

Procesy inwolucyjne i ich uwarunkowania w układzie kostnym ludności średniowiecznej i współczesnej na przykładzie drugiej kości śródrecza

Artur Rewekant

Abstract

INVOLUTIONARY PROCESSES IN THE SKELETON OF MEDIAEVAL AND CONTEMPORARY POPULATIONS ON THE BASIS OF THE SECOND METACARPAL. The purpose of this paper is to present general trends in bone involution using second metacarpal in a mediaeval population and to compare the obtained results with data for contemporary groups. The findings may be valuable for the knowledge of general and regional human skeletal ageing.

Artur Rewekant, 1996; *Anthropological Review*, vol. 59, Poznań 1996, pp. 59–76, figs 11, tables 5. ISBN 83-86969-05-9, ISSN 0033-2003

Wstęp

Jednym z istotnych kierunków zainteresowań antropologii fizycznej jest rekonstrukcja natężenia oraz przebiegu procesów biologicznych w organizmie ludzkim pod wpływem czynników środowiska przyrodniczego i kulturowego. Wiele badań prowadzonych na szeroka skalę, nie tylko w naukach biologicznych, skupia się obecnie na zjawisku starzenia się organizmu człowieka. Wynika to głównie z faktu dość szybkiego zwiększania się frakcji osób w wieku podeszłym w populacji światowej (zwłaszcza w krajach zachodnich) i związanych z tym problemów natury medycznej, socjologicznej czy społecznej [BORKAN i wsp. 1982, STINI 1990a, WOODRUFF, BIRREN 1983].

Starzenie się organizmu jest sumą zmian pojawiających się w okresie reprodukcji, które obniżają jego możliwości funkcjonalne i zwiększają ryzyko śmierci. Jednym z najważniejszych ustaleń w badaniach dotyczących biologii kości, jest uznanie inwolucji tkanki kostnej za zjawisko normalne, charakterystyczne dla procesu starzenia się we wszystkich populacjach [ADAMS i wsp. 1970, GARN 1967, GARN i wsp. 1969, PLATO, TOBIN 1990].

Badanie stopnia mineralizacji szkieletu w połączeniu z analizą warunków życia, żywienia [HEGSTED 1967, POSNER 1967] oraz typem budowy ciała [GARN, HULL 1966, KIRCHENGAST 1993a, 1993b, 1993c, NELSON i wsp. 1991, PRADO i wsp. 1992] ma niekwestionowane znaczenie w diagnozowaniu chorób związanych z zaburzonym metabolizmem tkanki kostnej i innymi pokrewnymi procesami [SMITH 1967, STINI 1990b]. Zmiany

z wiekiem, różnice płciowe, modele wzrostu i rozwoju oraz udział procesów chorobowych w remodelowaniu tkanki kostnej to zagadnienia badawcze od niedawna obecne również w antropologii fizycznej. Szczególne zainteresowanie mineralnym statusem szkieletu nastąpiło po wprowadzeniu przez antropologów nieinwazyjnych metod analizy ilości i struktury tkanki kostnej, wystarczająco nieskomplikowanych, aby objąć badaniami duże populacje. Do chwili obecnej wypracowano już wiele technik badań kości, które przy systematycznym zastosowaniu mogą przyczynić się do rekonstrukcji przynajmniej niektórych zmienionych ograniczających zdolności adaptabilne osobnika. Antropologowie fizyczni prowadzili badania ciągle, jak i przekrojowe, zwracając szczególną uwagę na wzajemne związki pomiędzy biologicznymi i kulturowymi oddziaływaniami na biodynamikę tkanki kostnej. W konfrontacji z analizami ciągłymi, wykorzystanie i interpretacja danych przekrojowych, które opisują stan biologiczny badanego osobnika w określonym wieku, i które mają służyć jako wyznaczniki stopnia zaawansowania procesów inwolucyjnych szkieletu, przedstawia określone trudności i wymaga zastosowania założeń modelowych. Konieczny jest zwłaszcza dobór odpowiednich pod względem liczebności, pochodzenia geograficznego i etnicznego prób, zastosowanie odpowiednich testów, a także uwzględnienie wpływu chorób mogących zaburzać otrzymany obraz zmian ilości i struktury tkanki kostnej z wiekiem.

Dużą wagę dla obecnej wiedzy na temat zmian układu kostnego w ontogenezie mają badania różnic statusu mineralnego między populacjami reprezentowanymi przez materiały szkieletowe a grupami

współczesnymi [DEWEY i wsp. 1969a, 1969b, PERZIGIAN 1973]. Szczęólnego znaczenia nabierają porównania nowoczesnych populacji osiadłych z grupami łowców-zbieraczy, czy też próby określenia wpływu przyjęcia rolniczego trybu życia na modelowanie zmian kostnych u osobników [FORMICOLA, GARULLI 1988, GOODMAN i wsp. 1984, RUFF i wsp. 1984]. Liczne badania populacji historycznych i pradziejowych pokazały jednak, że stosunkowo trudno jest oddzielić wpływ środowiska (szczególnie typ odżywiania) od uwarunkowań genetycznych czy biomechanicznych w remodelowaniu tkanki kostnej. Jednym z głównych powodów niemożności oszacowania dokładnego wpływu diety na kinetykę tkanki kostnej są ograniczenia metodyczne rekonstrukcji diety w pradziejach, rzadko bowiem posiadamy jednocześnie materiał szkieletowy z danej populacji i dokładną informację na temat jej diety. Można domyślać się niezaspokojenia wymagań energetycznych czy specyficznych niedoborów pożywienia, jednakże często posiadany materiał nie daje podstaw do weryfikacji postawionych hipotez.

Podobnie jak inne układy, szkielet ulega przemianom strukturalnym w ontogenezie w sposób ciągły [SUSANNE 1980, WOLAŃSKI 1986], a analizy histologiczno-morfologiczne kości dostarczają informacji o stanie fizjologicznym osobnika. Kość reaguje w pewnym zakresie na stres żywieniowy czy chorobowy (resorpcja i odkładanie), nie wszystkie jednak specyficzne wyznaczniki warunków stresowych mogą zostać zarejestrowane na materiale szkieletowym [GOODMAN i wsp. 1988]. Dlatego też w miarę dokładne określenie wzorca remodelowania pomaga lepiej poznać procesy biodynamiczne w tkance kostnej oraz ujawnić

mniej specyficzne uwarunkowania wynikające z zaburzeń metabolicznych i niedoborów żywieniowych. Analiza zmian anatomiczno-morfologicznych kości jest często wstępnym etapem, poprzedzającym zastosowanie bardziej wyrafinowanych i skomplikowanych metod badawczych. Umożliwia ona, zarówno w przypadku badań wewnątrz- jak i międzypopulacyjnych, poznanie zmienności wielu cech, oszacowanie stopnia dymorfizmu płciowego i asymetrii. Bardzo często pełna analiza osteometryczna jest niemożliwa ze względu na złe zachowanie materiału kostnego. W takich sytuacjach na znaczeniu zyskują kości małe, częściej niż inne zachowane w całości, których cechy mogą w wielu przypadkach mieć znaczenie diagnostyczne. Należą do nich niewątpliwie kości ręki i stopy. Ich zadowalający opis morfologiczno-statystyczny z różnych względów rzadko pojawiał się w literaturze przedmiotu, chociaż ujednoliconą techniką ich pomiaru, ze ścisłym zdefiniowaniem punktów pomiarowych, samych pomiarów oraz wskaźników została opracowana stosunkowo dawno.

W niniejszej pracy badaniom radiologiczno-morfologicznym, w kontekście zmian inwolucyjnych tkanki kostnej z wiekiem, poddano drugie kości śródreżca ze średniowiecznych populacji szkieletowych. Wydaje się, że prezentowane opracowanie może przyczynić się do udzielenia odpowiedzi na pytanie, czy obserwowane w analizach porównawczych przyspieszenie tempa ubytku tkanki kostnej z wiekiem jest charakterystyczne także dla grup pradziejowych, co świadczyłoby o tym, że ogólna tendencja inwolucji szkieletu nie zmieniła się istotnie w ciągu stuleci i jej przebieg zarówno w pradziejach jak i obecnie jest podobny. Cele szczegółowe pracy to:

1) dokonanie charakterystyki morfometryczno-radiologicznej drugich kości śródreżca z podaniem stopnia asymetrii morfologicznej i dymorfizmu płciowego;

2) prezentacja ogólnych tendencji zmian osteoporotycznych z wiekiem;

3) porównanie opisanych procesów w populacjach średniowiecznych z danymi dla grup współczesnych i wyciągnięcie ogólnych wniosków co do charakteru zmian osteoporotycznych szkieletu.

Materiał i metody

Kryteria doboru materiału własnego

Podjęcie badań mających na celu ocenę zmian inwolucyjnych szkieletu jest trudne przede wszystkim z dwóch powodów. Pierwszy to trudności z zebraniem odpowiedniej liczby badanych kości pochodzących ze szkieletów, dla których można dokonać ocen biologicznych. Po drugie, badania tego typu wymagają wiadomości o wieku, płci i ogólnym stanie zdrowia osobnika.

W badaniach rentgenometrycznych, dotyczących oszacowania ilości tkanki kostnej na podstawie grubości warstwy korowej, bardzo często wykorzystywane są kości śródreżca. Wynika to z faktu, że zdjęcia rentgenowskie dłoni wymagają zastosowania stosunkowo niskich dawek promieniowania, na które narażona jest badana osoba. Ponadto kolejne zdjęcia mogą być wykonywane z dużą dokładnością i powtarzalnością warunków przy ułożeniu przednio-tylnym. Ważny jest również aspekt praktyczny i finansowy, gdyż, ze względu na małe wymiary, kości śródreżca w badaniach statusu mineralnego osobnika wymagają wykorzystania kaset małego formatu, a także użycia (z reguły tańszych) aparatów rentgenowskich mniejszej mocy. Względy te zade-

cydowały, że w prezentowanym opracowaniu do badań zmian inwolucyjnych szkieletu wybrane zostały kości śródreżca, tym bardziej, że w literaturze przedmiotu znaleźć można liczne prace analizujące procesy omawiane z wykorzystaniem tych właśnie kości, co umożliwia uwzględnienie danych porównawczych. O wyborze konkretnej kości śródreżca zdecydował uprzedni przegląd dostępnego materiału szkieletowego pod kątem częstości występowania poszczególnych kości śródreżca oraz ich ogólnej liczby w badanym zbiorze. Okazało się, że najliczniej reprezentowane są trzy pierwsze kości śródreżca. Do dalszych analiz wybrano drugą kość kierując się dwiema zasadniczymi przesłankami.

1. Omawiana kość charakteryzuje się stosunkowo małą zmiennością morfologiczną. Co więcej, przekrój środka jej trzonu (miejsce wykonywania pomiarów szerokości trzonu, grubości warstwy korowej i szerokości jamy szpikowej) jest najbardziej zbliżony do cylindrycznego. Umożliwia to zastosowanie formuł matematycznych, za pomocą których dokonuje się transformacji pomiarów liniowych na dane o powierzchni warstwy korowej; jamy szpikowej, czy też całkowitej powierzchni przekroju trzonu [HUMMERT 1983].

2. Ostatnie badania GARNA i wsp. [1991] wykonywane na populacjach współczesnych wykazały, że wartość diagnostyczna drugiej kości śródreżca w ocenie przebiegu procesów inwolucyjnych tkanki kostnej jest porównywalna z tą, jaką niesie analiza większej liczby kości śródreżca [VAN HEMERT i wsp. 1990, KUŠEC i wsp. 1988].

Do badań procesów inwolucyjnych układu kostnego wybrano drugie kości śródreżca pochodzące ze szkieletów

osobników dorosłych z czterech cmentarzy średniowiecznych z terenu Polski, a mianowicie Łekna, Niemczy, Ostrowa Lednickiego i Ślaboszewa. Okazało się jednak, że niektóre grupy reprezentują zbyt małe liczebności aby dokonać podziału ze względu na cechy biologiczne osobników lub czynniki kształtujące procesy inwolucyjne. Zaistniała więc potrzeba łącznego rozpatrzenia pięciu badanych grup w kolejnych etapach opracowania. W tym celu przeprowadzono wstępną analizę kształtowania się wartości miar położenia i rozproszenia poszczególnych cech morfologicznych u osobników obu płci i w różnym wieku, pochodzących z poszczególnych populacji. Porównanie to z kilkoma wyjątkami, które wynikać mogą z małych liczebności w odpowiednich grupach wiekowych, ujawniło brak istotnych różnic w wartościach badanych cech między seriami. Na pewnym etapie przygotowań materiałów pojawiła się również możliwość włączenia do badań danych o kościach pochodzących ze średniowiecznego cmentarzyska litewskiego Alitus, które znajdowały się w Katedrze Anatomii i Antropologii Wydziału Medycznego Uniwersytetu w Wilnie. Na wspomniane dane składały się zdjęcia rentgenowskie kości śródreżca i nadgarstka, pełna dokumentacja metryczna szkieletów wyeksplorowanych w trakcie badań oraz oceny płci i wieku osobników wykonane przy zastosowaniu standardowych metod wykorzystywanych dla identyfikacji cech biologicznych szkieletów ludzkich.

Większość szkieletów, do których należały analizowane kości śródreżca zachowała się w stopniu dobrym i bardzo dobrym. W oszacowaniu płci przyjęto podejście metodyczne polegające na ocenie stopnia wykształcenia licznych cech

opisowych i metrycznych czaszki oraz miednicy, jako tych części szkieletu, dla których dokładność określenia płci w sprzyjających warunkach badawczych i przy możliwości zastosowania analizy kompleksowej przekracza 90%. W szczególności wykorzystano metody rekomendowane w raporcie przygotowanym przez grupę antropologów europejskich [*Workshop of European Anthropologists* 1980]. W przypadku braku możliwości pełnej oceny płci na podstawie miednicy czaszki, wykorzystano postkranialne cechy metryczne niektórych kości długich, a ich wartości porównano z rozkładami tych cech właściwymi dla szkieletów męskich i żeńskich.

Wiek badanych osobników w chwili śmierci oceniono analizując stopień obliteracji szwów czaszkowych, wielkość starcia koron zębowych oraz nasilenie zmian zachodzących na powierzchni spojenia łonowego, przy uwzględnieniu wszystkich informacji jednostkowych mogących mieć wpływ na diagnozę wieku w chwili śmierci osobnika, jak np. zmiany zwyrodnieniowe trzonów kręgow, choroby zębów, zanik wyrostków zębodołowych itp. Nie uwzględniano natomiast w ocenie wieku zmian stopnia rozrzedzenia istoty gąbczastej w nasadzie kości ramiennej i udowej. Podobne kryteria oceny wieku w chwili śmierci osobnika zastosowane były w przypadku badań materiałów z cmentarzyska Alitus. Ocena wieku w chwili śmierci osobnika jest jednym z trudniejszych problemów metodycznych w antropologii fizycznej, co znajduje wyraz w polemikach i kontrowersjach prezentowanych w licznych pracach [BOCQUET-APPEL, MASSET 1982, SAUNDERS, KATZENBERG 1992, UBELAKER 1989, VAN GERVEN, ARMELAGOS 1983]. W związku z tym, przed

podjęciem zasadniczych analiz wykonano badania pilotażowe materiałów średniowiecznych. Okazało się, że uzyskane krzywe ubytku tkanki kostnej mają taki sam kształt jak krzywe z badań przekrojowych i ciągłych populacji współczesnych, dla których istniały dokładne określenia wieku kalendarzowego poszczególnych osobników.

Charakterystyka populacji porównawczych

Mimo dużej liczby prac, w których analizowano drugie kości śródreźca, wystąpiły dość znaczne trudności w zebraniu odpowiednich materiałów porównawczych. Analizując piśmiennictwo z zakresu antropologii fizycznej, w tym paleoantropologii, oraz opracowania kliniczne, do analiz wybrano te grupy, które odznaczają się najpełniejszym zestawem cech opisujących drugie kości śródreźca, a jednocześnie reprezentują grupy o zróżnicowanych charakterystykach biologicznych i społeczno-ekonomicznych istotnych dla analizy badanych procesów. Grupy te to: populacja białych Amerykanów z Ohio [GARN i wsp. 1971], rolnicze populacje środkowoamerykańskie [GARN i wsp. 1967, 1968] oraz rolnicza populacja europejska z wyspy Pag (Chorwacja) [KUŠEC i wsp. 1988].

Pomiary wykonane na podstawie zdjęć rentgenowskich

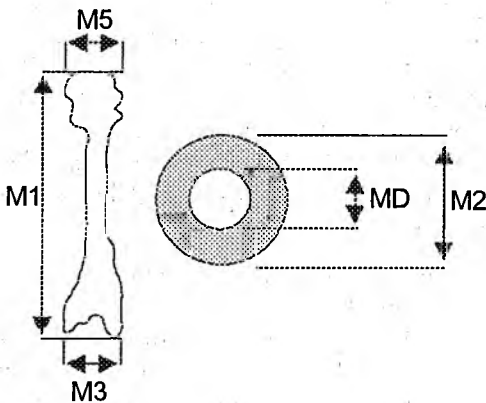
Analizie poddano 965 drugich kości śródreźca należących do 424 osobników płci męskiej i 297 osobników płci żeńskiej (tab. 1). Wszystkie kości śródreźca scharakteryzowane zostały dziewięcioma cechami. Ich oznaczenie i krótką charakterystykę przedstawia tabela 2, natomiast punkty pomiarowe związane z ich oznaczeniem rysunek 1. Opisu cech dokonano opierając się na metodyce proponowanej

Tabela 1. Liczebność drugich kości śródreżca w poszczególnych grupach wieku badanych populacji średniowiecznych

Wiek	mężczyźni				kobiety			
	kość lewa		kość prawa		kość lewa		kość prawa	
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%
20–30	61	20,8	54	19,1	70	37,4	68	33,5
30–40	61	20,8	64	22,8	50	26,8	63	31,0
40–50	76	26,0	79	28,0	37	19,8	41	20,2
50–x	95	32,4	85	30,1	30	16,0	31	15,3
Razem	293	100,0	282	100,0	187	100,0	203	100,0

Tabela 2. Zestawienie badanych cech

Cecha	Charakterystyka
długość <i>M1</i>	odległość między najbardziej oddalonymi od siebie punktami na nasadzie i na głowie
szerokość trzonu <i>M2</i>	szerokość trzonu mierzona w połowie jego długości
szerokość nasady <i>M3</i>	odległość między najbardziej bocznie oddalonymi od siebie punktami na nasadzie
szerokość głowy <i>M5</i>	odległość między najbardziej bocznie oddalonymi od siebie punktami na głowie
szerokość jamy szpikowej <i>MD</i>	szerokość jamy szpikowej mierzona w połowie długości trzonu
grubość warstwy korowej <i>CT</i>	różnica między szerokością trzonu <i>M2</i> a szerokością jamy szpikowej <i>MD</i>
wskaźnik metakarpalny <i>Ml</i>	iloraz grubości warstwy korowej <i>CT</i> i szerokości trzonu <i>M2</i>
powierzchnia korowa <i>CA</i>	obliczana ze wzoru $CA = 0,785 \square (M2^2 - MD^2)$
procent powierzchni korowej <i>PCA</i>	obliczany ze wzoru $PCA = (M2^2 - MD^2) \times 100 / M2^2$



Rys. 1. Sposób wykonywania pomiarów cyrklem suwakowym na trzonie drugiej kości śródreżca. Oznaczenia pomiarów: *M1* – długość kości, *M2* – szerokość trzonu, *M3* – szerokość nasady, *M5* – szerokość głowy, *MD* – szerokość jamy szpikowej

przez MARTINA i SALLERA [1957] oraz innych badaczy [BOCZOŃ 1990, FLOR-

KOWSKI 1975, GARN i wsp. 1967]. Podczas mierzenia zdjęcia znajdowały się na negatoskopie. Posłużono się cyrklem suwakowym o dokładności pomiaru 0,05 mm.

Omówienie wyników

Charakterystyka morfologiczno-radiologiczna

W badanym materiale średniowiecznym zaobserwowano statystycznie istotną asymetrię w pomiarach szerokościowych u obu płci (tab. 3). Pomiarów bezwzględnych kości są większe po prawej stronie ciała niż po lewej. Nie ma natomiast różnic istotnych w długości kości (*M1*). Największą asymetrię charakteryzuje się szerokość trzonu (*M2*) oraz powierzchnia korowa (*CA*) jako miara pochodna tej pierwszej.

Różnice dymorficzne, w przeciwień-

Tabela 3. Różnice średnich (m) pomiarów kości prawych i lewych u mężczyzn i kobiet oraz wartości testu t-Studenta

Cecha	mężczyźni		kobiety	
	$m_p - m_l$	t	$m_p - m_l$	t
długość $M1$	0,13	0,33	0,52	1,50
szerokość trzonu $M2$	0,31	4,34***	0,35	5,09***
szerokość nasady $M3$	0,23	0,78	0,68	2,01*
szerokość głowy $M5$	0,46	2,12*	0,45	1,61
szerokość jamy szpikowej MD	0,24	3,26**	0,19	2,31*
grubość warstwy korowej CT	0,06	0,92	0,14	2,00*
wskaźnik metakarpalny MI	-1,09	-1,59	-0,48	-0,54
powierzchnia korowa CA	2,76	3,50***	3,21	4,47***
procent powierzchni korowej PCA	-1,21	-1,84	-0,29	-0,33

* istotne na poziomie 0,05; ** istotne na poziomie 0,01; *** istotne na poziomie 0,001

Tabela 4. Różnice średnich (m) pomiarów kości kobiet i mężczyzn oraz wartości testu t-Studenta

Cecha	$m_k - m_m$		t	
	lewa	prawa	lewa	prawa
długość $M1$	-4,15	-3,76	9,76***	9,41***
szerokość trzonu $M2$	-0,99	-0,96	13,48***	12,79***
szerokość nasady $M3$	-1,32	-0,86	4,30***	2,51*
szerokość głowy $M5$	-1,29	-1,30	5,45***	4,92***
szerokość jamy szpikowej MD	-0,52	-0,57	6,36***	6,97***
grubość warstwy korowej CT	-0,47	-0,38	7,06***	5,56***
wskaźnik metakarpalny MI	0,42	-1,03	0,54	1,32
powierzchnia korowa CA	-9,78	-9,33	12,72***	11,36***
procent powierzchni korowej PCA	1,01	0,09	1,33	0,11

* istotne na poziomie 0,05; *** istotne na poziomie 0,001

stwie do asymetrii morfologicznej, okazały się istotne statystycznie we wszystkich pomiarach bezwzględnych (tab. 4).

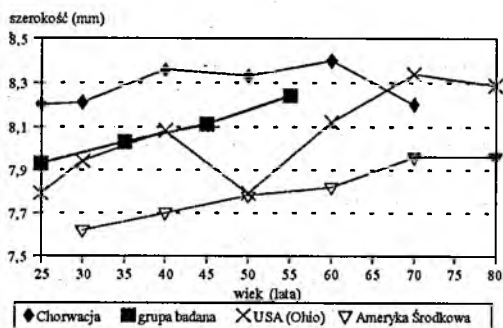
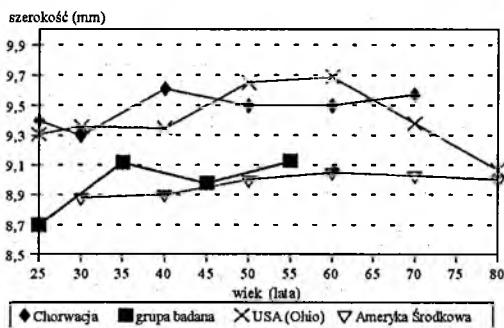
Dymorfizm płciowy, podobnie jak w przypadku asymetrii morfologicznej, nie ujawnia się natomiast w cechach względnych, tj. wskaźniku metakarpalnym (MI) i procencie powierzchni korowej (PCA). Ponadto dymorfizm płciowy w większym stopniu manifestuje się w kościach lewych.

Przebieg zmian inwolucyjnych z wiekiem

W celu oceny ubytku tkanki kostnej w obrębie drugich kości śródreza obliczono średnie arytmetyczne analizowa-

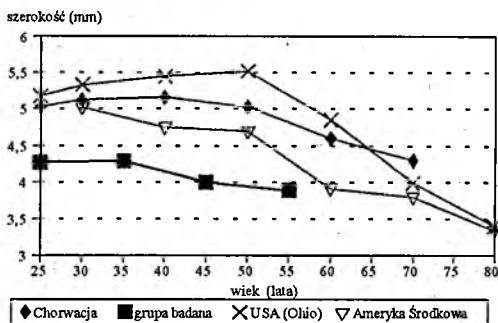
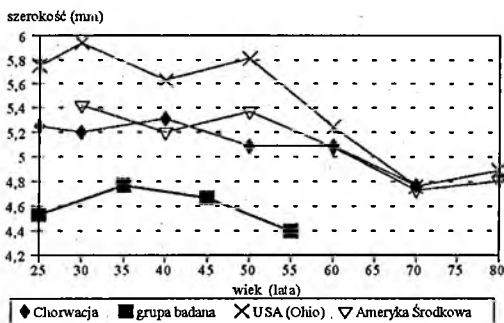
nych cech w poszczególnych grupach wieku, a następnie istotność różnic między nimi z zastosowaniem analizy wariancji. Istotne różnice średnich wystąpiły we wszystkich cechach rentgenometrycznych oprócz powierzchni korowej (CA). Wyjątkiem są mężczyźni, u których dodatkowo z prawej strony ciała z wiekiem zmienia się istotnie również szerokość trzonu ($M2$) oraz wspomniana powierzchnia korowa (CA) (tab. 5).

Porównanie ilości tkanki kostnej w kolejnych grupach wieku w badanych populacjach średniowiecznych ujawnia różnice płciowe. Mężczyźni odznaczają się większymi niż kobiety wartościami



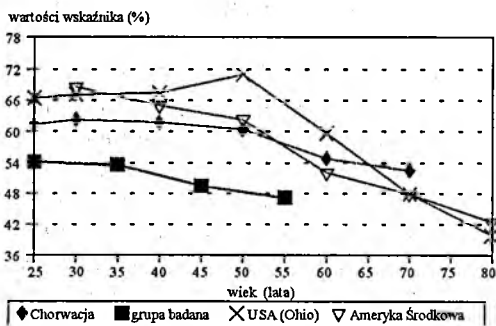
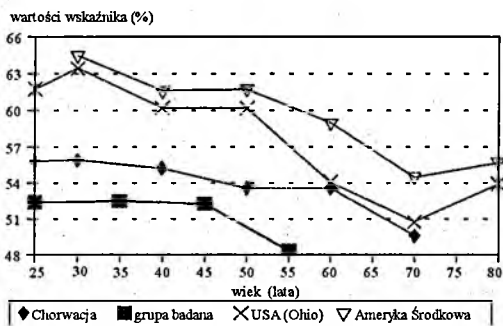
Rys. 2. Zmiany szerokości trzonu (M_2) z wiekiem u mężczyzn w populacjach porównawczych

Rys. 3. Zmiany szerokości trzonu (M_2) z wiekiem u kobiet w populacjach porównawczych



Rys. 4. Zmiany grubości warstwy korowej (CT) z wiekiem u mężczyzn w populacjach porównawczych

Rys. 5. Zmiany grubości warstwy korowej (CT) z wiekiem u kobiet w populacjach porównawczych



Rys. 6. Zmiany wskaźnika metakarpalnego (MI) z wiekiem u mężczyzn w populacjach porównawczych

Rys. 7. Zmiany wskaźnika metakarpalnego (MI) z wiekiem u kobiet w populacjach porównawczych

Tabela 5. Analiza wariancji badanych cech między grupami wieku. Pogrubione wartości statystyki testowej F oznaczają różnice istotne

Cecha	kość lewa					kość prawa				
	20-30	30-40	40-50	50-x	F	20-30	30-40	40-50	50-x	F
MEZCZYŻNI										
długość <i>M1</i>	69,42	69,51	69,07	70,88	2,47	68,67	69,69	69,88	70,84	2,03
szerokość trzonu <i>M2</i>	8,72	8,94	8,85	8,89	0,80	8,69	9,31	9,12	9,37	9,48
szerokość nasady <i>M3</i>	18,52	18,08	18,75	19,00	0,68	18,15	18,83	18,85	19,48	1,09
szerokość głowy <i>M5</i>	15,23	15,57	16,09	16,16	1,71	15,59	15,78	16,65	16,80	0,10
szerokość jamy szpikowej <i>MD</i>	4,09	4,25	4,22	4,52	3,52	4,19	4,44	4,41	4,94	10,18
grubość warstwy korowej <i>CT</i>	4,62	4,69	4,64	4,37	2,95	4,45	4,85	4,71	4,44	3,52
wskaźnik metakarpalny <i>MI</i>	53,36	52,73	52,45	49,33	5,21	51,45	52,24	52,11	47,44	6,29
powierzchnia korowa <i>CA</i>	46,59	48,38	47,62	46,00	0,39	45,54	52,60	49,85	49,95	5,46
procent powierzchni korowej <i>PCA</i>	77,77	77,11	76,65	73,84	5,03	76,07	76,91	75,80	71,80	6,35
KOBIETY										
długość <i>M1</i>	65,45	65,31	66,53	65,63	0,73	66,04	66,28	66,25	66,22	0,05
szerokość trzonu <i>M2</i>	7,79	7,87	7,97	8,01	0,94	8,07	8,19	8,26	8,47	2,37
szerokość nasady <i>M3</i>	16,72	17,20	16,76	18,15	1,52	17,21	18,14	17,83	19,02	0,11
szerokość głowy <i>M5</i>	14,32	14,46	14,01	15,36	1,01	14,41	14,83	15,60	15,95	0,92
szerokość jamy szpikowej <i>MD</i>	3,55	3,69	4,01	4,26	5,63	3,77	3,78	4,17	4,44	6,84
grubość warstwy korowej <i>CT</i>	4,25	4,18	3,93	3,75	6,09	4,30	4,41	4,08	4,03	3,23
wskaźnik metakarpalny <i>MI</i>	54,84	53,17	49,34	47,03	5,75	53,54	53,96	49,59	47,37	6,86
powierzchnia korowa <i>CA</i>	37,67	37,78	37,27	35,83	0,36	39,90	41,41	39,77	40,70	0,69
procent powierzchni korowej <i>PCA</i>	78,81	76,87	73,81	71,16	7,05	77,89	78,14	74,08	70,77	8,07

średnimi wszystkich pomiarów. Jedynie w młodszych grupach wieku (20-40 lat) mają wyższe wartości cech wskaźnikowych (wskaźnika metakarpalnego i procentu powierzchni korowej). Wyrażna utrata tkanki kostnej z wiekiem zaczyna się u kobiet już w wieku 40-45 lat, a u mężczyzn proces ten zaznacza się dekadę później (tab. 5).

Przebieg zmian inwolucyjnych w populacjach średniowiecznych i współczesnych

Do analiz porównawczych, jak już wspomniano, wybrane zostały trzy populacje współczesne różniące się lokalizacją geograficzną, statusem zdrowotno-żywnościowym oraz poziomem ekonomicznym: biali Amerykanie ze stanu Ohio, rolnicze grupy z Ameryki Środkowej oraz rolnicza

populacja europejska z wyspy Pag koło wybrzeży Chorwacji. Wykorzystano następujące pomiary: szerokość trzonu (*M2*), grubość warstwy korowej (*CT*) oraz wskaźnik metakarpalny (*MI*). Porównanie krzywych kształtowania się wartości średnich cech w kolejnych grupach wiekowych (rys. 2-7) ujawnia występowanie określonych prawidłowości.

1. We wszystkich porównywanych populacjach mężczyźni charakteryzują się większą szerokością trzonu (*M2*) oraz grubością warstwy korowej (*CT*) niż kobiety, u których jedynie cechy wskaźnikowe mają wyższe wartości w młodszych grupach wieku.

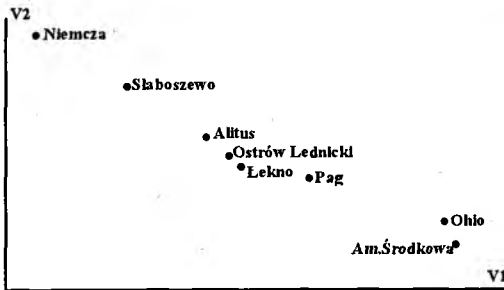
2. Populacja średniowieczna odznacza się ogólnie niższym poziomem przebiegu zmian ilości tkanki kostnej niż pozostałe

populacje.

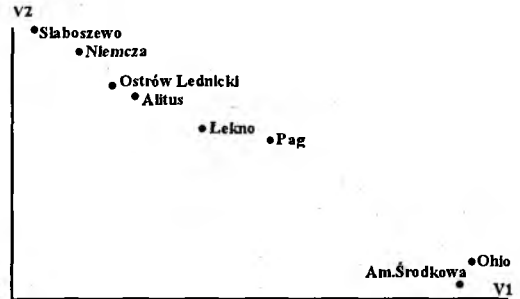
3. Ubytek tkanki kostnej mierzony grubością warstwy korowej (CT) oraz wskaźnikiem metakarpalnym (MI) zaznacza się w wieku 40–45 lat u kobiet i dekadę później u mężczyzn. Wyjątek stanowi populacja północnoamerykańska, w której moment rozpoczęcia się procesów inwolucyjnych występuje po 50 roku życia u obu płci, chociaż tempo tych zmian, podobnie jak w pozostałych populacjach, jest wyraźnie szybsze u kobiet.

W celu uzyskania pełniejszego obrazu zmienności międzypopulacyjnej cech ba-

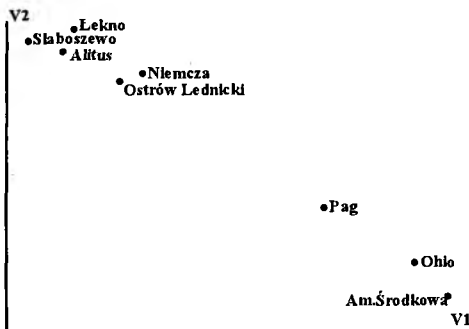
danych kości, opisujących zmiany statusu mineralnego tkanki kostnej, wykorzystano wielocechową metodę analizy składowych głównych. W analizie tej całość materiału średniowiecznego rozdzielona została na poszczególne populacje. Rysunki 8–11 prezentują rozmieszczenie badanych populacji w układzie dwóch składowych głównych, kolejno dla obu płci i dla kohort osobników młodszych i starszych. Pierwsza składowa, która wyczerpuje ponad 70% zmienności wspólnej, opisuje zróżnicowanie badanych populacji ze względu na zmienność grubości warstwy



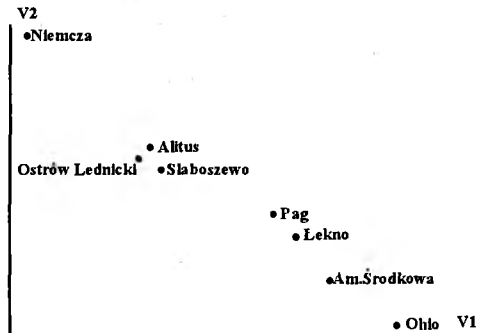
Rys 8. Rozmieszczenie badanych populacji średniowiecznych oraz populacji porównawczych opisane pierwszą i drugą składową główną dla mężczyzn w wieku 20–30 lat



Rys 9. Rozmieszczenie badanych populacji średniowiecznych oraz populacji porównawczych opisane pierwszą i drugą składową główną dla mężczyzn w wieku 50–x lat



Rys 10. Rozmieszczenie badanych populacji średniowiecznych oraz populacji porównawczych opisane pierwszą i drugą składową główną dla kobiet w wieku 20–30 lat



Rys 11. Rozmieszczenie badanych populacji średniowiecznych oraz populacji porównawczych opisane pierwszą i drugą składową główną dla kobiet w wieku 50–x lat

korowej (CT) oraz wskaźnika metakarpalnego (MI), natomiast druga składowa, niosąca z sobą około 20% zmienności wspólnej, opisuje rozmieszczenie tychże grup ze względu na szerokość trzonu (M2). Męskie grupy średniowieczne oraz populacja chorwacka tworzą zgrupowanie, względem którego odmienne położenie zajmują dwie serie amerykańskie. Ich odmienne położenie warunkują obie składowe główne. W przypadku kobiet uzyskano podobny obraz, chociaż wspomniany układ jest nieco mniej wyraźny, zwłaszcza dla osobników starszych, dla których zmienność międzypopulacyjna nasilenia procesów inwolucyjnych tkanki kostnej wydaje się zmniejszać.

Interpretacja uzyskanych wyników

Podjęcie badań materiałów średniowiecznych w celu oceny zmian inwolucyjnych tkanki kostnej wymagało rozwiązania kilku problemów metodycznych. Wybór drugiej kości śródreżca okazał się trafny, gdyż kość ta wykazała małe zróżnicowanie zmienności międzypopulacyjnej, co pozwoliło z kolei na uzyskanie dużego zbioru dla przeprowadzenia analiz porównawczych poprzez połączenie prób pochodzących z kilku cmentarzysk o podobnej charakterystyce społeczno-kulturowej. Okazało się to bardzo korzystne z punktu widzenia możliwości oszacowania ubytku tkanki kostnej w poszczególnych grupach wieku, które dzięki temu były reprezentowane przez liczbę kości wystarczającą dla przeprowadzenia analiz statystycznych. Okazało się także, że zastosowana metodyka antropologiczna oceny płci oraz wieku osobnika w chwili śmierci, pomimo swoich niedoskonałości, została dobrana poprawnie i wykazała

swoją przydatność w porządkowaniu materiału kostnego i przygotowywaniu go do dalszych analiz. Świadczą o tym zrekonstruowane krzywe przebiegu procesów ubytku tkanki kostnej, które mają bardzo podobny kształt do odpowiednich krzywych dla populacji współczesnych.

Analiza materiałów średniowiecznych ujawniła występowanie zależności, które w części są zgodne z publikowanymi wcześniej wynikami, natomiast w niektórych punktach wymagają dyskusji. Zgodnie z oczekiwaniami, badane kości charakteryzują się znacznym dymorfizmem płciowym odnotowanym we wszystkich analizowanych cechach z wyjątkiem wskaźników. Różnice dotyczą więc wielkości kości a nie ich proporcji. Wnikliwszego rozpatrzenia wymaga fakt zróżnicowanego nasilenia asymetrii w stosunku do poszczególnych cech. Dotychczas badania asymetrii ciała ludzkiego prowadzono także wykorzystując kości śródreżca, których morfometrię uznano (już stosunkowo dawno) za efektywną i praktyczną metodę szacowania zawartości mineralnej kości. Asymetrię, wyrażającą się większymi wymiarami kości prawych, badacze przypisywali dominacji prawej strony ciała oraz aktywności fizycznej prowadzącej do zmian adaptabilnych w kościach. Analizowany materiał średniowieczny wykazuje największą asymetrię w pomiarach szerokościowych, zwłaszcza szerokości trzonu i powierzchni korowej jako miary pochodnej. Największe nasilenie asymetrii właśnie w tych cechach może sugerować, że aktywność fizyczna była w średniowieczu głównym czynnikiem środowiskowym wpływającym na morfologię szkieletu poprzez jego zmiany o charakterze adaptabilnym. Jest to zgodne z doniesieniami z badań zajmujących się wpływem aktywności fizycznej na formowanie i meta-

bolizm tkanki kostnej, prowadzonych z wykorzystaniem różnych kości szkieletu, w tym wszystkich kości śródreżca [KUŠEC i wsp. 1988, LAZENBY 1990a]. Na uwagę zasługuje fakt, że spośród wszystkich uwzględnionych w badaniu cech morfometrycznych, długość kości wykazuje najmniejszą asymetrię u obu płci. Wymiary kości śródreżca mogą być determinowane poligenowo i, podobnie jak pozostałe cechy ludzkiego ciała o zmienności ciągłej, odznaczają się znaczną ekosensytywnością. Wydaje się jednak, że zespół poligenów, który determinuje wzrost kości na długość jest odmienny od tego, który warunkuje zmiany szerokości trzonu [KUŠEC i wsp. 1990]. Ponadto poszczególne części kości śródreżca (trzon i nasady) mogą różnić się wrażliwością na czynniki środowiskowe i w związku z tym odznaczać się odmiennym stopniem asymetrii. Powyższe zależności odnoszą się przede wszystkim do progresywnej fazy ontogenezy, w której różnorodne oddziaływania funkcjonalne modyfikują intensywny wzrost szkieletu. Natomiast po zakończeniu wzrostu kości zmiany ich morfologii na drodze odkładania podokostnowego dotyczą jedynie wymiarów szerokościowych i grubościowych [LEWICKI, KOWALSKI 1978]. Zjawisko to, obserwowane w wieku dojrzałym (*continuing periosteal apposition* – CPA), jest integralną częścią remodelowania tkanki kostnej, prowadzącego – w przypadku kości długich – do powiększania zarówno średnicy ich jam szpikowych, jak i trzonów. Proces ten jest zgodny z tzw. prawem Wolffa, które mówi, że utrzymanie integralności szkieletu dokonuje się poprzez zmianę geometrii przekroju poprzecznego trzonu [MARTIN i wsp. 1980, ROESLER 1987, TREHARNE 1981]. Zjawisko odkładania podokostnowego zostało odnotowane także w tej pracy w odniesieniu do badanej populacji historycznej. Różnice szerokości trzonu między osobnikami w młodszych i starszych grupach wieku są istotne u obu płci, ale tylko dla kości prawych. Widoczna asymetria w przebiegu omawianego procesu może więc być wynikiem praworęczności i może mieć charakter zmian funkcjonalnych. Ponieważ większość badań tego zjawiska dotyczy oceny jego rezultatów (większe wymiary kości u osobników starszych) niż samej istoty, stosunkowo trudno dokonać wyboru hipotetycznych procesów, które pojedynczo, w określonej sekwencji lub też równoległe determinują zmiany wymiarów zewnętrznych kości. Interpretacje utrudnione są często także małym natężeniem tych zmian oraz zastosowaniem zwykle nielicznych prób, co jest zjawiskiem częstym w badaniach materiałów szkieletowych. Należy także brać pod uwagę fakt, że w badaniach wykorzystujących dane przekrojowe, uzyskane prawidłowości mogą wynikać z nieodpowiedniego doboru materiału i w związku z tym nie odzwierciedlają rzeczywistości biologicznej. BAER [1956] podaje trzy możliwe źródła obserwowanych zmian w analizach przekrojowych: (1) trend sekularny, (2) selektywną wymieralność oraz, (3) prawdziwą zmianę ontogenetyczną. Na dwa pierwsze możliwe uwarunkowania omawianych procesów zwrócono uwagę w licznych badaniach [RUFF 1980, TROTTER i wsp. 1960] lecz uzyskane rezultaty nie pozwalają przypisać tym czynnikom decydującego wpływu na zmiany morfologii kości. Zmiany te, jak wykazały porównania międzypopulacyjne, również w badaniach ciągłych [GARN i wsp. 1967] nie mogą być wyjaśniane jedynie zjawiskiem selektywnego wymierania, gdyż można je ob-

serwować także na poziomie osobnika przez stosunkowo krótki czas i nawet w ósmej dekadzie życia. Powstaje zatem pytanie o charakter i uwarunkowania owych zmian adaptabilnych prowadzących do modyfikacji morfologii szkieletu, w tym drugich kości śródrezcza, w wieku dojrzałym. Pod uwagę bierze się kilka hipotez, z których najczęściej wymienianym i w większości akceptowanym wyjaśnieniem zwiększania się wymiarów zewnętrznych kości u osobników dorosłych jest hipoteza kompensacji mechanicznej procesów inwolucyjnych tkanki kostnej.

COWIN [1987] oraz RUFF i wsp. [1984] sugerują, że w przypadku trzonów kości długich możliwe jest wykorzystanie praw geometrycznych do oszacowywania naprężeń, które determinują remodelowanie kości. Chociaż w kościach długich może występować kilka różnych typów naprężeń, dla nasad bardziej niż dla trzonów charakterystyczne są naprężenia skręcające. Z kolei kompresja osiowa nie jest prawdopodobnie najczęstszą formą nacisku w stosunku do kości długich, ponieważ istniejące w nich krzywizny zamieniają ten typ naprężeń na siły zginające. Kiedy przeważa zginanie, odporność kości jest proporcjonalna do grubości warstwy korowej znajdującej się w odpowiedniej odległości od osi trzonu kości. Tak więc kształt przekroju trzonu kości długiej odzwierciedla zarówno natężenie jak i kierunek sił zginających, które występują najczęściej. Kiedy przyłożona siła jest równa z wszystkich kierunków, dochodzi do ukształtowania cylindrycznego kształtu przekroju, jeżeli natomiast przeważająca siła pochodzi z jednego określonego kierunku, najgrubsza warstwa korowa pojawia się po przeciwnej stronie od miejsca przyłożenia w największej odległości od osi trzonu.

Obserwowane, również w badanych materiałach średniowiecznych, odkładanie podokostnowe u osobników starszych musi być uważane zatem za zjawisko uniwersalne, z pewnością niezależne od populacji i musi być brane pod uwagę w badaniach nad inwolucyjną utratą tkanki kostnej. Obiecującym terenem badań, dotychczas słabo uwzględnianym, jest analiza histologiczna, która umożliwia poznanie związków między procesami przebiegającymi na różnych powierzchniach – podokostnowo, międzykorowo oraz śród-kostnie [LAZENBY 1990a, 1990b].

Po zakończeniu trzeciej dekady życia organizm podlega procesowi utraty istoty korowej i gąbczastej kości ze wszystkich części szkieletu. Umiarkowana utrata kości jest procesem uniwersalnym, stanowiącym część normalnego starzenia się i większość ludzi może tolerować ją bez widocznych patologicznych konsekwencji. Jest ona obserwowana we wszystkich populacjach, chociaż pewne różnice płciowe i wiekowe są zauważalne w odniesieniu do grup rasowych czy społeczności lokalnych [PLATO, TOBIN 1990]. W wieku 30–35 lat (masa kości jest wtedy największa) mężczyźni mają szkielety przeciętnie o jedną trzecią cięższe niż kobiety i są średnio o 6% wyżsi, toteż w późniejszym czasie tracą oni mniej tkanki kostnej. Ponadto uważa się powszechnie, że nasilenie aktywności fizycznej i jej rodzaj zdecydowanie wpływają na zachowanie odpowiedniej ilości tkanki kostnej oraz na sposób jej remodelowania. Dzięki temu odmienne wzorce aktywności fizycznej mogą być rekonstruowane poprzez analizę geometrii przekrojów poprzecznych kości długich w ludzkich populacjach szkieletowych, podobnie jak to się robi w przypadku obecnie żyjących prymatów.

• Utrata tkanki kostnej w kręgach za-

czyna się u kobiet już pod koniec trzeciej dekady życia, podczas gdy u mężczyzn dalej zwiększa się gęstość trzonów kręgowych [NEWTON-JOHN, MORGAN 1970]. Zmniejszanie się z wiekiem poziomu hormonów płciowych przebiega wraz z utratą tkanki kostnej u obu płci. Obniżony poziom estrogenów jest związany z resorpcją kości, a tym samym aktywnością osteoklastów, podczas gdy niedostatkowi androgenów towarzyszy obniżone formowanie tkanki kostnej wskazując na zredukowaną aktywność osteoblastów. Fakt, że tempo utraty tkanki kostnej jest porównywalne w Europie, Azji oraz Ameryce, a także na obszarach o wysokim i niskim statusie żywieniowo-chorobowym, eliminuje raczej hipotezy o decydującym wpływie niedoborów wapnia i białka na nasilenie procesów inwolucyjnych, a także wyklucza wpływ czynnika etnicznego jako najistotniej wpływającego na ostateczne efekty utraty tkanki kostnej w wieku dojrzałym. Natomiast niektóre zabiegi chirurgiczne, jak np. resekcje żołądka czy jelit, prowadzące do specyficznego obniżenia mineralnej absorpcji, ogólne i długotrwałe unieruchomienie ciała oraz niedobory białkowo-energetyczne mogą w niektórych przypadkach mieć decydujące znaczenie w przebiegu procesów inwolucyjnych osób dorosłych.

Przedstawione wyżej uwarunkowania procesu formowania tkanki kostnej oraz jej późniejszej utraty z wiekiem znajdują odzwierciedlenie w wynikach analizy porównawczej uwzględniającej dane dla populacji historycznej oraz dane dla współczesnych grup ludzkich. Po pierwsze, daje się zauważyć, że we wszystkich badanych grupach istnieją różnice dymorficzne dotyczące momentu rozpoczęcia ubytku tkanki kostnej, który u kobiet zaczyna się przeciętnie o jedną dekadę wcześniej niż

u mężczyzn, tj. w wieku 45 lat. Ponadto, występuje duża zgodność w przebiegu zmian inwolucyjnych tkanki kostnej drugiej kości śródreżca, co znajduje wyraz w podobnym kształcie krzywych opisujących ten proces, i co jednocześnie wskazuje na jego uniwersalny charakter, determinowany zasadniczo przez czynniki genetyczne. Obserwowane różnice dotyczą natomiast natężenia ubytku i fazy rozwoju ontogenetycznego, w której następuje jego nasilenie. Populacja historyczna pod względem charakteru tego procesu jest podobna do rolniczej populacji europejskiej z wyspy Pag, a zwłaszcza do populacji latynoamerykańskich, charakteryzujących się niższym poziomem rozwoju społeczno-ekonomicznego. Populacja północnoamerykańska odznacza się odmiennym niż pozostałe grupy przebiegiem inwolucji tkanki kostnej drugich kości śródreżca. Zacieranie się różnic płciowych co do momentu nasilenia się spadku masy kości (około 50 roku życia dla obu płci), oraz gwałtowniejszy jego przebieg w wieku starczym wskazują na silną modyfikację kulturową tego procesu, który może być znacznie spowolniony, lub wręcz wyhamowany w pewnych fazach rozwoju ontogenetycznego.

Chociaż utrata tkanki kostnej z wiekiem jest zjawiskiem uniwersalnym, stwierdzanym w licznych badaniach światowych, to jednak obserwowana stosunkowo duża zmienność w natężeniu jego występowania skłania do podejmowania dalszych badań. W szczególności trzeba wziąć pod uwagę wpływ takich czynników jak: predyspozycje genetyczne, żywienie, ukształtowanie zamieszkiwanego terenu (doliny, obszary górskie), styl życia czy też zróżnicowanie wykonywanej pracy fizycznej. W badaniach populacji pradziejowych i historycznych konieczne

wydaje się ponadto uwzględnienie aspektu ewolucyjnego w postaci zmian długości trwania poszczególnych faz rozwoju ontogenetycznego i ich możliwego wpływu na obraz procesów inwolucyjnych szkieletu ludzkiego oraz fakt stosunkowo wysokiej wymieralności przed osiągnięciem wieku starczego, co powodować może inną charakterystykę prób w porównaniu z badaniami otrzymanymi z obszarów o wysokim standardzie żywienia.

Wnioski

1. Analiza cech morfologicznych pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków.

– Zmienność morfologiczna drugiej kości śródreżca nie wykazuje dużego zróżnicowania międzypopulacyjnego i pozwala na łączenie prób i porównywanie dużych zbiorów pochodzących z cmentarzysk o podobnej charakterystyce społeczno-kulturowej.

– Asymetria drugiej kości śródreżca przejawia się w tym, że pomiary długościowe, a zwłaszcza szerokościowe, są zawsze większe po prawej stronie ciała. Kształt kości określony wskaźnikami ilorazowymi nie wykazuje asymetrii.

– Dymorfizm płciowy wyraża się silnie we wszystkich cechach określających wielkość kości, nie występuje natomiast w cechach określających ich kształt.

2. Zastosowana metodyka antropologiczna oceny płci i wieku w chwili śmierci osobnika okazała się w wystarczająco dokładna dla segregacji materiału badanego, gdyż zrekonstruowane przebiegi procesu ubytku tkanki kostnej są porównywalne z danymi dla populacji współczesnych. Zauważono istotny dymorfizm płciowy w przebiegu utraty tkanki kostnej, a jego stopień wyrażenia jest zgodny

z danymi dla populacji współczesnych. Spostrzeżenia powyższe świadczą o tym, że nieuniknione błędy, jakie popełnia się w ocenie płci i wieku w chwili śmierci, nie wpłynęły w sposób zdecydowany na charakterystykę badanych procesów.

3. Ujęcie porównawcze, uwzględniające dane o ubytku tkanki kostnej w badanej populacji historycznej oraz dane dla współczesnych grup ludzkich charakteryzujących się różnym poziomem rozwoju społeczno-kulturowego, pozwalają wyciągnąć następujące wnioski.

– Przebieg procesu ubytku tkanki kostnej jest podobny w każdej z analizowanych populacji.

– Różnice dotyczą natężenia ubytku i fazy rozwoju ontogenetycznego, w której następuje jego nasilenie.

– Proces ubytku tkanki kostnej w populacji historycznej, zarówno w swoim przebiegu, jak i stopniu natężenia w poszczególnych fazach rozwoju ontogenetycznego, jest bardziej podobny do procesu rekonstruowanego na podstawie badań populacji cechujących się niskim poziomem rozwoju społeczno-ekonomicznego (populacje latynoamerykańskie i populacja z Pag) niż do procesów właściwych dla populacji północnoamerykańskiej.

Piśmiennictwo

- ADAMS P., G.T. DAVIES, P. SWEETNAM, 1970, *Osteoporosis and the effects of ageing on bone mass in elderly men and women*, Quart. J. Med., 156, 601
- BAER M. J., 1956, *Dimensional change in the human head and face in the third decade of life*, Am. J. Phys. Anthropol., 14, 557
- BOCQUET-APPEL J., P., C. MASSET, 1982, *Farewell to paleodemography*, J. Hum. Evol., 11, 321
- BOCZOŃ S., 1990, *Diagnostyka obrazowa osteoporozy*, Postępy Osteoartrologii, 2, 21
- BORKAN G.A., D.E. HULTS, P.J. MAYER, 1982, *Physical Anthropological Approaches to Aging*, Year. Phys. Anthropol., 25, 181

- COWIN S.C., 1987, *Bone remodeling of diaphysical surfaces by torsional loads*, J. Biomech., 20, 1111
- DEWEY J.R., G.J. ARMELAGOS, M. H. BARTLEY, 1969a, *Femoral cortical involution in three Nubian archeological populations*, Hum. Biol., 41, 13
- DEWEY J.R., M.H. BARTLEY, G.J. ARMELAGOS, 1969b, *Rates of femoral cortical bone loss in two Nubian populations*, Clinical Orthopaedics and Related Research, 65, 61
- FLORKOWSKI A., 1975, *Analiza antropologiczna kości ręki i stopy populacji wczesnośredniowiecznej z Gruczna*, Mat. i Prace Antrop., 90, 109
- FORMICOLA V., A. GARULLI, 1988, *Il campione eneolitico di Ponte S. Pietro: indicatori di stress e condizioni di vita*, Rivista di Antropologia, 66, 77
- GARN S.M., I.E. HULL, 1966, *Taller individuals lose less bone as they grow older*, Investigative Radiology, 1, 255
- GARN S.M., CH.G. ROHMANN, B. WAGNER, 1967, *Bone loss as a general phenomenon in man*, Federation Proceedings, 26, 1729
- GARN S.M., CH.G. ROHMANN, B. WAGNER, W. ASCOLI, 1968, *Further evidence for continuing bone expansion*, Am. J. Phys. Anthrop., 28, 219
- GARN S.M., CH.G. ROHMANN, B. WAGNER, G.H. DAVILA, W. ASCOLI, 1969, *Population similarities in the onset and rate of adult endosteal bone loss*, Clinical Orthopaedics and Related Research, 65, 51
- GARN S.M., A.K. POZNANSKY, J.M. NAGY, 1971, *Bone measurement in the differential diagnosis of osteopenia and osteoporosis*, Radiology, 100, 509
- GARN S.M., T.V. SULLIVAN, S.A. DECKER, V.M. HAWTHORNE, 1991, *Brief communication: on the optimum number of metacarpals for roentgenogrammetric measurement*, Am. J. Phys. Anthrop., 85, 229
- GOODMAN A.H., D.L. MARTIN, G.J. ARMELAGOS, G. CLARK, 1984, *Indicators of stress from bone and teeth [w:] Paleopathology at the origin of agriculture*, M.N. Cohen, G.J. Armelagos red., Academic Press, Orlando, 13
- GOODMANN A.H., R.B. THOMAS, A.C. SWEDLUN, G.J. ARMELAGOS, 1988, *Biocultural perspectives on stress in prehistoric, historical, and contemporary population research*, Year. Phys. Anthrop., 31, 169
- HEGSTED D.M., 1967, *Mineral intake and bone loss*, Federation Proceedings, 26, 1747
- HUMBERT J.R., 1983, *Cortical bone growth and dietary stress among subadults from Nubia's Batn El Hajar*, Am. J. Phys. Anthrop., 60, 167
- KIRCHENGAST S., 1993a, *Body shape and sex hormone levels in fertile and postmenopausal women from Eastern Austria*, Homo, 44, 145
- KIRCHENGAST S., 1993b, *Anthropometric-hormonal correlation patterns in fertile and postmenopausal women from Austria*, Ann. Hum. Biol., 20, 47
- KIRCHENGAST S., 1993c, *Anthropological aspects of the age at menopause*, Homo, 44, 263
- KUŠEC V., D. ŠIMIĆ, A. CHAVENTRÉ, J.P. TOBIN, C.C. PLATO, P. RUDAN, 1988, *Age, sex and measurements of the second, third and fourth metacarpal (Island of Pag, SR Croatia, Yugoslavia)*, Coll. Antrop., 12, 309
- KUŠEC V., D. ŠIMIĆ, A. CHAVENTRÉ, J.P. TOBIN, C.C. PLATO, S. TUREK, P. RUDAN, 1990, *Asymmetry of metacarpal skeleton – analyses of second, third and fourth metacarpal bone dimensions*, Coll. Antrop., 14, 273
- LAZENBY R.A., 1990a, *Continuing periosteal apposition I: documentation, hypotheses, and interpretation*, Am. J. Phys. Anthrop., 82, 451
- LAZENBY R.A., 1990b, *Continuing periosteal apposition II: the significance of peak bone mass, strain equilibrium, and age-related activity differentials for mechanical compensation in human tubular bones*, Am. J. Phys. Anthrop., 82, 473
- LEWICKI P.K.T., K. KOWALSKI, 1978, *Zależność pomiędzy funkcją ręki a morfologią kości śródrezcza i palców*, Przegl. Antrop., 44, 241
- MARTIN R., K. SALLER, 1957, *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- MARTIN R.B., J.C. PICKETT, S. ZENAICH, 1980, *Studies of skeletal remodeling in aging men*, Clinical Orthopaedics and Related Research, 149, 268
- NELSON D.A., M. FEINGOLD, F. BOLIN, A.M. PARFITT, 1991, *Principal components analysis of regional bone density in Black and White women: relationship to body size and composition*, Am. J. Phys. Anthrop., 86, 507
- NEWTON-JOHN H.F., D.B. MORGAN, 1970, *The loss of bone with age, osteoporosis and fractures*,

- Clinical Orthopaedics and Related Research, 71, 229
- PERZIGIAN A.J., 1973, *Osteoporotic bone loss in two prehistoric Indian populations*, Am. J. Phys. Anthropol., 39, 87
- PLATO C.C., J.D. TOBIN, 1990, *Bone loss and cartilage degeneration of the joints: diseases or normative aging processes*, Coll. Antrop., 14, 57
- POSNER A.S., 1967, *Relationship between diet and bone mineral ultrastructure*, Federation Proceedings, 26, 1717
- PRADO C., M. CANTO, P. GOMEZ-LOBO, 1992, *Social and biological risk factors related to the climacteric period in women: osteoporosis*, Coll. Antrop., 1, 157
- ROESLER H., 1987, *The history of some fundamental concepts in bone biomechanics*, J. Biomech., 20, 1025
- RUFF C.B., 1980, *Age differences in craniofacial dimensions among adults from Indian Knoll, Kentucky*, Am. J. Phys. Anthropol., 53, 101
- RUFF C.B., C.S. LARSEN, W.C. HAYES, 1984, *Structural changes in the femur with the transition to agriculture on the Georgia Coast*, Am. J. Phys. Anthropol., 64, 125
- SAUNDERS S.R., M.A. KATZENBERG, 1992, *Skeletal biology of past peoples: research methods*, Wiley-Liss, New York
- SMITH R.W., 1967, *Dietary and hormonal factors in bone loss*, Federation Proceedings, 26, 1737
- STINI W.A., 1990a, *"Osteoporosis": etiologies, prevention, and treatment*, Year. Phys. Anthropol., 33, 151
- STINI W.A., 1990b, *Bone mineral loss in middle and old age: mechanisms and treatment*, Coll. Antrop., 14, 263
- SUSANNE C., 1980, *Ageing, continuous changes of adulthood [w:] Human physical growth and maturation. Methodologies and factors*, F. Johnston, A. Roche, C. Susanne red., Plenum Press, New York, 203
- TREHARNE R.W., 1981, *Review of Wolff's law and its proposed means of operation*, Orthopedic Review, 10, 35
- TROTTER M., G.E. BROMAN, R.R. PETERSON, 1960, *Densities of bones of White and Negro skeletons*, Journal of Bone and Joint Surgery, 42, 50
- UBELAKER D., H., 1989, *Human skeletal remains. Excavations, analysis, interpretation*, Taraxacum, Washington
- VAN GERVEN D.P., G.J. ARMELAGOS, 1983, *"Farewell to paleodemography?" Rumors of its death have been greatly exaggerated*, J. Hum. Evol., 12, 353
- VAN HEMERT A.M., J.P. VANDENBROUCKE, A. HOFMAN, H.A. VALKENBURG, 1990, *Metacarpal bone loss in middle-aged women: "Horse racing" in a 9-year population based follow-up study*, Journal of Clinical Epidemiology, 43, 579
- WOLAŃSKI N., 1986, *Rzeczownik biologiczny człowieka*, PWN, Warszawa
- WOODRUFF D.S., J.E. BIRREN, 1983, *Aging, scientific perspectives and social issues*, Brooks/Cole Publ. Co., Pacific Croven, California
- Workshop of European Anthropologists 1980, Recommendations for age and sex diagnoses of skeletons*, J. Hum. Evol., 9, 517

Summary

The study is based upon calliper measurements of the second metacarpal in adult males and females from several mediaeval rural populations from Poland. Because there are no distinct differences in chronology, ecology, economy, and biological parameters between these groups, they were treated as a single sample. The radiographs comprised 424 male and 297 female examined aged between approximately 15 and 70 years. Direct measurements were made using a calliper with a 0.05 mm readout. Bone length (M1), total subperiosteal width (M2), proximal (M3) and distal (M5) widths, and medullary cavity diameter (MD) were measured (Fig. 1). Other criteria evaluated included the cortical thickness (CT) obtained by subtraction of the medullary cavity diameter from the total subperiosteal width, metacarpal index (MI) obtained as a result of division CT/M2, cortical area (CA), and percent cortical area (PCA) (Tab. 2). Comparative data concerning measurements of cortical bone loss of the second metacarpal in contemporary groups were used. The data include: European rural population (island of Pag - Croatia), rural populations from Central America, and modern group from Ohio (USA).

This paper was aimed at: (1) describing the degree of the dimorphism and the asymmetry of the metacarpal bones from the examined mediaeval group, (2) evaluating the morphological changes of these bones with age, and (3) comparing the pattern of cortical bone loss with relative values for living populations. The analysis of the asymmetry revealed greater values in right bones for all direct measurement (Tab. 3). Apart from indexes, men have higher mean values than women

for all the parameters (Tab. 4) which is in agreement with previous studies. Bone loss with age represented in this study by almost all roentgenometric characteristics results from endosteal resorption (Tab. 5). It begins earlier and is both absolutely and relatively higher in women than in men. Although it characterises the advanced age in both sexes and all the countries considered some cultural factors may modify this phenomenon. It can be observed in the curve for Ohio population, especially in women (Figs. 4-7).

The study presents, using the second metacarpal as a example, only general trends in bone loss reported earlier by many observers. It indicates its universal character today and through time. Since some problems of bone loss remains still unsolved (for example, the question of bone-specific loss rates, the optimum sample size or the choice of tests) it is an important subject for skeletal ageing research in the future.