela 4. Charakterystyka badanych chorych.....	24
Tabela 5. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) w badanych materiałach ludzkiej kości. Zastosowano oznaczenia: AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)	25
Tabela 6. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce i głowie kości udowej oraz wieku; * istotne statystycznie	26
Tabela 7. Analiza składowych głównych zawartości pierwiastków w głowie i szyjce kości udowej	27
Tabela 8. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na płeć. Zastosowano oznaczenia: AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)	29
Tabela 9. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na płeć; * istotne statystycznie	30
Tabela 10. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na płeć; * istotne statystycznie	31
Tabela 11. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na płeć	32
Tabela 12. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na płeć	33
Tabela 13. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na palenie tytoniu. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)	34
Tabela 14. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na palenie tytoniu; * istotne statystycznie	36
Tabela 15. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na palenie tytoniu; * istotne statystycznie	36
Tabela 16. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na palenie tytoniu.....	37

Tabela 17. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na palenie tytoniu.....	38
Tabela 18. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)	39
Tabela 19. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi w wywiadzie; * istotne statystycznie	40
Tabela 20. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi w wywiadzie; * istotne statystycznie	41
Tabela 21. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi	42
Tabela 22. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na kontakt z zanieczyszczeniami chemicznymi	43
Tabela 23. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na spożycie alkoholu. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)	44
Tabela 24. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na spożycie alkoholu; * istotne statystycznie	45
Tabela 25. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na spożycie alkoholu; * istotne statystycznie	46
Tabela 26. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na spożycie alkoholu	47
Tabela 27. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na spożycie alkoholu	48
Tabela 28. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na miejsce zamieszkania. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)	49
Tabela 29. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na miejsce zamieszkania; * istotne statystycznie	50

Tabela 30. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na miejsce zamieszkania; * istotne statystycznie	51
Tabela 31. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na miejsce zamieszkania.....	52
Tabela 32. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na miejsce zamieszkania.....	53
Tabela 33. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na aktywność fizyczną. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)	57
Tabela 34. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na aktywność fizyczną; * istotne statystycznie	58
Tabela 35. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na aktywność fizyczną; * istotne statystycznie	59
Tabela 36. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na aktywność fizyczną	60
Tabela 37. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na aktywność fizyczną	61
Tabela 38. Zawartość pierwiastków (w mg/kg suchej masy) i różnice między nimi w badanych materiałach ludzkiej kości z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział, CV – współczynnik zmienności w procentach, M-W – test Manna-Whitneya, p – poziom istotności, NS – różnica nieistotna statystycznie (N=96)	62
Tabela 39. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w szyjce kości udowej oraz wieku z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych; * istotne statystycznie	63
Tabela 40. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie kości udowej oraz wieku z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych; * istotne statystycznie	64
Tabela 41. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w szyjce kości udowej z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych	65
Tabela 42. Analiza składowych głównych dla zawartości pierwiastków w głowie kości udowej z podziałem na rodzaj zmian zwyrodnieniowych	66
Tabela 43. Współczynniki korelacji Spearmana zawartości pierwiastków występujących w głowie i szyjce kości udowej oraz poszczególnych elementów oceny klinicznej (BMI, CT – grubość korówkowa, RCT – indeks korówkowy, NRS – numeryczna skala bólu, KL – skala Kellgren'a i Lawrence'a); * istotne statystycznie...	67
Tabela 44. Dotychczasowe badania zawartości pierwiastków w głowie i szyjce kości udowej z podziałem na kość korową i gąbczastą [mg/kg]. Zastosowano oznaczenia: Pierw. – pierwiastek; AM – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Med. – mediana; przedz. – przedział	70

13 BIBLIOGRAFIA

1. Hodgson, E., *A textbook of modern toxicology*. 4 ed. 2010: Wiley Online Library.
2. Goyer, R.A., *Toxic and essential metal interactions*. Annual review of nutrition, 1997. **17**(1): p. 37-50.
3. Fowler, B.A., et al., *Handbook on the Toxicology of Metals*. 2011: Access Online via Elsevier.
4. Bochenek, A. and M. Reicher, *Anatomia człowieka*. Vol. I. 1990, Warszawa: PZWL.
5. Glimcher, M.J., Bone: Nature of the Calcium Phosphate Crystals and Cellular, Structural, and Physical Chemical Mechanisms in Their Formation. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 2006. **64**(1): p. 223-282.
6. Zaichick, S., et al., The effect of age and gender on 59 trace-element contents in human rib bone investigated by inductively coupled plasma mass spectrometry. Biol Trace Elem Res, 2011. **143**(1): p. 41-57.
7. Boonen, S., et al., Age-associated decline in human femoral neck cortical and trabecular content of insulin-like growth factor I: potential implications for age-related (type II) osteoporotic fracture occurrence. Calcif Tissue Int, 1997. **61**(3): p. 173-8.
8. *Endoprotezoplastyka stawowa w 2012 r.* 2013, Departament Spraw Świadczeniobiorców, Narodowy Fundusz Zdrowia: Warszawa.
9. Goldring, M.B. and S.R. Goldring, Articular cartilage and subchondral bone in the pathogenesis of osteoarthritis. Ann N Y Acad Sci, 2010. **1192**: p. 230-7.
10. Madry, H., C.N. van Dijk, and M. Mueller-Gerbl, *The basic science of the subchondral bone*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2010. **18**(4): p. 419-33.
11. Burr, D.B. and M.A. Gallant, *Bone remodelling in osteoarthritis*. Nat Rev Rheumatol, 2012. **8**(11): p. 665-73.
12. Niedźwiedzki, T. and J. Kuryszko, *Biologia Kości*. 2007, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
13. Sobczak-Kupiec, A. and Z. Wzorek, *Właściwości fizykochemiczne ortofosforanów wapnia istotnych dla medycyny-TCP i HAp*. Czasopismo Techniczne. Chemia, 2010. **107**: p. 309-322.
14. Święcicki, Z., *Bioceramika dla ortopedii*, Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, . Wyd. Spółdzielcze Sp. z o.o., Warszawa, 1992.
15. Belousova, E., et al., Apatite as an indicator mineral for mineral exploration: trace-element compositions and their relationship to host rock type. Journal of Geochemical Exploration, 2002. **76**(1): p. 45-69.
16. LeGeros, R. and J. Legeros, *Phosphate Minerals in Human Tissues*, in *Phosphate Minerals*, J. Nriagu and P. Moore, Editors. 1984, Springer Berlin Heidelberg. p. 351-385.
17. Skinner, H.C.W., *Biominerals*. Mineralogical Magazine, 2005. **69**(5): p. 621-641.
18. Pasteris, J.D., B. Wopenka, and E. Valsami-Jones, *Bone and Tooth Mineralization: Why Apatite?* Elements, 2008. **4**(2): p. 97-104.
19. Berglund, M., et al., *Metal-bone interactions*. Toxicol Lett, 2000. **112-113**: p. 219-25.
20. Medvecký, L., et al., *Influence of manganese on stability and particle growth of hydroxyapatite in simulated body fluid*. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2006. **281**(1): p. 221-229.

21. Yasukawa, A., et al., *Preparation and characterization of barium–strontium hydroxyapatites*. Journal of colloid and interface science, 1997. **191**(2): p. 407-415.
22. Sobczak-Kupiec, A., et al., *Magnez jako modyfikator właściwości fizykochemicznych hydroksyapatytu*. Czasopismo Techniczne. Chemia, 2011. **108**: p. 269-277.
23. Vallet-Regi, M. and J.M. González-Calbet, *Calcium phosphates as substitution of bone tissues*. Progress in Solid State Chemistry, 2004. **32**(1): p. 1-31.
24. Boskey, A. and N. Pleshko Camacho, *FT-IR imaging of native and tissue-engineered bone and cartilage*. Biomaterials, 2007. **28**(15): p. 2465-78.
25. Mann, S., *Biomineralization: principles and concepts in bioinorganic materials chemistry*. 2005, Oxford [u.a.]: Oxford Univ. Press.
26. Zhu, W., P.G. Robey, and A.L. Boskey, *The regulatory role of matrix proteins in mineralization of bone*. Fundamentals of Osteoporosis, 2009: p. 153-202.
27. LeGeros, R.Z., *Properties of osteoconductive biomaterials: calcium phosphates*. Clin Orthop Relat Res, 2002(395): p. 81-98.
28. Clarke, B., *Normal bone anatomy and physiology*. Clinical journal of the American Society of Nephrology, 2008. **3**(Supplement 3): p. S131-S139.
29. Glimcher, M.J., Chapter 2 - The Nature of the Mineral Phase in Bone: Biological and Clinical Implications, in *Metabolic Bone Disease and Clinically Related Disorders (Third Edition)*, L.V. Avioli and S.M. Krane, Editors. 1998, Academic Press: San Diego. p. 23-II.
30. Zhou, X., et al., *Phosphate/pyrophosphate and MV-related proteins in mineralisation: discoveries from mouse models*. International journal of biological sciences, 2012. **8**(6): p. 778.
31. Klepinger, L.L., *Nutritional Assessment From Bone*. Annual Review of Anthropology, 1984. **13**(1): p. 75-96.
32. Bergdahl, I.A., et al., *Lead concentrations in tibial and calcaneal bone in relation to the history of occupational lead exposure*. Scand J Work Environ Health, 1998. **24**(1): p. 38-45.
33. Honda, R., et al., *Zinc and copper levels in ribs of cadmium-exposed persons with special reference to osteomalacia*. Environmental research, 1997. **75**(1): p. 41-48.
34. O'Connor, B., et al., *Levels and temporal trends of trace element concentrations in vertebral bone*. Archives of Environmental Health: An International Journal, 1980. **35**(1): p. 21-28.
35. Tzaphlidou, M. and V. Zaichick, *Calcium, phosphorus, calcium-phosphorus ratio in rib bone of healthy humans*. Biological trace element research, 2003. **93**(1-3): p. 63-74.
36. Szumińska-Napiontek, E., *Krzywica [w:] Wiktora Degi Ortopedia i Rehabilitacja*. Marciniak W, Szulc A (red.), PZWL, Warszawa, 2003.
37. Gulson, B., et al., *Pregnancy increases mobilization of lead from maternal skeleton*. Journal of Laboratory and Clinical Medicine, 1997. **130**(1): p. 51-62.
38. Kwapulinski, J., B. Brodziak, and M. Bogunia, *Relative changes of elements in human osseous tissue*. Bull Environ Contam Toxicol, 2003. **70**(6): p. 1089-96.
39. Brodziak-Dopierala, B., et al., *Changes of heavy metal concentrations in cross-sections of human femur head*. Biol Trace Elem Res, 2006. **114**(1-3): p. 107-14.

40. Kwapulinski, J., et al., Anomalies in interactions of selected metals in the femur heads of people living within their permanent emission. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2009. **18**(7): p. 1075-1079.
41. Priest, N.D. and F. Van de Vyver, *Trace metals and fluoride in bones and teeth*. 1990: CRC Press.
42. Ericson, J.E., D.R. Smith, and A.R. Flegal, *Skeletal concentrations of lead, cadmium, zinc, and silver in ancient North American Pecos Indians*. *Environmental health perspectives*, 1991. **93**: p. 217.
43. Patterson, C., et al., Natural skeletal levels of lead in *Homo sapiens sapiens* uncontaminated by technological lead. *Science of the Total Environment*, 1991. **107**: p. 205-236.
44. Brodziak-Dopierala, B., et al., *Interactions between concentrations of chemical elements in human femoral heads*. *Arch Environ Contam Toxicol*, 2009. **57**(1): p. 203-10.
45. Fairbrother, A., et al., *Framework for metals risk assessment*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2007. **68**(2): p. 145-227.
46. Kabata-Pendias, A. and A.B. Mukherjee, *Trace elements from soil to human*. 2007: Springer.
47. Cowan, J., Structural and catalytic chemistry of magnesium-dependent enzymes. *Biometals*, 2002. **15**(3): p. 225-235.
48. Rude, R.K. and H.E. Gruber, *Magnesium deficiency and osteoporosis: animal and human observations*. *The Journal of nutritional biochemistry*, 2004. **15**(12): p. 710-716.
49. Teucher, B., et al., Sodium and bone health: impact of moderately high and low salt intakes on calcium metabolism in postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 2008. **23**(9): p. 1477-1485.
50. Lanham-New, S.A., H. Lambert, and L. Frassetto, *Potassium*. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 2012. **3**(6): p. 820-821.
51. Solomons, N.W., *Update on Zinc Biology*. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 2013. **62**(suppl 1)(Suppl. 1): p. 8-17.
52. Hesse, E., et al., *Zinc finger protein 521, a new player in bone formation*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2010. **1192**(1): p. 32-37.
53. Jensen, E.D., R. Gopalakrishnan, and J.J. Westendorf, *Regulation of gene expression in osteoblasts*. *Biofactors*, 2010. **36**(1): p. 25-32.
54. Yamaguchi, M. and M.N. Weitzmann, *Zinc stimulates osteoblastogenesis and suppresses osteoclastogenesis by antagonizing NF- κ B activation*. *Molecular and cellular biochemistry*, 2011. **355**(1-2): p. 179-186.
55. Fong, L., et al., Interaction of dietary zinc and intracellular binding protein metallothionein in postnatal bone growth. *Bone*, 2009. **44**(6): p. 1151-1162.
56. Hamza, R.T., A.I. Hamed, and M.T. Sallam, Effect of zinc supplementation on growth hormone-insulin growth factor axis in short Egyptian children with zinc deficiency. *Ital J Pediatr*, 2012. **38**(1): p. 21.
57. Brodziak-Dopierala, B., et al., *Interactions of copper and iron with other elements in the osseous tissue of the femur head*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2009. **18**(10a): p. 1963-1966.
58. Okano, T., *Effects of essential trace elements on bone turnover--in relation to the osteoporosis*. *Nihon rinsho*. Japanese journal of clinical medicine, 1996. **54**(1): p. 148.
59. de Romaña, D.L., et al., *Risks and benefits of copper in light of new insights of copper homeostasis*. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2011. **25**(1): p. 3-13.

60. Collins, J.F., J.R. Prohaska, and M.D. Knutson, *Metabolic crossroads of iron and copper*. Nutr Rev, 2010. **68**(3): p. 133-47.
61. Budis, H., et al., The concentration of manganese, iron, and strontium in hip joint bone obtained from patients undergoing hip replacement surgery. J Trace Elem Med Biol, 2013.
62. Saidak, Z. and P.J. Marie, Strontium signaling: molecular mechanisms and therapeutic implications in osteoporosis. Pharmacol Ther, 2012. **136**(2): p. 216-26.
63. Marie, P., D. Felsenberg, and M. Brandi, How strontium ranelate, via opposite effects on bone resorption and formation, prevents osteoporosis. Osteoporosis International, 2011. **22**(6): p. 1659-1667.
64. Ross, A.C., *Modern Nutrition in Health and Disease*. 2012: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
65. Descotes, J., *Human toxicology*. 1996: Elsevier.
66. ATSDR, *Toxicological profile for nickel*. 2007, American Toxic Substances and Diseases Registry: Atlanta. p. 21-169.
67. Seńczuk, W. and T. Bogdanik, *Toksykologia współczesna*. 2005: Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
68. Cempel, M. and G. Nikel, *Nickel: a review of its sources and environmental toxicology*. Polish Journal of Environmental Studies, 2006. **15**(3): p. 375-382.
69. Brodziak-Dopierala, B., et al., *The occurrence of nickel and other elements in tissues of the hip joint*. Ecotoxicol Environ Saf, 2011. **74**(4): p. 630-5.
70. Prutsman-Pfeiffer, J.J., Lead in the human femoral head: Relationships of pathology, environmental exposure, micro-architecture, and biocultural contributions to bone quality. 2008: ProQuest.
71. Büsselberg, D., *Calcium channels as target sites of heavy metals*. Toxicology Letters, 1995. **82-83**(0): p. 255-261.
72. Rosen, J.F., The metabolism of lead in isolated bone cell populations: interactions between lead and calcium. Toxicology and applied pharmacology, 1983. **71**(1): p. 101-112.
73. Godwin, H.A., *The biological chemistry of lead*. Current Opinion in Chemical Biology, 2001. **5**(2): p. 223-227.
74. Jaffe, E.K., et al., *The molecular mechanism of lead inhibition of human porphobilinogen synthase*. Journal of Biological Chemistry, 2001. **276**(2): p. 1531-1537.
75. Todorovic, T. and D. Vujanovic, *The influence of magnesium on the activity of some enzymes (AST, ALT, ALP) and lead content in some tissues*. Magnesium research: official organ of the International Society for the Development of Research on Magnesium, 2002. **15**(3-4): p. 173-177.
76. Gulson, B.L., et al., *Contribution of lead from calcium supplements to blood lead*. Environmental Health Perspectives, 2001. **109**(3): p. 283.
77. Woolf, A.D. and B. Pflieger, *Burden of major musculoskeletal conditions*. Bulletin of the World Health Organization, 2003. **81**(9): p. 646-656.
78. Murphy, L., et al., *Lifetime risk of symptomatic knee osteoarthritis*. Arthritis Care & Research, 2008. **59**(9): p. 1207-1213.
79. Murphy, L.B., et al., One in four people may develop symptomatic hip osteoarthritis in his or her lifetime. Osteoarthritis and Cartilage, 2010. **18**(11): p. 1372-1379.

80. Kingsbury, S.R., et al., Osteoarthritis in Europe: impact on health status, work productivity and use of pharmacotherapies in five European countries. *Rheumatology*, 2014: p. ket463.
81. Vos, T., et al., Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, 2013. **380**(9859): p. 2163-2196.
82. Wierusz-Kozłowska, M. and J. Markuszewski, *Choroba zwyrodnieniowa stawów [w:] Wiktora Degi Ortopedia i Rehabilitacja*. Marciniak W, Szulc A (red.), PZWL, Warszawa, 2003.
83. Kellgren, J. and J. Lawrence, *Radiological assessment of osteo-arthritis*. *Ann Rheum Dis*, 1957. **16**(4): p. 494-502.
84. Brodziak, B., J. Kwapuliński, and J. Rzepka, Application of femur capitulum in estimation of the exposure to the selected heavy metals in inhabitants of industrial and recreational regions. *Med.Środow.*, 2004. **7**(2): p. 105-111.
85. Brodziak-Dopierala, B., et al., The Application of Principal Component Analysis to Interpretation of Occurrence of Metals in the Femur Head. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2010. **19**(1).
86. Kuo, H.-W., et al., *Determination of 14 elements in Taiwanese bones*. *Science of the total environment*, 2000. **255**(1): p. 45-54.
87. Patrick, L., Toxic metals and antioxidants: Part II. The role of antioxidants in arsenic and cadmium toxicity. *Alternative Medicine Review*, 2003. **8**(2).
88. Zaichick, V., *INAA of Ca, Cl, K, Mg, Mn, Na, P, and Sr contents in the human cortical and trabecular bone*. *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 2006. **269**(3): p. 653-659.
89. Lanocha, N., et al., Concentrations of trace elements in bones of the hip joint from patients after hip replacement surgery. *J Trace Elem Med Biol*, 2012. **26**(1): p. 20-5.
90. Jurkiewicz, A., et al., Metal content in femoral head spongy bone of people living in regions of different degrees of environmental pollution in Southern and Middle Poland. *Ecotoxicol Environ Saf*, 2004. **59**(1): p. 95-101.
91. Darrah, T., *Inorganic trace element composition of modern human bones: relation to bone pathology and geographical provenance*. 2009.
92. Lanocha, N., et al., *Comparison of metal concentrations in bones of long-living mammals*. *Biol Trace Elem Res*, 2013. **152**(2): p. 195-203.
93. Jurkiewicz, A., et al., *Lead content in the femoral heads of inhabitants of Silesia (Poland)*. *J Trace Elem Med Biol*, 2005. **19**(2-3): p. 165-70.
94. Wiechula, D., A. Jurkiewicz, and K. Loska, An assessment of natural concentrations of selected metals in the bone tissues of the femur head. *Sci Total Environ*, 2008. **406**(1-2): p. 161-7.
95. Brodziak, B., et al., *The Occurrence of Co, Ag, Al, Sr in Femur Head*. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2006. **15**.
96. Lanocha, N., et al., Comparison of concentrations of lead and cadmium in various parts of the femur head in patients after arthroplasty of the hip joint in Northwest Poland. *Biomed Environ Sci*, 2012. **25**(5): p. 577-82.
97. Lanocha, N., et al., The effect of environmental factors on concentration of trace elements in hip joint bones of patients after hip replacement surgery. *Ann Agric Environ Med*, 2013. **20**(3): p. 487-93.

98. Vahter, M., et al., *Metals and women's health*. Environmental research, 2002. **88**(3): p. 145-155.
99. Zaichick, V., et al., The Effect of Age and Gender on Al, B, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, P, S, Sr, V, and Zn Contents in Rib Bone of Healthy Humans. Biological Trace Element Research, 2009. **129**(1-3): p. 107-115.
100. Zaichick, S. and V. Zaichick, The effect of age and gender on 38 chemical element contents in human femoral neck investigated by instrumental neutron activation analysis. Biol Trace Elem Res, 2010. **137**(1): p. 1-12.
101. Jamieson, J.A., C.G. Taylor, and H.A. Weiler, Marginal Zinc Deficiency Exacerbates Bone Lead Accumulation and High Dietary Zinc Attenuates Lead Accumulation at the Expense of Bone Density in Growing Rats. Toxicological Sciences, 2006. **92**(1): p. 286-294.
102. Cashman, K.D., *Diet, Nutrition, and Bone Health*. The Journal of Nutrition, 2007. **137**(11): p. 2507S-2512S.
103. Lowe, N.M., W.D. Fraser, and M.J. Jackson, *Is there a potential therapeutic value of copper and zinc for osteoporosis?* Proceedings of the Nutrition Society, 2002. **61**(02): p. 181-185.
104. Tapiero, H. and K.D. Tew, *Trace elements in human physiology and pathology: zinc and metallothioneins*. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2003. **57**(9): p. 399-411.
105. Egger, P., et al., *Cigarette smoking and bone mineral density in the elderly*. Journal of Epidemiology and Community Health, 1996. **50**(1): p. 47-50.
106. Szulc, P., et al., *Increased Bone Resorption in Moderate Smokers with Low Body Weight: The Minos Study*. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 2002. **87**(2): p. 666-674.
107. Krall, E.A. and B. Dawson-Hughes, *Smoking Increases Bone Loss and Decreases Intestinal Calcium Absorption*. Journal of Bone and Mineral Research, 1999. **14**(2): p. 215-220.
108. Wiechula, D., A. Jurkiewicz, and K. Loska, *Arsenic content in the femur head of the residents of southern and central Poland*. Biol Trace Elem Res, 2003. **92**(1): p. 17-26.
109. McKinlay, S.M., N.L. Bifano, and J.B. McKinlay, *Smoking and Age at Menopause in Women*. Annals of Internal Medicine, 1985. **103**(3): p. 350-356.
110. Compston, J., *Smoking and the Skeleton*. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 2007. **92**(2): p. 428-429.
111. Brodziak-Dopierala, B., et al., [Influence of smoking tobacco on the occurrence metals in some parts and profiles of femur head]. Przegl Lek, 2007. **64**(10): p. 720-2.
112. Brot, C., N.R. Jorgensen, and O.H. Sorensen, *The influence of smoking on vitamin D status and calcium metabolism*. European journal of clinical nutrition, 1999. **53**(12): p. 920-926.
113. Hermann, A.P., et al., *Premenopausal Smoking and Bone Density in 2015 Perimenopausal Women*. Journal of Bone and Mineral Research, 2000. **15**(4): p. 780-787.
114. Ambrose, T.M., M. Al-Lozi, and M.G. Scott, *Bone lead concentrations assessed by in vivo X-ray fluorescence*. Clinical chemistry, 2000. **46**(8): p. 1171-1178.
115. Bogunia, M., et al., [The occurrence lead and cadmium in hip joint in aspect of exposure on tobacco smoke]. Przegl Lek, 2008. **65**(10): p. 529-32.
116. Mancinelli, R., et al., Blood thiamine, zinc, selenium, lead and oxidative stress in a population of male and female alcoholics: clinical evidence and gender differences. Annali dell'Istituto superiore di sanità, 2013. **49**(1): p. 65-72.

117. Kupraszewicz, E. and M.M. Brzóška, Excessive ethanol consumption under exposure to lead intensifies disorders in bone metabolism: A study in a rat model. *Chemico-biological interactions*, 2013. **203**(2): p. 486-501.
118. Allen, M.J., et al., The effects of particulate cobalt, chromium and cobalt-chromium alloy on human osteoblast-like cells in vitro. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume*, 1997. **79**(3): p. 475-482.
119. Sampson, H.W., *Alcohol, osteoporosis, and bone regulating hormones*. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 1997. **21**(3): p. 400-403.
120. Bikle, D., *Effects of alcohol abuse on bone*. *Comprehensive therapy*, 1988. **14**(2): p. 16-20.
121. Kanis, J.A., et al., *Alcohol intake as a risk factor for fracture*. *Osteoporosis international*, 2005. **16**(7): p. 737-742.
122. Jurkiewicz, A., et al., *The cadmium contents in the femoral head in inhabitants of Upper Silesia*. *Ortop Traumatol Rehabil*, 2001. **3**(3): p. 350-3.
123. Yoshinaga, J., et al., Trace elements in ribs of elderly people and elemental variation in the presence of chronic diseases. *Science of the total environment*, 1995. **162**(2): p. 239-252.
124. Pułyk, M., *Raport o stanie środowiska w Wielkopolsce w roku 2012*. 2013, Biblioteka Monitoringu Środowiska: Poznań.