

# V. ANALIZA ZMIAN PATOLOGICZNYCH I WYBRANYCH WYZNACZNIKÓW STRESÓW ORAZ IZOTOPÓW STABILNYCH W MATERIALE OSTEOLOGICZNYM Z CMENTARZA SALWATORA WE WROCŁAWIU

ZOFIA ŁUBOCKA, STANISŁAW GRONKIEWICZ

## 1. ANALIZA ZMIAN PATOLOGICZNYCH

Występowanie zmian patologicznych stwierdzono na szczątkach kostnych pochodzących z 1426 grobów i ossuariów – w tym z 1216 numerowanych pochówków (groby nr od 1 do 1175), 84 pochówków bez numerów, 103 pochówków wtórnych – często wieloosobowych (o numeracji rzymskiej I–XXIX) oraz 23 pochówków bez numerów i bez metryk, czyli luźnych kości. Pochówki prezentowały różny stopień zachowania materiału osteologicznego – od kompletnych i dobrze zachowanych szkieletów po bardzo fragmentaryczne i silnie zmurszałe nieliczne kości.

Płeć osobników oceniono na podstawie morfologii czaszki i kości miedniczych oraz – w nielicznych przypadkach bardzo fragmentarycznych szkieletów – także w oparciu o morfologię i masywność kości długich (tylko w sytuacji bardzo ewidentnych cech wskazujących jednoznacznie na określoną płeć) (*Workshop of...* 1980).

Wiek osobników określono na podstawie kilku cech: stopnia obliteracji szwów czaszki, stopnia starcia koron zębowych wg skali Lovejoya (1985), zmian w morfologii spojenia łonowego (u osobników dorosłych), a także pomiarów kości długich i pomiarów kości pasa miednicowego oraz stopnia wyrżnięcia zębów (u osobników dziecięcych) (Florkowski, Kozłowski 1994; Martin, Knussmann 1988; Stloukal, Hanáková 1978; Scheuer, Black 2000). Zastosowano podział na kategorie wieku według kryteriów: płód

(*foetus*) – do momentu urodzenia, *noworodek (neonatus)* – od momentu urodzenia przez pierwszy miesiąc życia, *infans I* – od drugiego miesiąca życia do 7. roku życia, *infans II* – od 7. do 14. roku życia, *juvenis* – od 14. do 18. roku życia, *juvenis/adultus* – od 18. do 20. roku życia, *adultus* – od 21. do 40. roku życia, *maturus* – od 41. do 60. roku życia i *senilis* – powyżej 60. roku życia. W niektórych przypadkach dokładne określenie wieku nie było możliwe – wtedy stosowano kategorię *subadultus* (osobnik dziecięcy lub młodzieńczy) oraz *dorosły* (gdy nie udało się dokładnie sprecyzować wieku, a osobnik miał co najmniej 20 lat). W większości przypadków możliwe było dość dokładne ustalenie wieku osobnika w chwili śmierci: 5-letnie (ewentualnie 10-letnie) przedziały w przypadku osobników dorosłych, 1-roczone w przypadku osobników dziecięcych oraz kilkutygodniowe w przypadku płodów.

Badanie występowania patologii oparto na makroskopowych obserwacjach morfologicznych i anatomicznych zmian szkieletu (Aufderheide, Rodriguez-Martin 1998; Işcan, Kennedy 1989; Steinbock 1976), wspierając je dodatkowo metodą radiologiczną w przypadkach wymagających rozstrzygnięć w kwestii interpretacji lub jej pogłębienia. W związku z tym wykonano 231 kaset zdjęć RTG, na których prześwietlono kości wykazujące zmiany patologiczne oraz kości wybrane do analizy występowania linii Harrisa (jednego z wyznaczników stresów

fizjologicznych – omówionego w dalszej części tej pracy).

Zdjęcia RTG do niniejszych badań wykonała Pracownia Radiologiczna SKANMEX z Wrocławia, z wykorzystaniem aparatu radiologicznego firmy Siemens typ Polydoros Multix. Zdjęcia wykonano z zachowaniem następujących parametrów:

- ognisko lampy 1,0 mm,
- filtracja dodatkowa 1,0 mm Al,
- odległość OF (ognisko lampy – badany obiekt) 100 cm,
- wartość wysokiego napięcia 55 kV
- natężenie prądu mas 4,0
- wywołanie badań – system radiografii pośredniej CR Ferrex.

W materiale osteologicznym zaobserwowano dość liczne i zróżnicowane zmiany patologiczne – wystąpiły one u 17,46% osobników całej analizowanej populacji. Pamiętać należy, że są one tylko częściowym obrazem chorób, jakie nękały omawianą populację. Zmiany widoczne na kościach powstają w wyniku długotrwałych, przewlekłych chorób, natomiast choroby krótkotrwałe (nawet o intensywnym przebiegu) lub niezbyt nasilone, nie pozostawiają zwykle śladu na kościach. Ślady na kościach nie są wyłącznie efektem schorzeń samego układu szkieletowego, lecz mogą być wtórnym odzwierciedleniem chorób bezpośrednio dotyczących innych układów, np. naczyniowego, oddechowego, czy wewnątrzwydzielniczego (Gładykowska-Rzeczycka 1976).

Bardzo różny stan zachowania szkieletów z omawianego stanowiska nie pozwolił na zdiagnozowanie wszystkich przypadków zmian patologicznych, ale informacje uzyskane z zachowanych większych i mniejszych fragmentów dały czytelny obraz zmian chorobowych (Lewis 2007; Roberts, Manchester 2007; Ortner 2003; Aufderheide, Rodriguez-Martin 1998; Steinbock 1976).

Według często stosowanego podziału typów schorzeń, spotykanych w populacjach pradziejowych (Gładykowska-Rzeczycka 1976; Kwiatkowska 2005), można wyróżnić następujące zmiany patologiczne:

- zmiany rozwojowe,
- urazy,
- choroby zapalne swoiste i nieswoiste,
- zmiany degeneracyjne,
- zaburzenia układu wewnątrzwydzielniczego,
- zaburzenia metaboliczne,
- zmiany nowotworowe.

Wśród osobników pogrzebanych na omawianym cmentarzysku nie stwierdzono występowania jedynie zmian o charakterze zaburzeń układu wewnątrzwy-

dzielniczego. Rodzaje zmian patologicznych oraz liczebności stwierdzonych przypadków zawiera tabela 1 oraz wykres 1 (ilustracje znajdują się na płycie DVD dołączonej do tego tomu).

Zmiany patologiczne zaobserwowane w materiale osteologicznym z cmentarza Salwatora (wg zaproponowanego powyżej podziału na grupy):

1. Zmiany rozwojowe (23,29%), wśród których wyróżnić można sakralizację piątego kręgu lędźwiowego (L5) lub lumbalizację pierwszego kręgu krzyżowego (S1) – czyli przypadki tzw. kręgów przejściowych (fot. 15 i 40), ponadto wystąpiły także rozszczep pełny lub niepełny kręgosłupa w odcinku krzyżowym (*spina bifida* – fot. 1), nieprawidłowe kostnienie szwów czaszki (*kraniostenosis* – fot. 50), redukcje uzębienia (dotyczące zarówno liczby, jak i formy zębów – fot. 31), zrost kości przedramienia w obrębie nasad bliższych (*synostosis radioulnaris* – fot. 65), otwór w trzonie mostka (fot. 33) oraz niezrośnięty z łopatką wyrostek kruczy (*os acromiale*).

Zmiany rozwojowe stanowią morfologiczny obraz zaburzeń w strukturze genów, bądź są efektem niekorzystnego wpływu środowiska. Wśród tych zmian są takie, które utrudniają normalne funkcjonowanie organizmu (powodując dolegliwości bólowe lub ograniczenia ruchowe) lub są jedynie odmienną formą budowy szkieletu, pozostającą bez wpływu na jego funkcjonowanie (Aufderheide, Rodriguez-Martin 1998).

2. Urazy (15,26%), są to różnego typu złamania kości długich (zarówno z przemieszczeniem, jak i bez przemieszczenia – fot. 91), złamania kręgosłupa z przemieszczeniem kręgów (złamanie kompresyjne trzonów kręgów i prawdopodobnie towarzyszące temu przerwanie rdzenia kręgowego – fot. 80), złamania w obrębie łuku kręgowego (*spondylolysis i spondylolisthesis*, czyli kręgozmyk kręgów lędźwiowych – fot. 37). Urazy są zmianami dobrze widocznymi na szkielecie i stanowią bardzo dobry wyznacznik trybu życia populacji. Ze zbadanego materiału osteologicznego wynika, iż nie wszystkie urazy były leczone prawidłowo – w wielu przypadkach widoczne są źle zestawione kości po złamaniach, co ograniczało funkcjonalność złamanych kończyn, a niejednokrotnie efektem wtórnym były infekcje bakteryjne, utrudniające gojenie się rany. Pomimo tego, większość stwierdzonych urazów charakteryzuje znaczny lub całkowity stopień wygojenia. Ilość złamań, w tym także kręgozmyków i kompresyjnych złamań kręgów świadczy o bardzo dużych obciążeniach, jakie obejmowały szkielet, szczególnie – szkielet osiowy.

V. ANALIZA ZMIAN PATOLOGICZNYCH I WYBRANYCH WYZNACZNIKÓW STRESÓW...

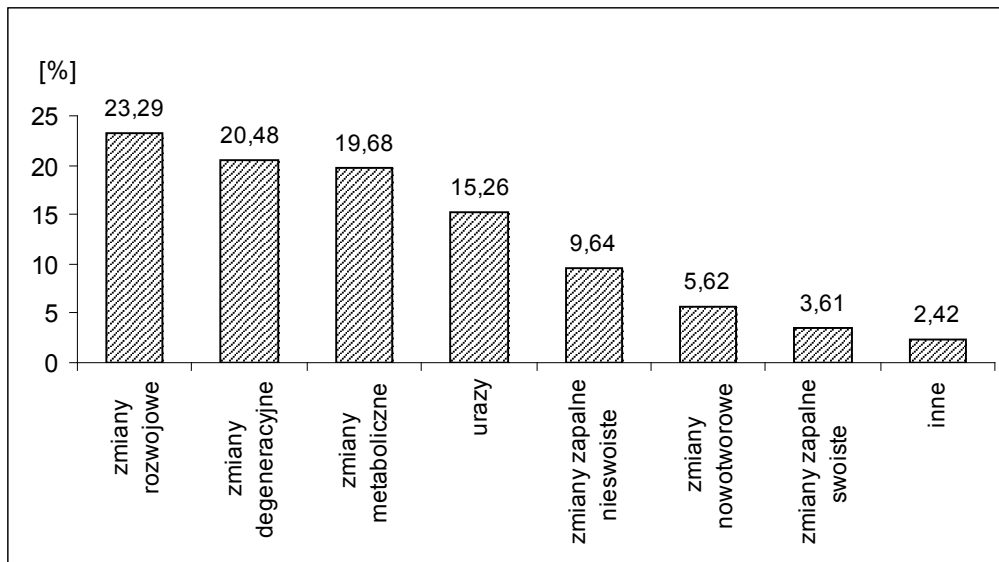
Tabela 1. Wrocław, cmentarz Salwatora. Zestawienie rodzajów zmian patologicznych

Table 1. Wrocław, cemetery of Our Saviour. List of pathological change types

Lp.	Kategoria zmian patologicznych	Rodzaj zmian patologicznych	Liczebność przypadków	Liczebność z podziałem na płeć			Odsetek rodzajów patologii [%]		
				męską	żeńską	nieokreśloną			
1.	Zmiany rozwojowe	kraniostenozą ( <i>kraniostenosis</i> )	2	0	2	0	0,80	23,29	
		lumbalizacja ( <i>lumbalisatio</i> )	8	3	5	0	3,21		
		sakralizacja ( <i>sacralisatio</i> )	7	2	5	0	2,81		
		rozszerzenie kręgosłupa ( <i>spina bifida</i> )	22	10	10	2	8,85		
		<i>os acromiale</i>	1	0	1	0	0,40		
		otwór w trzonie mostka	8	4	4	0	3,21		
		wady zgryzu i rozwoju zębów	8	6	2	0	3,21		
		<i>synostosis radioulnaris</i>	2	1	1	0	0,80		
2.	Urazy	złamania kości kończyn górnych	7	6	1	0	2,81	15,26	
		złamania kości kończyn dolnych	6	2	1	3	2,41		
		urazy kości czaszki	4	3	1	0	1,61		
		spondylolisteza/spondyloliza	17	11	4	2	6,84		
		kompresyjne złamanie kręgu	2	1	1	0	0,80		
		złamania żeber	2	2	0	0	0,80		
3.	a. Choroby zapalne swoiste	kiła weneryczna ( <i>syphilis veneralis</i> )	2	1	1	0	0,80	3,61	
		kiła wrodzona ( <i>syphilis congenitalis</i> )	7	0	0	7	2,81		
	b. Choroby zapalne nieswoiste	<i>periostitis</i>	8	1	4	3	3,21		9,64
		<i>osteomyelitis</i>	6	2	0	4	2,41		
		przetoka ropna przyzębia	3	2	1	0	1,20		
		inne zmiany zapalne	7	2	1	4	2,81		
4.	Zmiany degeneracyjne	zwyrodnienia elementów kręgosłupa i klatki piersiowej	17	10	7	0	6,83	20,48	
		zwyrodnienia stawów kończyn dolnych	17	7	9	1	6,84		
		zwyrodnienia stawów kończyn górnych	11	7	3	1	4,42		
		zrosty kręgow	6	3	3	0	2,41		
5.	Zmiany metaboliczne	krzywica ( <i>rahitis</i> )	20	1	2	17	8,04	19,68	
		szkorbut ( <i>scorbutus</i> )	4	0	3	1	1,61		
		przerost porowaty ( <i>cribra</i> )	11	0	1	10	4,42		
		osteomalacja ( <i>osteomalatio</i> )	13	2	10	1	5,22		
		osteoporoza ( <i>osteoporosis</i> )	1	0	1	0	0,40		
6.	Zmiany nowotworowe	osteoma ( <i>osteoma</i> )	8	2	1	0	3,21	5,62	
		meningioma ( <i>meningioma</i> )	1	1	0	0	0,40		
		osteosarcoma ( <i>osteosarcoma</i> )	1	0	1	0	0,40		
		exostosis ( <i>exostosis</i> )	1	1	0	0	0,40		
7.	Inne	nowotwór bez rozpoznania	3	2	1	0	1,20	2,42	
		kraniotomia	2	2	0	0	0,80		
		silny kamień nazębny	2	1	1	0	0,80		
		wypełnienie ubytku w zębie	1	0	1	0	0,40		
		wytarcie zębów	1	1	0	0	0,40		
		RAZEM	249	99	94	56	100,00	100,00	

3. Choroby zapalne swoiste i nieswoiste (13,25%), objawiające się różnie nasilonymi zmianami w morfologii całej kości oraz strukturze tkanki kostnej (przerosty, porowatości, nacieki itp.). Do chorób zapalnych swoistych zaliczyć należy przebyte choroby zakaźne o charakterze przewlekłym – kiła, trąd,

gruźlica. W opisanym materiale kostnym stwierdzono ślady jedynie tej pierwszej i to w większości w formie kiły wrodzonej (fot. 14, 44), czyli przeniesionej z krwią matki poprzez łożysko na płód. U starszych osobników jednoznaczne ślady kiły wenerycznej (fot. 101) występowały bardzo rzadko,



Wykres 1. Wrocław, cmentarz Salwatora. Odsetkowy udział różnych typów zmian patologicznych  
 Graph 1. Wrocław, cemetery of Our Saviour. Percentage distribution pathological change types

co oznacza, że większość dorosłych, chorych na kiłę, umierała w stadiach wcześniejszych, niepozostawiających jeszcze śladów w układzie szkieletowym. Drugą możliwością jest zaliczenie, przynajmniej części, poniżej wymienionych nieswoistych zmian zapalnych kości, jako mogących towarzyszyć kile przenoszonej drogą płciową u osobników dorosłych. To oznaczałoby, że część zmian zapalnych kości mogła być wywołana przez krętka bladego (*Treponema pallidum*). Stanowiłoby to dowód na większą przeżywalność dorosłych mimo chorowania na kiłę. Niestety jednoznacznie rozstrzygnąć tę kwestię mogą jedynie badania mikrobiologiczne, potwierdzające obecność, lub brak, bakteryjnego czynnika wywołującego kiłę.

W analizowanym materiale osteologicznym dość liczne były ślady chorób zapalnych o charakterze nieswoistym, które były efektem zakażeń różnego rodzaju bakteriami, m.in.: gronkowcem złocistym (*Staphylococcus aureus*), paciorkowcem (*Streptococcus sp.*), czy dwoinką zapalenia opon mózgowych (*Meningococcus sp.*). Obraz zmian może być bardzo różny w zależności od długości trwania zakażenia i przyczyny jego powstania. W związku z tym może ono obejmować tylko niewielkie fragmenty kości, bądź stanowić rozległe zmiany, powodujące powstanie zniekształceń nie tylko powierzchni kości, ale także jej struktury. W przypadku badanych kości wystąpiły zmiany o zróżnicowanym charakterze.

4. Zmiany degeneracyjne (20,48%), obejmujące szczególnie elementy kości tworzącego połączenia stawowe (w różnych odcinkach kręgosłupa, stawów

biodrowych, kolanowych, barkowych, łokciowych i nadgarstkach) – występujące u osobników zaawansowanych wiekiem lub narażonych na fizyczną pracę znacznie obciążającą układ mięśniowo-szkieletowy. Zwyrodnienia dotyczyły głównie elementów szkieletu osiowego (fot. 66) i występowały u znacznej części osobników dorosłych. Zmiany przeciążeniowe obejmowały nie tylko kręgosłup, ale również duże stawy – biodrowy i kolanowy (fot. 7, 36, 75).

5. Zaburzenia metaboliczne (19,68%), wśród których dość licznie obserwowanymi schorzeniami były krzywica i osteomalacja, a także skorbut (fot. 9, 21, 22, 87). Bezpośrednią przyczyną krzywicy jest niedobór witaminy D, który w omawianym materiale występował u osobników dziecięcych z różnym stopniem nasilenia. W niektórych przypadkach nakładał się na niego dodatkowo skorbut, wywołowany z kolei niedoborem witaminy C. Osteomalacja jest efektem odwapnienia kości – dotknęło ono przede wszystkim osobniki płci żeńskiej (możliwe, że jako efekt ciąży, podczas której dieta nie zapewniała odpowiedniej ilości składników mineralnych, niezbędnych do budowy kości płodu). Zaburzenia metaboliczne najprawdopodobniej wywołane były ogólną awitaminacją, spowodowaną dietą ubogą w świeże warzywa, owoce oraz nabiał. Możliwe, że dodatkowym czynnikiem wpływającym na taką dietę, był niesprzyjający klimat – ówczesna populacja, albo przynajmniej jej część, żyła w okresie ochłodzenia klimatycznego (tzw. Małej Epoki Lodowcowej) (Przybylak 2008; Przybylak i in. 2005; Przybylak i in. 2004). Mogło to wpływać zarówno na stan zdrowia (częstsze in-

fekcje), jak i jakość codziennej diety (szczególnie w okresie zimowym i wczesno wiosennym). Ocena śladów ewentualnego wpływu klimatu na stan zdrowia i warunki życia, w tym dietę, zostanie podjęta w dalszej części opracowania, poświęconej analizie izotopów stabilnych.

Ponadto należy mieć na uwadze, iż w przypadku małych dzieci, zmiany o charakterze krzywicznym mogą współtowarzyszyć kile wrodzonej i niekiedy do końca nie można z całą pewnością jednoznacznie określić, czy widoczne zmiany są krzywicą, kiłą wrodzoną, czy też są obrazem współwystępowania obu tych chorób (Steinbock 1976).

6. Zmiany nowotworowe (5,62%) – zarówno łagodne (np. kostniaki umiejscowione głównie w obrębie sklepienia czaszki – fot. 52), jak i złośliwe (przypadek oponiaka – *meningioma* – fot. 28), wystąpiły z niezbyt dużym nasileniem. Część z tych zmian mogła powstać w skutek jakichś urazów, a część w efekcie samoistnych zmian nowotworowych w komórkach tkanki kostnej lub tkanek przyległych.

Zmiany chorobowe, pozostawiające tak liczne i zróżnicowane ślady na kościach, mogą wskazywać na trudne warunki życia populacji pochowanej na opisywanym cmentarzystwie. Na szkieletach wczesnonowożytnych wrocławian z cmentarza Salwatora, najliczniejsze są zmiany zwyrodnieniowe i urazy wynikające z dużych obciążeń, jakie oddziaływały na układ kostno-szkieletowy. Świadczy to o ciężkiej fizycznej pracy, narażającej na powstawanie nieodwracalnych zmian chorobowych układu kostnego. Dodatkowo ówczesni mieszkańcy Wrocławia narażeni byli na wpływ chorób zakaźnych, obejmujących miejsca po urazach, bądź cały organizm, czego obrazem są różnego typu liczne zmiany zapalne. Nierzadką chorobą była kiła, nieleczona była przenoszona dodatkowo podczas ciąży z matki na dziecko. Poziom higieny osobistej oraz najbliższego otoczenia pozostawiał wiele do życzenia. Sporą grupę stanowią zmiany rozwojowe uwarunkowane genetycznie, w pozostałych przypadkach mamy do czynienia ze zmianami będącymi skutkiem modyfikującego wpływu czynników środowiska na rozwój organizmu. Duże znaczenie ma występowanie chorób metabolicznych, wywołanych przede wszystkim niedoborami witamin i składników mineralnych oraz nieprawidłowym procesem przetwarzania ich w organizmie. Być może dodatkowo nałożyło się na ten fakt ochłodzenie klimatyczne, w efekcie którego stosunkowo częste były przypadki krzywicy i osteomalacji. Mniej liczne w badanym materiale

są ślady nowotworów – być może przez fakt ogólnie niższej częstości tego typu schorzeń w epokach poprzedzających omawiany okres. Bądź też przez fakt, że ludzie cierpiący na chorobę nowotworową rzadko żyli na tyle długo, żeby choroba zdążyła zmianami objąć również kości.

W pozostałych nietypowych przypadkach (2,42%) warto zwrócić uwagę na dwa przypadki kraniotomii (fot. 51) – otwarcia jamy mózgowcowej przy użyciu piły (cięcie po obwodzie mózgowcowej – na kościach pozostały wyraźne ślady narzędzia), być może są to pochówki młodsze, niż wczesnonowożytne. U innego osobnika zęb trzonowy z głęboką próchnicą nosi ślad mogący wskazywać na zastosowanie jakiegoś rodzaju „stomatologicznego” wypełnienia jamy zęba (fot. 45). Wypełnienie nie zachowało się i nie wiadomo, z jakiego materiału mogło być wykonane. Na koniec warto przyrzeć się uzębieniu osobnika, który – najprawdopodobniej w efekcie notorycznego, wieloletniego zaciskania zębów na ustniku fajki – spowodował starcie koron zębów odwzorowujące kształt jego przekroju (idealnie okrągły – fot. 55). Duża liczebność opisanych zmian patologicznych pozwala wnioskować, że ludność pochowana na cmentarzu Salwatora, żyła w dość trudnych warunkach i przynajmniej część z nich – głównie mężczyźni – wykonywała ciężkie fizyczne prace. Niedobory pokarmowe i nienajlepsze warunki higieny dodatkowo zwiększały zachorowalność zarówno wśród dorosłych, jak i dzieci.

Populacja wczesnonowożytnych wrocławian, pochowanych na cmentarzu Salwatora, nie należała do idealnie zdrowych, co więcej – liczba opisanych zmian patologicznych była większa, niż w seriach wrocławskich całego okresu średniowiecza, opisanych przez Kwiatkowską (2005). Różnica ta może wskazywać na zwiększoną presję ze strony środowiska życia ludności z okresu wczesnonowożytnego lub jest efektem gorszego stanu zachowania osteologicznego materiału średniowiecznego, a przede wszystkim częstego braku szkieletów w wieku dziecięcym. Szczegółowe zestawienie wszystkich zaobserwowanych zmian patologicznych, jakie wystąpiły w populacji z cmentarza Salwatora, przedstawiono w aneksie znajdującym się na płycie DVD dołączonej do tej książki. Są tam również zdjęcia fotograficzne<sup>1</sup> i radiologiczne ilustrujące omawiane patologie.

<sup>1</sup> Wszystkie umieszczone w tym opracowaniu zdjęcia fotograficzne wykonane zostały przez Zofię Łubocką.

## 2. ANALIZA LINII HARRISA

Istotnym wyznacznikiem stresów rozwojowych są linie Harrisa (warstwy sklerotyczne występujące w istocie gąbczastej kości – głównie długich). Bezpośrednią przyczyną ich powstawania są zaburzenia procesu rozwoju kości na podłożu chrzęstnym, dlatego też pojawiają się one wyłącznie w okresie wzrastania kości na długość. Działanie czynnika stresowego w tym czasie może powodować opóźnienia lub zahamowania w procesie kostnienia. Szczegółowy opis mechanizmu powstawania linii Harrisa (HL) przedstawiła Ingrid Kühl (1980).

Badanie linii polega na ocenie występowania poprzecznych warstw sklerotycznych, w tym również ich liczby, struktury i wieku pojawienia się. Wśród badaczy nie ma zgodności, co do jednej definicji linii Harrisa. Część uznaje za linię już pojedynczą warstwę sklerotyczną, rozciągającą się przynajmniej na 5 mm od granicy endostylu w kierunku do środka trzonu. Według innych – linia powinna stanowić zauważalny gołym okiem wyraźny kontrast zwiększonego skupienia substancji kostnej, rozciągający się na  $\frac{1}{4}$  do  $\frac{1}{2}$  szerokości tronu (Nowak 1999). Obecność linii można stwierdzić w obrazie radiologicznym lub bezpośrednio na przekroju podłużnym kości długich. Jednak ze względów praktycznych do badań populacyjnych stosuje się metodę prześwietlania kości promieniami Roentgena.

Do czynników zaburzających prawidłowy rozwój kości, których efektem są linie poprzeczne, należą: niedożywienie (okresy głodu), niedobory w składzie diety (braki białka, witamin), zatrucia (m.in. metalami ciężkimi), choroby zakaźne wieku dziecięcego, a także ciężkie choroby matki, skutkujące infekcjami *in utero*. Dotychczasowe badania potwierdziły, że niedożywienie i wywołane nim niedobory białka w dziecię, znacznie opóźniają proces wzrastania, a w przypadku skrajnych niedoborów pokarmowych związanych z głodem, proces wzrastania może ulec nawet całkowitemu zahamowaniu (Kühl 1980; 1983).

Są to jednak zmiany o charakterze adjustacyjnym, mają zatem charakter odwracalny i mogą zanikać z wiekiem w wyniku remodelowania tkanki kostnej (Garn, Schwager 1967; Marshall 1968; McHenry; 1968 Kühl 1980, 1983). Obecność linii nie wpływa także na funkcję i zewnętrzną strukturę kości, dlatego nie da się ocenić ich występowania bez wykorzystania technik obrazowania radiologicznego.

Istnienie linii należy interpretować, jako sygnał wystąpienia okresowych opóźnień lub zahamowań

wzrastania, wywołanych przyczyną zmuszającą organizm do skoncentrowania wszystkich sił na obronie przed groźnymi dla życia sytuacjami stresu fizjologicznego (Kühl 1983). Ocena zróżnicowania morfologii i wzajemnego rozmieszczenia linii, pozwala jedynie na próbę interpretacji siły i czasu oddziaływania stresorów. Mnogość przyczyn składających się na powstawanie linii Harrisa sprawia, że wyznacznik ten traktuje się jako ogólną odpowiedź organizmu na niespecyficzny stres (Buikstra 1976).

Zdjęcia RTG do opisywanych tu badań wykonała Pracownia Radiologiczna SKANMEX z Wrocławia wykorzystując aparat radiologiczny firmy Siemens typ Polydoros Multix, stosując identyczne parametry, jak w przypadku prześwietleń kości ze zmianami patologicznymi.

Do badań radiologicznych wybrano kości kończyn dolnych, których dobry stan zachowania pozwalał na ocenę występowania linii Harrisa. Były to kości udowe, a w przypadku ich braku lub uszkodzenia – piszczelowe (fot. 116). Taki wybór materiału kostnego podyktowany był ogólnie przyjętą metodologią, według której dystalny koniec kości udowej, dystalny i proksymalny koniec kości piszczelowej charakteryzuje największa częstość występowania linii Harrisa, a występowanie linii jest symetryczne dla kości prawych i lewych (Egawa i in. 2001; Garn, Baby 1969; Nowak 1999). Do oceny wieku powstawania poszczególnych linii Harrisa w badanych kościach zastosowano metodologię Hunta i Hacha (1981), z modyfikacjami zaproponowanymi przez Zofię Łubocką (2003). Pomiarów długości kości oraz odległości pomiędzy pierwotnym punktem kostnienia a liniami Harrisa dokonano komputerowo na bazie cyfrowych zdjęć RTG z użyciem oprogramowania do Obrazowania Cyfrowego i Wymiany Obrazów w Medycynie DICOM.

Z całości zachowanego materiału osteologicznego wybrano do badań występowania linii Harrisa kości długie kończyn dolnych 89 osobników w wieku dziecięcym i młodzieńczym (0–16 lat – tab. 2) oraz 90 osobników dorosłych (powyżej 18 roku życia – tab. 3). Jak wynika ze wstępnego zestawienia danych (tab. 2 i 3) – częstość występowania osobników młodocianych z obecnymi liniami Harrisa jest niemal trzykrotnie wyższa, niż dorosłych z tą samą cechą, na co niewątpliwie ma wpływ zjawisko zanikania linii Harrisa z wiekiem, w wyniku remodelowania tkanki kostnej. Niemniej jednak wynik ten na tle innych populacji z terenu Polski (Kwiatkowska 2005; Łu-

V. ANALIZA ZMIAN PATOLOGICZNYCH I WYBRANYCH WYZNACZNIKÓW STRESÓW...

bocka 2003; Piontek i in. 2001) wyraźnie pokazuje, że procent osobników dziecięcych i młodzieńczych z cmentarza Salwatora, które posiadają linie Harrisa jest i tak relatywnie najniższy (wykres 2). Statystyki ilustrujące średnią częstość występowania HL na tle sumarycznej liczby linii Harrisa w poszczególnych kategoriach wieku ich formowania u osobników dziecięcych i juvenilnych przedstawiono na wykresie 3.

Porównując tę średnią dla rocznych przedziałów wiekowych z analogicznymi danymi populacji z Ostrowa Lednickiego (wykres 4), można stwierdzić, że nie była zbyt wysoka – nie występuje zatem tendencja do kumulowania się HL w kolejnych latach życia osobniczego. Dodatkowo w serii z Wrocławia nie obserwuje się wyraźnie wyższej częstości występowania linii w określonym wieku, jak w przypadku serii z Ostrowa Lednickiego, gdzie zdecydowanie

wyższa częstość formowania się linii przypada na pierwsze lata życia dziecka (prawdopodobny stres związany z zaprzestaniem karmienia piersią) (wykres 4). Oznacza to, że osobniki dziecięce z cmentarza Salwatora w żadnej kategorii wieku nie były szczególnie bardziej narażone na silniejsze oddziaływanie stresu fizjologicznego, którego skutkiem byłaby większa częstość linii Harrisa. W przypadku analizy częstości występowania HL u osobników dorosłych z cmentarza Salwatora (wykres 5), wyraźnie widać, że na tle średniowiecznych serii z terenu Wrocławia badaną serię charakteryzują niskie wartości omawianej cechy.

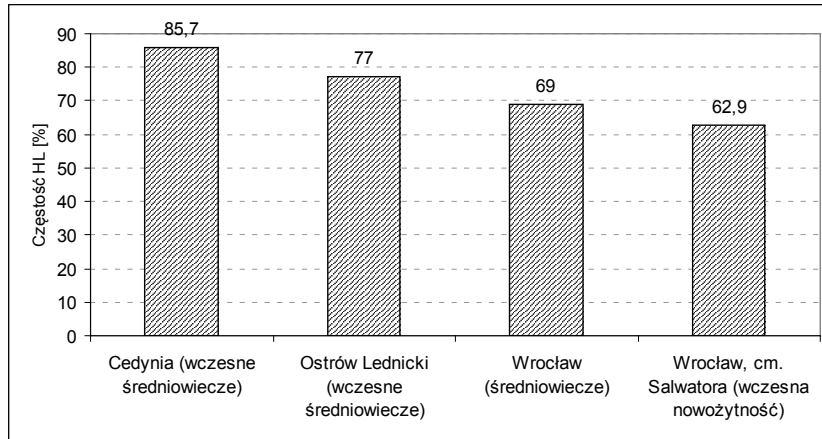
A zatem zarówno analiza osobników dziecięcych, jak i dorosłych wykazała stosunkowo niewysokie częstości występowania linii Harrisa, co pozwala sądzić, iż populacja ta nie była zbyt często narażona na oddziaływanie czynników takich, jak niedobo-

Tabela 2. Wrocław, cmentarz Salwatora. Występowanie linii Harrisa w szkieletach osobników dziecięcych i młodzieńczych  
Table 2. Wrocław, cemetery of Our Saviour. Appearance of Harris lines in subadult and juvenile skeletons

Wiek osobnika [lata]	Liczba osobników z HL	Liczba osobników bez HL	Liczba osobników ogółem	Odsetek występowania HL [%]
0	6	16	22	6,8
1	3	1	4	3,4
2	10	1	11	11,3
3	2	1	3	2,2
4	3	0	3	3,4
5	7	1	8	7,9
6	5	0	5	5,6
7	7	1	8	7,9
8	2	1	3	2,2
9	1	0	1	1,1
10	1	1	2	1,1
11	3	1	4	3,4
12	1	0	1	1,1
13	1	2	3	1,1
14	2	2	4	2,2
15	1	5	6	1,1
16	1	0	1	1,1
Suma:	56	33	89	62,9

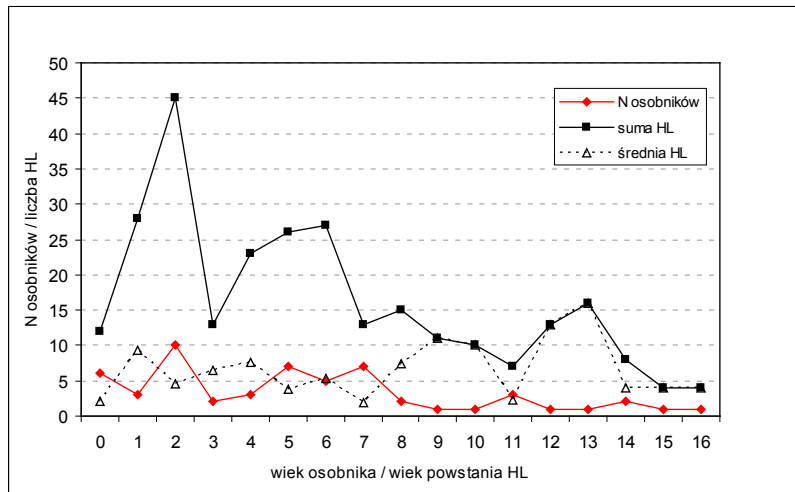
Tabela 3. Wrocław, cmentarz Salwatora. Występowanie linii Harrisa w szkieletach osobników dorosłych  
Table 3. Wrocław, cemetery of Our Saviour. Appearance of Harris lines in adult skeletons (individuals)

Wiek/ płeć osobnika	Liczba osobników z HL	Liczba osobników bez HL	Liczba osobników ogółem	Odsetek występowania HL [%]
<i>Adultus</i> K	11	37	48	22,9
<i>Adultus</i> M	6	16	22	27,3
<i>Maturus</i> K	1	9	10	10,0
<i>Maturus</i> M	2	8	10	20,0
Suma:	20	70	90	22,2



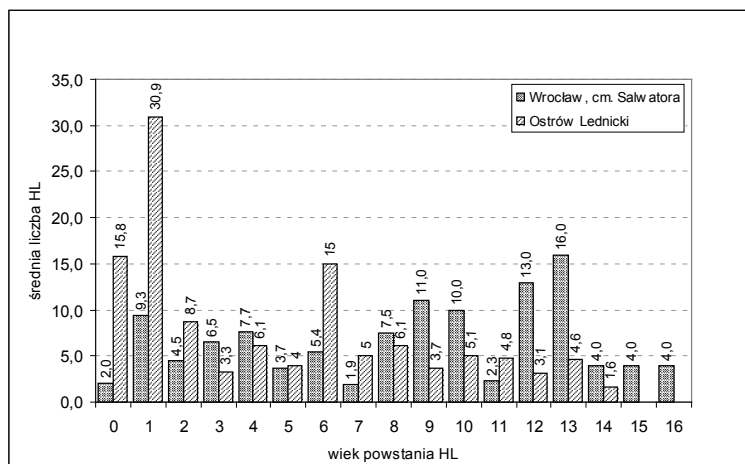
Wykres 2. Wrocław, cmentarz Salwatora. Porównanie częstości występowania linii Harrisa w różnych populacjach z terenu Polski (osobniki dziecięce)

Graph 2. Wrocław, cemetery of Our Saviour. Comparison of appearance of Harris lines in different population in Poland (subadults specimens)



Wykres 3. Wrocław, cmentarz Salwatora. Charakterystyka statystyczna występowania linii Harrisa w serii z cmentarza Salwatora (osobniki dziecięce)

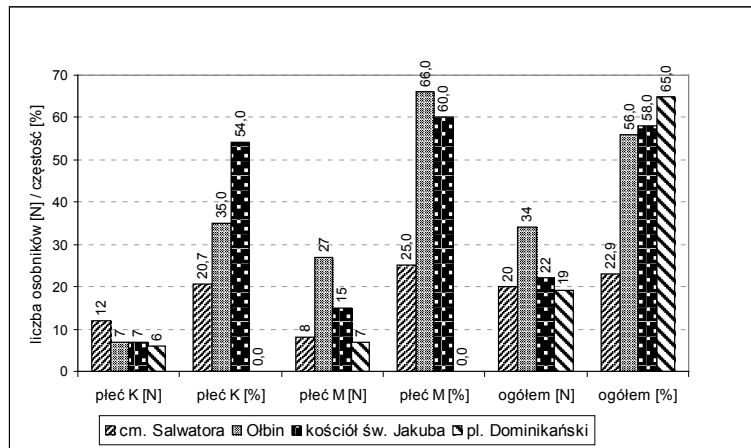
Graph 3. Wrocław, cemetery of Our Saviour. Statistical appearance of Harris lines in cemetery of Our Saviour series (subadults specimens)



Wykres 4. Wrocław, cmentarz Salwatora. Średnie wartości liczby linii Harrisa u osobników dziecięcych w seriach z cmentarza Salwatora i Ostrowa Lednickiego

Graph 4. Wrocław, cemetery of Our Saviour. The mean value of the number of Harris lines in cemetery of Our Saviour and Ostrow Lednicki series (subadults individuals)





Wykres 5. Wrocław, cmentarz Salvatora. Częstość występowania linii Harrisa w wybranych seriach osteologicznych z terenu Wrocławia

Graph 5. Wrocław, cemetery of Our Saviour. Frequency of appearance of Harris lines in selected osteological series in Wrocław

ry pokarmowe, okresy głodu, choroby o ciężkim przebiegu, czy zatrucia. Nie stwierdzono też występowania okresów w życiu osobniczym, bardziej podatnych na negatywne wpływy środowiska życia, jak odstawienie dziecka od karmienia piersią, skok wzrostowy, czy okres pokwitania, które potwier-

dzali inni badacze (Arnay-de-la Rosa i in. 1994; Jerszyńska, Nowak 1996; Nowak, Piontek 2002). Na podstawie uzyskanych wyników można wręcz powiedzieć, że środowiskowe czynniki wywołujące formowanie linii Harrisa występowały ze stałym, ale niezbyt intensywnym nasileniem.

### 3. OCENA WPŁYWU WARUNKÓW ŚRODOWISKA – ANALIZA BADAŃ IZOTOPÓW STABILNYCH $^{13}\text{C}$ , $^{15}\text{N}$ I $^{18}\text{O}$

Analiza stabilnych izotopów takich, jak azot, węgiel czy tlen w kościach, jest metodologią powszechnie stosowaną w badaniach bioarcheologicznych do oceny warunków środowiska, jakie w danym czasie i miejscu oddziaływały na badaną populację (m.in. dieta, klimat) (Szostek 2009). Ta gałąź badań rozwinęła się znacząco w ostatnich latach i stanowi niemal standard wszelkich większych analiz szczątków kostnych wyeksplorowanych na stanowiskach archeologicznych, zarówno zwierzęcych, jak i ludzkich. Niestety w Polsce, z różnych względów, jest jeszcze stosunkowo rzadko wykorzystywana, a materiał porównawczy jest praktycznie znikomy (Reitsema i in. 2013; Reitsema i in. 2010; Reitsema, Kozłowski 2010). A większość badań izotopowych na materiałach pochodzących z cmentarzysk pradziejowych obejmowała dotąd głównie pierwiastki śladowe, jak stront, cynk i wapń (Kwiatkowska 2005; Szostek i in. 2009; Szostek i in. 2005; Szostek, Głęb 2001).

Przeprowadzona w tej pracy analiza izotopów stabilnych  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$  i  $^{18}\text{O}$  pozwoliła nie tylko podjąć próbę odpowiedzi na pytanie o dietę i wpływ warunków klimatycznych na życie wczesnonowżytnych wrocławian, lecz stanowi także kolejny istotny krok

w tworzeniu bazy danych porównawczych do dalszych badań ludności pradziejowej z terenu Polski.

Kości oraz zęby poprzez swój bogaty skład pierwiastkowy otwierają możliwość badania różnorodnych zjawisk w oparciu o wyniki badań izotopowych, w szczególności w oparciu o izotopy stabilne  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ , a także  $^{34}\text{S}$  i  $^{44}\text{Ca}$ . Niektóre z tych izotopów wchodzi w skład budulców zarówno organicznych, jak i nieorganicznych tkanki kostnej (Hedges i in. 2006). Frakcję organiczną tkanki kostnej stanowi kolagen, składnik białkowy o włóknistej strukturze, czyli tak zwana macierz, w którą wbudowuje się bioapatyt. Niemal cały azot budujący kolagen pochodzi z białek, których źródłem jest dieta, a poziom izotopu  $^{15}\text{N}$  zależy bezpośrednio od jej rodzaju (typu środowiska – wodne lub lądowe, typu pokarmu – roślinne i/lub zwierzęce, czy też poziomu troficznego – roślinożerca, wszystkożerca lub mięsożerca). Analogiczne zależności dotyczą izotopu  $^{13}\text{C}$  badanego w kolagenie. Analiza tych dwóch izotopów pozwala, przy jednorazowej preparacji próbki, uzyskać odczyty dla dwóch pierwiastków w jednym badaniu.

Frakcja mineralna kości – bioapatyt, na który składają się węglan wapnia i fosforan wapnia – stanowi

w tkance od 75% (w kości) do 97% (w szkliwie). Na dodatek w szkliwie znajduje się on w bardzo dobrze rozwiniętej postaci krystalicznej. Ponadto szkliwo poprzez swoją strukturę jest bardziej odporne na wpływ czynników środowiska oraz proces diagenety, a pierwiastki mniej podatne na wymianę na swoje odpowiedniki egzogenne (Brown 2012; Hedges i in. 2006). Należy jednak pamiętać, że szkliwo stałych zębów formuje się tylko w trakcie pierwszej dekady życia człowieka (z wyjątkiem trzecich zębów trzonowych). Zatem izotopy zawarte w hydroksyapatycie szkliwa zawierają informację na temat spożywanego pokarmu i wody pitej (także mleka matki, którym karmione były noworodki) w czasie wczesnych etapów życia osobniczego, gdy formują się korony

zębów stałych i praktycznie nie ulegają zmianie podczas dalszego życia (Szostek 2009). Natomiast izotopy wchodzące w skład węglanów tworzących apatyt tkanki kostnej odzwierciedlają rodzaj diety spożywanej na przestrzeni ostatnich dziesięciu lat życia osobniczego (Brown 2012).

Z tego powodu do przeprowadzenia analiz wybrano izotopy stabilne  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$  pochodzące z kolagenu kości, jako najlepiej odzwierciedlające rodzaj diety oraz izotop  $^{18}\text{O}$  ze szkliwa zębów, jako wskaźnik warunków klimatycznych.

Wszystkie analizy izotopowe przeprowadzono w Laboratorium Datowania Izotopowego i Badań Środowiska Instytutu Nauk Geologicznych PAN w Warszawie.

### 3.1. BADANIE IZOTOPÓW $^{13}\text{C}$ , $^{15}\text{N}$

Do dokonania rekonstrukcji diety populacji ludzi, jak żyła w przeszłości, niezbędne jest tło porównawcze, charakterystyczne dla obszaru zajmowanego przez tę populację. Dla terenu Polski nie ma wielu danych porównawczych, gdyż analizy izotopowe wciąż są zbyt rzadkie w badaniach bioarcheologicznych. W przypadku cmentarza Salwatora nie było możliwości stworzenia własnego układu odniesienia, zawierającego informacje o składzie izotopowym roślin i zwierząt różnych poziomów troficznych z tamtego okresu. Jest to skutek braku zwierzęcych szczątków kostnych zachowanych na tyle dobrze, by można było dokonać identyfikacji gatunkowej. Pojedyncze fragmenty kostne, zidentyfikowane jako zwierzęce, nie nadawały się do tego celu. Pozostało zatem dokonać porównania wyników z danymi dostępnymi w literaturze tematu.

Do badania izotopów węgla i azotu wybrano losowo kości 50 osobników, po 25 każdej płci, których szkielety charakteryzowały się bardzo dobrym stanem zachowania – kości nie mogły być zmurszałe, uszkodzone, ani nie mogły wykazywać widocznych zmian patologicznych. Próbkę kostną o wadze 15–20 g pobierano z trzonów kości udowych, gdzie było najwięcej istoty zbitnej zawierającej kolagen. Następnie oczyszczone fragmenty kostne mielono do postaci proszku kostnego, który potraktowano 1-molowym roztworem HCl w celu usunięcia węglanów. W kolejnym etapie osad kostny przemyto wodą dejonizowaną do neutralnego pH, po czym dodano do niego 0,1 molowy NaOH. Po ponownym przepłukaniu osadu wodą dejonizowaną do neutralnego pH, osad rozcieńczono roztworem HCl o pH = 2,5 i umieszczono w łaźni wodnej na 24 h w temperaturze nie przekraczającej 70 °C. Po tym

czasie powstały roztwór przefiltrowano przez filtr wstępny G4 przy użyciu pompy wodnej, a następnie przefiltrowano przez mikro filtr z membraną 30 000 MWCO PES i umieszczono w temperaturze 60 °C do uzyskania stałej masy.

Analizy stosunków izotopowych węgla i azotu dokonano przy użyciu analizatora elementarnego Thermo Flash EA 1112HT, sprzężonego ze spektrometrem mas Thermo Delta V Advantage w systemie Continuous Flow. Naważka próbki była uzależniona od ilości poszczególnych składników. Owinięte w cynową folię próbki spalono w atmosferze tlenu w temperaturze 1020 °C. Uzyskane ze spalania  $\text{CO}_2$  i  $\text{N}_2$  rozdzielono na kolumnie chromatograficznej i bezpośrednio kapilarą wprowadzono do źródła spektrometru. Pomiarów kalibrowano za pośrednictwem wzorców międzynarodowych USGS 40, USGS 41, IAEA 600. Krzywa kalibracyjna wykonywana jest każdego dnia pomiarowego. Wyniki  $^{13}\text{C}$  podawane są w postaci  $\delta$  względem wzorca VPDB, z dokładnością pomiarów:  $\pm 0,33\%$  (1SD  $\delta^{13}\text{C}$ ). Wyniki  $^{15}\text{N}$  podawane są w postaci  $\delta$  względem wzorca AIR  $\text{N}_2$ , z dokładnością pomiarów:  $\pm 0,43\%$  (1SD  $\delta^{15}\text{N}$ ).

Dla kompletności badań przeprowadzono także analizę składu ilościowego węgla i azotu (proporcję ilościową C/N – określającą jakość kolagenu zastosowanego do badań izotopowych). Analizę tę wykonano przy użyciu analizatora elementarnego Vario MicroCUBE. Naważka próbki była uzależniona od ilości poszczególnych składników. Owinięte w cynową folię próbki spalono w atmosferze tlenu w temperaturze 1150 °C. Uzyskane ze spalania gazy ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{SO}_2$ ) zostały rozdzielone na kolumnie chromatograficznej i pomierzone w sposób sekwencyjny przez detektor przewodności cieplnej

V. ANALIZA ZMIAN PATOLOGICZNYCH I WYBRANYCH WYZNACZNIKÓW STRESÓW...

Tabela 4. Wrocław, cmentarz Salwatora. Lista próbek poddanych analizie izotopowej węgla i azotu  
 Table 4. Wrocław, cemetery of Our Saviour. List of samples tested by carbon and nitrogen isotope analysis

Nr próbki	$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}} [\text{‰}]$	$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} [\text{‰}]$	C/N	Nr grobu	Płeć osobnika	Wiek osobnika
Kolagen 01	-20,20	14,29	2,66	149	K	35-40
Kolagen 02	-19,83	15,75	2,68	152	K	60
Kolagen 03	-20,00	14,64	2,67	321	K	35-45
Kolagen 04	-19,98	14,26	2,68	306	K	35-45
Kolagen 05	-20,03	15,34	2,65	386	K	20-24
Kolagen 06	-20,29	16,56	2,66	387	K	>60
Kolagen 07	-19,86	13,92	2,66	413a	K	20-24
Kolagen 08	-19,57	14,90	2,72	396	K	35-40
Kolagen 09	-19,83	14,22	2,68	480	K	40-50
Kolagen 10	-20,10	16,49	2,67	475a	K	30-35
Kolagen 11	-20,11	15,63	2,68	1122	K	30-35
Kolagen 12	-20,11	15,63	2,66	1063	K	40-50
Kolagen 13	-20,03	13,71	2,67	914	K	50-60
Kolagen 14	-20,00	14,93	2,65	848a	K	35-40
Kolagen 15	-20,12	14,28	2,66	1050	K	35-40
Kolagen 16	-20,04	12,29	2,68	901	K	20-25
Kolagen 17	-20,33	16,62	2,67	1009	K	21-24
Kolagen 18	-19,95	14,65	2,67	1033	K	40-45
Kolagen 19	-20,09	13,25	2,69	959	K	20-21
Kolagen 20	-19,40	14,47	2,67	720	K	20-24
Kolagen 21	-20,41	15,68	2,68	753	K	30-40
Kolagen 22	-19,86	13,92	2,68	694	K	35-40
Kolagen 23	-19,68	13,85	2,71	658	K	50-60
Kolagen 24	-20,49	14,16	2,71	923	K	50-60
Kolagen 25	-20,40	13,55	2,69	936	K	35-45
Kolagen 26	-19,90	13,80	2,68	155	M	30-40
Kolagen 27	-20,01	15,99	2,68	168	M	35-45
Kolagen 28	-19,95	13,63	2,68	165	M	40-50
Kolagen 29	-20,47	13,18	2,67	230	M	40-50
Kolagen 30	-20,56	10,27	2,69	202	M	35-40
Kolagen 31	-20,01	15,33	2,67	307	M	18-22
Kolagen 32	-19,62	16,57	2,68	318	M	35-40
Kolagen 33	-19,93	14,31	2,68	309	M	>60
Kolagen 34	-20,01	16,31	2,68	395	M	35-40
Kolagen 35	-18,99	15,62	2,69	414	M	40-50
Kolagen 36	-20,52	12,95	2,69	545	M	35-40
Kolagen 37	-20,54	13,64	2,74	544	M	40-50
Kolagen 38	-19,97	15,90	2,68	550	M	20-25
Kolagen 39	-19,81	14,54	2,68	621	M	24-30
Kolagen 40	-19,67	14,68	2,68	714	M	45-55
Kolagen 41	-19,93	15,57	2,69	1125	M	dorosły
Kolagen 42	-20,59	16,03	2,69	1141	M	dorosły
Kolagen 43	-19,62	14,62	2,68	933	M	40-50
Kolagen 44	-19,35	14,86	2,69	909	M	35-45
Kolagen 45	-19,68	14,59	2,69	736	M	40-50
Kolagen 46	-20,08	13,52	2,69	663	M	30-40
Kolagen 47	-19,65	14,41	2,68	710	M	25-30
Kolagen 48	-19,77	14,87	2,68	657	M	30-35
Kolagen 49	-19,80	13,65	2,68	851	M	35-40
Kolagen 50	-19,88	13,64	2,68	937	M	30-35

(TCD). Pomiary kalibrowano za pośrednictwem wzorca (kwas sulfanilowy). Wyniki analiz podano jako udział procentowy danego składnika w próbce, z dokładnością pomiarów: odchylenie standardowe ( $1\sigma$ )% C  $\pm 0,6\%$ ; odchylenie standardowe ( $1\sigma$ )% N  $\pm 0,18\%$ .

Zestawienie danych dotyczących materiału osteologicznego, który poddano badaniom izotopowym oraz wyniki tych analiz przedstawiono w tab. 4.

Analizę statystyczną (tab. 5) wykonano za pomocą programu PAST v.3.02 (Softpedia® free software). Celem analizy było określenie ewentualnych różnic między płciami w wartościach badanej cechy, czyli poziomu izotopów  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$ . Do zbadania, czy istnieją różnice między obiema płciami zastosowano test t-Studenta; testem Shapiro-Wilka sprawdzono normalność rozkładu cechy, a homogeniczność wariancji oceniono testem F. Wyniki analizy statystycznej zawiera tab. 6. Test Shapiro-Wilka potwierdził, że rozkłady cech (wartości izotopów) w poszczególnych grupach są normalne. Test F wykazał, że nie ma różnic pomiędzy płciami pod względem wariancji, co jest warunkiem koniecznym do zastosowania testu t-Studenta. Wyniki testu t-Studenta wskazały brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy średnimi dla badanych cech, pomiędzy grupą osobników płci żeńskiej i męskiej.

Wyniki testów statystycznych wykazały, że wartości izotopów  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$  nie różniły się pomiędzy

osobnikami obu płci. Tę właściwość dobrze ilustruje wykres 6 rozrzutu wartości izotopów, które są znacznie skupione, a wartości dla obu płci wymieszane (nie tworzą oddzielnych zgrupowań). Wskazuje to, że nie było różnic pomiędzy kobietami i mężczyznami pod względem rodzaju diety, w konsekwencji czego można było w dalszej analizie porównawczej traktować badaną próbę jako jednorodną i nie brać pod uwagę czynnika płci. Opisany brak różnic wskazuje na to, iż w badanej populacji żadna z płci nie jadała gorzej od drugiej, co pośrednio świadczy także o równości statusu społecznego mężczyzn i kobiet pochowanych na cmentarzu Salwatora. Wykresy 7–9 ilustrują porównanie wczesnonowożytnej populacji z cmentarza Salwatora z wczesnośredniowiecznymi populacjami z terenu Wielkopolski i Pomorza pod względem średnich wartości izotopów  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$ . Do porównań wykorzystano dane dla serii z Giecza oraz Kałdusu stan. 1 i stan. 4 (Reitsema, Kozłowski 2010; Reitsema i in. 2010).

Wykres rozrzutu średnich (wykres 7), jak i oba wykresy słupkowe porównujące średnie wartości izotopów węgla i azotu (wykresy 8 i 9), pokazują wyraźnie istotne – także statystycznie na poziomie  $p < 0,001$  – różnice pomiędzy populacją wrocławską a populacjami z Wielkopolski i Pomorza. W przypadku wartości  $\delta^{15}\text{N}$  różnice te są istotne pomiędzy populacją z cmentarza Salwatora, a wszystkimi populacjami porównawczymi. Natomiast w przypadku

Tabela 5. Wrocław, cmentarz Salwatora. Podstawowe statystyki badań izotopów  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$

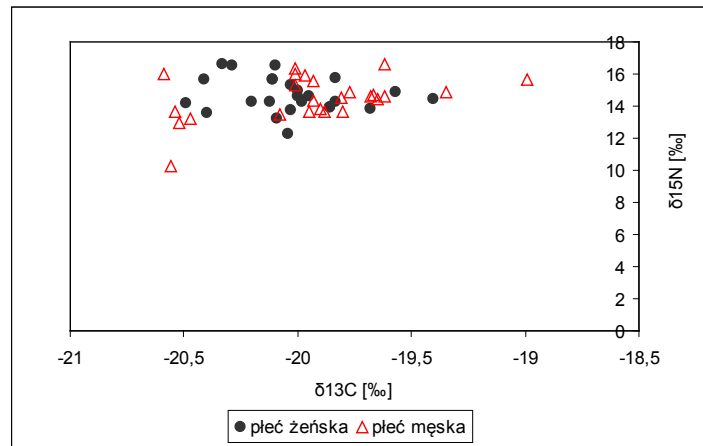
Table 5. Wrocław, cemetery of Our Saviour. Basic statistics of  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$  isotope tests

Cecha	$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ [‰]			$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}}$ [‰]		
	płeć K	płeć M	ogółem	płeć K	płeć M	ogółem
Liczba osobników/próbek [N]	25	25	50	25	25	50
Wartość min	-20,49	-20,59	-20,59	12,29	10,27	10,27
Wartość max	-19,40	-18,99	-18,99	16,62	16,57	16,62
Średnia	-20,03	-19,93	-19,98	14,68	14,50	14,59
Mediana	-20,03	-19,93	-19,99	14,47	14,59	14,57
Odchylenie standardowe	0,26	0,39	0,33	1,08	1,35	1,22
Błąd standardowy	0,051451	0,077124	0,046390	0,215664	0,270753	0,171782
Wariancja	0,066181	0,148702	0,107600	1,162771	1,832674	1,475459

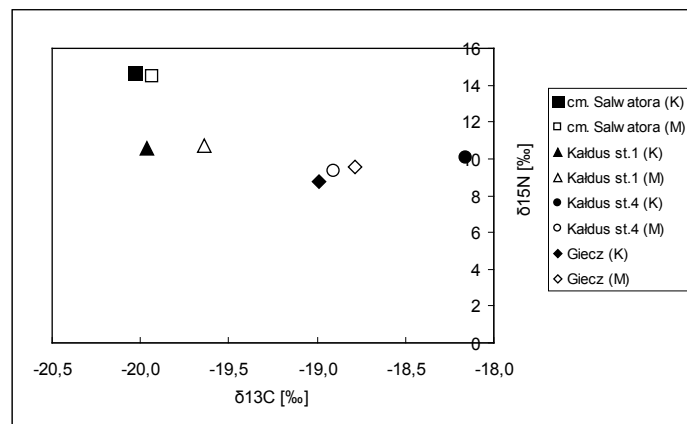
Tabela 6. Wrocław, cmentarz Salwatora. Wyniki analiz statystycznych izotopów  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$

Table 6. Wrocław, cemetery of Our Saviour. Results of statistical analysis for  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$  isotopes

Test	$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$		$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}}$	
	płeć K	płeć M	płeć K	płeć M
Liczebność próby [N]	25	25	25	25
Test W Shapiro-Wilka	0,9691	0,9299	0,9651	0,9203
Poziom istotności [p]	0,6229	0,0863	0,5247	0,0522
Test F	2,2469		1,5761	
Poziom istotności [p]	0,0528		0,2721	
Test t-Studenta	-1,0355		0,5212	

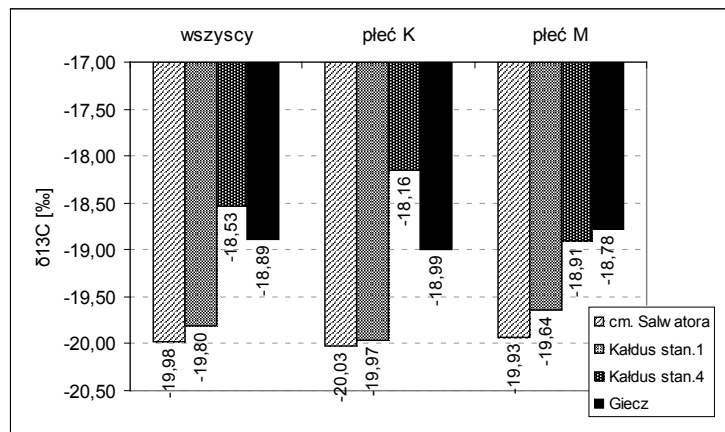


Wykres 6. Wrocław, cmentarz Salwatora. Rozrzut wartości izotopów  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$  z uwzględnieniem płci  
 Graph 6. Wrocław, cemetery of Our Saviour. The distribution of isotopes  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$  by sex



Wykres 7. Wrocław, cmentarz Salwatora. Rozrzut średnich wartości izotopów  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$  w czterech seriach z terenu Polski (z uwzględnieniem płci)

Graph 7. Wrocław, cemetery of Our Saviour. The distribution of mean value isotopes  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$  in four series from Poland (by sex)

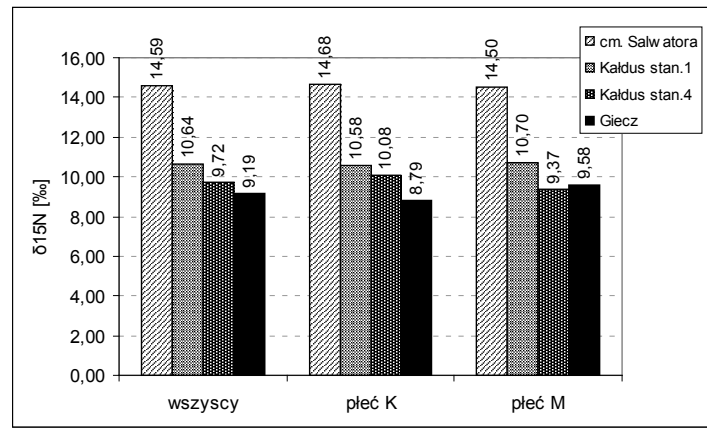


Wykres 8. Wrocław, cmentarz Salwatora. Porównanie średnich wartości  $\delta^{13}\text{C}$  w seriach z terenu Polski  
 Graph 8. Wrocław, cemetery of Our Saviour. The mean value comparison  $\delta^{13}\text{C}$  in series from Poland

wartości  $\delta^{13}\text{C}$  wczesnonowożytni mieszkańcy Wrocławia różnili się od ludności z Gieczy i stanowiska nr 4 w Kaldusie.

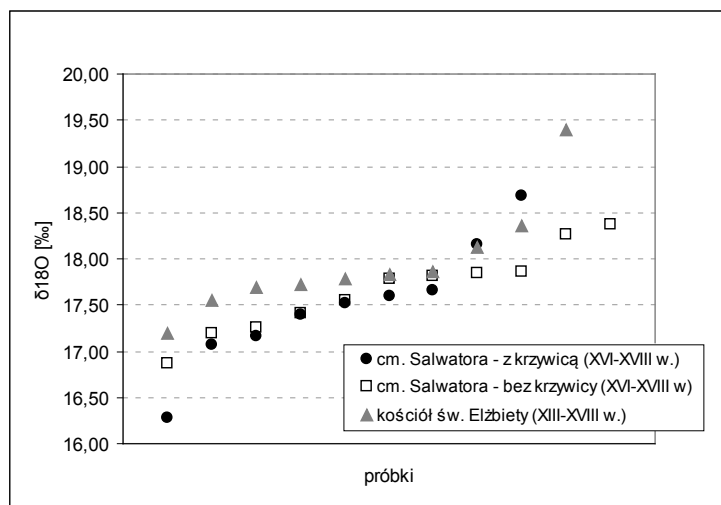
Mimo tak wyraźnych różnic w wartościach izotopów w badanej serii i seriach porównawczych,

należy zachować znaczną ostrożność w interpretacji wyników. Jest ona podyktowana faktem, że analiza ilościowa węgla i azotu, wyrażona proporcją ilościową C/N, określającą jakość kolagenu zastosowanego do badań izotopowych, może wskazywać na niesta-



Wykres 9. Wrocław, cmentarz Salvatora. Porównanie średnich wartości  $\delta^{15}\text{N}$  w seriach z terenu Polski

Graph 9. Wrocław, cemetery of Our Saviour. The mean value comparison  $\delta^{15}\text{N}$  in series from Poland



Wykres 10. Wrocław, cmentarz Salvatora. Porównanie rozrzutu wartości  $\delta^{18}\text{O}$  w dwóch wybranych wrocławskich seriach z różnych okresów – z uwzględnieniem obecności lub braku krzywicy

Graph 10. Wrocław, cemetery of Our Saviour. A comparison of values distribution of  $\delta^{18}\text{O}$  in two different periods series – taking into account the presence or absence of rickets

bilność składu kolagenu. Średnia wartość wskaźnika proporcji C/N w badanej próbce wyniosła 2,68 i jest poza przedziałem 2,9–3,6 wyznaczającym kolagen dobrze zachowany (Hedges i in. 2006; Pfeiffer, Varney 2002).

Proporcję średnich wartości izotopów  $\delta^{13}\text{C}$  (–19,98 ‰) i  $\delta^{15}\text{N}$  (14,59 ‰) otrzymaną dla populacji z cmentarza Salvatora, porównano z wynikami innych serii z Polski (Reitsema, Kozłowski 2010; Reitsema i in. 2010), a także z danymi z innych części świata, przedstawiającymi dystrybucję analizowanych izotopów w poszczególnych ekosystemach (Schwarcz, Schoeninger 2011; Szostek 2009; Tsutaya i in. 2014; Tykot 2006). Pozwoliło to określić rodzaj diety, jaka dominowała wśród mieszkańców wczesnonowoczesnego Wrocławia.

Przeważała zatem prawdopodobnie dieta wszystkożerna, oparta w głównej mierze na pokarmie po-

chodzenia lądowego z pewnym udziałem ryb słodkowodnych. Dominowały w niej pokarmy pochodzenia zwierzęcego (zwierzęta roślino-, jak i wszystkożerne), roślinność z grupy C3 (udomowione zboża – pszenica, jęczmień, a także większość owoców i warzyw typowych dla klimatu umiarkowanego), być może z niewielkim udziałem roślin z grupy C4 (proso), a także wcześniej wspomnianych ryb słodkowodnych. Podobny skład diety wykazały obie porównawcze populacje z terenu Polski, lecz w ich przypadku nie pojawił się składnik w postaci ryb.

Niemożliwe okazało się przeprowadzenie analizy, która pozwoliłaby na określenie długości okresu karmienia niemowląt piersią, gdyż stan zachowania materiału osteologicznego osobników dziecięcych był niewystarczający do przeprowadzenia badań izotopowych.

3.2. BADANIE IZOTOPU  $^{18}\text{O}$ 

Podstawą podjętych badań z wykorzystaniem izotopu tlenu było założenie, że w materiale osteologicznym występują różnice poziomu  $^{18}\text{O}$ , będące odzwierciedleniem różnic klimatycznych i ich ewentualnego wpływu na kondycję biologiczną populacji (szczególnie we wczesnych etapach ontogenezy). Przyjmuje się, że izotopy tego pierwiastka obecne w organizmie człowieka odpowiadają składowi izotopowemu wypitej przez niego wody (Ambrose 1993; Sponheimer 1999). Z badań wynika, że w chłodniejszym klimacie (lub w zimnej porze roku) poziom  $^{18}\text{O}$  jest wyższy od tego, jaki występuje w warunkach klimatu ciepłego (lub gorącego lata). Analiza różnic wartości izotopu  $^{18}\text{O}$  może zatem rzucić światło na warunki klimatyczne wczesnonowżytnego Wrocławia oraz wynikające z nich konsekwencje dla żyjącej ówczesnie populacji ludzi. Skład izotopowy tlenu najczęściej określa się badając szkliwo zębów, jako najbardziej odporne na proces diagenetyzacji spośród elementów szkieletu (Schoeninger i in. 2002).

Dość częste pojawianie się krzywicy u osobników w wieku dziecięcym nie miało wyraźnego uzasadnienia w postaci niedoborów pokarmowych. Potwierdziły to wcześniej przedstawione analiza wyznaczników stresu fizjologicznego w postaci linii Harrisa oraz analiza diety na podstawie proporcji izotopów węgla i azotu. Mimo iż analiza zmian patologicznych wykazała pojedyncze przypadki awitaminozy, to jednak należy pamiętać, że dieta w niewielkim stopniu zaspokaja zapotrzebowanie na witaminę D, odpowiedzialną za prawidłowe formowanie kości w okresie ich wzrastania. Ponad 90% tej witaminy jest syntetyzowane przez organizm w skórze pod wpływem promieniowania UV. Długotrwałe zmiany warunków pogodowych, będące konsekwencją zmian klimatycznych, mogły być bezpośrednią przyczyną ograniczenia syntezy witaminy D w skórze (Stuart-Macadam 1989). Dane klimatologiczne dla obszaru Polski z ostatnich 500 lat wykazały szereg okresów ochłodzenia, które mogły mieć wpływ na zmniejszenie nasłonecznienia, tak istotnego dla procesu syntezy witaminy D w organizmie człowieka. Przeprowadzone badania izotopowe są próbą odpowiedzi na pytanie, na ile ówczesnie panujący klimat mógł wpływać na stan zdrowia wczesnonowżytnych wrocławian.

Do badań izotopu tlenu wybrano 30 koron zębów z dwóch różnych serii osteologicznych, znajdujących się w zbiorach Zakładu Antropologii Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu. Dwadzieścia próbek pochodziło z cmentarza Salwatora: 9 od

osobników ze stwierdzoną krzywicą oraz 11 bez zmian krzywicznych (wybranych losowo). Dziesięć próbek pobrano z serii średniowiecznej z cmentarza znajdującego się w obrębie kościoła św. Elżbiety we Wrocławiu. Serię tę wybrano ze względu na fakt, że jest to seria wrocławska, sięgająca swym początkiem średniowiecza – datowana jest od XIII w. (Burak, Okólska 2007), jest więc wcześniejsza od serii z cmentarza Salwatora i obejmuje populację, która żyła przed okresem ochłodzenia klimatycznego. Takie zestawienie próbek pozwoliło zbadać, czy wystąpiły różnice wartości izotopu  $^{18}\text{O}$  pomiędzy trzema wybranymi grupami osobników, z dwóch wrocławskich populacji (tab. 7).

Próbki do badania spreparowano ze szkliwa zębów, stosując protokoły zaproponowane przez zespoły badawcze Paula L. Kocha i Hervé Bocherensa (Koch i in. 1997; Bocherens i in. 1996), a następnie z tak przygotowanego szkliwa uzyskano fosforan srebra  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  wg metody opisanej przez zespół Thomasa Tütkena (Tütken i in. 2006). Analizy stosunków izotopowych tlenu w fosforanach wykonano przy użyciu analizatora elementarnego Thermo FlashEA 1112HT sprzężonego ze spektrometrem mas Thermo Delta V Advantage w systemie Continuous Flow. Każda naważka próbki owinięta w srebrną folię miała ok. 400  $\mu\text{g}$ . Próbki spalono w temperaturze 1450 °C, a uzyskany ze spalania tlenek węgla był wprowadzany bezpośrednio kapilarą do źródła spektrometru. Pomiaru skalibrowano za pośrednictwem wzorca B 2207 i wzorców wewnętrznych UMCS 1, UMCS 2. Krzywa kalibracyjna wykonywana jest każdego dnia pomiarowego. Uzyskane wyniki podawane są w postaci  $\delta$  względem wzorca VSMOW, z dokładnością pomiarów:  $\pm 0,3\text{‰}$  (1SD  $\delta^{18}\text{O}$ ).

Do analizy statystycznej wybrano jednoczynnikową metodę wariancji (one-way ANOVA) (Gil i in. 2014), której zastosowanie zostało sprawdzone testem Levene'a, potwierdzającym homogeniczność wariancji ( $p = 0,8403$  dla średnich oraz  $p = 0,8128$  dla median) oraz testem Shapiro–Wilka, który potwierdził normalność rozkładów każdej z trzech zbadanych grup (grupa 1:  $W = 0,9686$ ,  $p = 0,8824$ ; grupa 2:  $W = 0,9668$ ,  $p = 0,853$ ; grupa 3  $W = 0,848$ ,  $p = 0,05492$ ). W przeprowadzonych analizach przyjęto poziom istotności  $p < 0,05$ , a obliczenia wykonano za pomocą programu statystycznego PAST v. 3.02 (Softpedia® free software).

Wynik jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA ( $F = 1,509$ ,  $p = 0,2391$ ) wskazuje na brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy wartościami

Tabela 7. Wrocław, cmentarz Salwatora. Próbkki poddane analizie izotopowej tlenu

Table 7. Wrocław, cemetery of Our Saviour. Samples tested by oxygen isotope analysis

Nr próbki	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}} [\text{‰}]$	Płeć osobnika	Wiek osobnika [lata]	Obecność krzywicy	Pobrany ząb	Nr grobu	Stanowisko
1	18,16	N	4,5–5,5	tak	m <sup>1</sup>	639	Wrocław, cmentarz Salwatora  (XVI–XVIII w.)  grupa 1
2	16,28	K	24–30	tak	M <sub>3</sub>	7	
3	17,08	N	15–18	tak	M <sup>2</sup>	233	
4	17,60	N	3–4	tak	m <sup>2</sup>	359	
5	17,51	N	6–7	tak	M <sup>1</sup>	138	
6	18,68	N	3–4	tak	m <sub>2</sub>	695	
7	17,17	N	6,5–7	tak	M <sub>1</sub>	865	
8	17,66	N	6–7	tak	M <sup>1</sup>	579	
9	17,39	N	1	tak	P <sub>2</sub>	938	
10	16,86	K	15	nie	M <sup>3</sup>	654	Wrocław, cmentarz Salwatora  (XVI–XVIII w.)  grupa 2
11	18,27	N	8	nie	I <sup>1</sup>	751	
12	17,86	N	5	nie	m <sup>2</sup>	845	
13	18,37	N	7–8	nie	M <sub>2</sub>	472	
14	17,20	N	9–10	nie	M <sub>1</sub>	603	
15	17,55	N	6–7	nie	M <sup>1</sup>	392	
16	17,42	K	15–16	nie	M <sup>1</sup>	816A	
17	17,25	K	18–22	nie	M <sup>2</sup>	1026	
18	17,78	N	7–8	nie	M <sub>1</sub>	132	
19	17,82	K	15	nie	M <sup>2</sup>	654	
20	17,85	N	7–8	nie	M <sup>1</sup>	817	Wrocław, kościół św. Elżbiety  (XIII–XIV w.)  grupa 3
21	17,79	N	dorosły	nie	M <sup>2</sup>	61A	
22	18,12	N	dorosły	nie	C	48	
23	17,87	N	dorosły	nie	C	1A	
24	18,36	N	dorosły	nie	M <sup>3</sup>	89A	
25	17,83	N	dorosły	nie	C	95A	
26	19,39	N	dorosły	nie	M <sup>3</sup>	46A	
27	17,55	N	dorosły	nie	C	25	
28	17,69	N	dorosły	nie	M <sup>3</sup>	66/84	
29	17,72	N	dorosły	nie	M <sub>2</sub>	71A	
30	17,19	N	dorosły	nie	M <sup>2</sup>	45	

poziomu  $\delta^{18}\text{O}$  w badanych trzech grupach osobników (tab. 8). Brak różnic jest również dobrze widoczny na wykresie 10, ilustrującym rozrzut wartości izotopu tlenu wszystkich zbadanych próbek.

Oznacza to, że mimo niemal trzystuletniej przerwy czasowej dzielącej okresy, w jakich żyli ludzie, których szczątki kostne zostały zbadane – nie wystąpiła różnica jakości konsumowanej wody pitnej pod względem zawartości izotopu  $^{18}\text{O}$ .

Można zatem z pewną ostrożnością przyjąć, że choć klimat panujący w XVI–XVIII w. był bardziej kontynentalny (Przybylak i in. 2005) niż we wcześniejszym okresie, to nie odcisnął swojego piętna

w postaci różnicy poziomu izotopu  $^{18}\text{O}$  w organizmach mieszkańców Wrocławia obu porównywalnych okresów. Być może jest to skutkiem specyfiki klimatycznej Dolnego Śląska i Wrocławia – nie można całkiem wykluczyć, że również w okresie ogólnego ochłodzenia klimat był tutaj łagodniejszy od tego, jaki przedstawiają modele rekonstruowane dla większych obszarów (Polski czy Europy).

Jest też druga możliwość wyjaśnienia omawianego braku różnic poziomu izotopu  $^{18}\text{O}$ . Współczesne badania izotopowe tlenu z próbek pochodzących ze studni zasilanych wodami podziemnymi z terenu części Dolnego Śląska (zlewnia Bystrzycy) wskazują



Tabela 8. Wrocław, cmentarz Salwatora (grupa 1 i 2) oraz cmentarz kościoła św. Elżbiety (grupa 3).  
Statystyki badania izotopu  $\delta^{18}\text{O}$ Table 8. Wrocław, cemetery of Our Saviour. Test statistics for isotope  $\delta^{18}\text{O}$ .

$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$	Grupa 1	Grupa 2	Grupa 3
Liczba osobników/próbek [N]	9	11	10
Wartość min	16,28	16,86	17,19
Wartość max	18,68	18,37	19,39
Średnia	17,50	17,66	17,95
Mediana	17,51	17,78	17,81
Odchylenie standardowe	0,67	0,46	0,59
Błąd standardowy	0,2251358	0,1375638	0,1878265

wyraźnie, że woda ze zbadanych wrocławskich ujęć jest charakterystyczna dla klimatu chłodniejszego niż obecnie panujący. Woda ta pochodzi z warstw trzeciorzędowych, co różni ją od pozostałych zbadanych miejsc, zasilanych wodami typowo holocenijskimi (współczesnymi), pochodzenia infiltracyjnego (Buczyński 2005). Istnieje prawdopodobieństwo, iż populacje z obu analizowanych okresów piły wodę z tych samych, trzeciorzędowych ujęć, o identycznym składzie izotopowym.

Przy założeniu, że obie badane populacje korzystały z tych samych źródeł wody pitnej, wyniki badań poziomu izotopu  $^{18}\text{O}$  nie wykażą różnic klimatu pomiędzy ciepłym średniowieczem, a ochłodzeniem w okresie wczesnonowożytnym.

Różnice te jednak mogłyby być potwierdzone w inny sposób – pośrednio, jako rezultat słabszego nasłonecznienia (oraz związanych z nim implikacji pogodowych), którego efektem jest krzywica układu szkieletowego u osobników z cmentarza Salwatora.

#### 4. PODSUMOWANIE

Populacja pochowana na cmentarzu Salwatora we Wrocławiu jest jedyną tak dużą i dobrze zachowaną serią osteologiczną w Polsce z okresu wczesnonowożytnego. Dlatego warto było ze szczególną uwagą przeprowadzić dokładniejsze badania interdyscyplinarne, poświęcone zagadnieniom związanym z wpływem warunków życia na kondycję biologiczną mieszkańców ówczesnego Wrocławia.

Analizie poddano materiał osteologiczny, pochodzący w sumie z 1426 grobów i ossuariów, wśród którego zaobserwowano dość liczne i zróżnicowane zmiany patologiczne. Najliczniejsze były zwyrodnienia i urazy wynikające z dużych obciążeń układu kostno-szkieletowego, co świadczyło o ciężkiej fizycznej pracy. Dodatkowo na miejsca urazów często nakładają się ślady wtórnych zakażeń. Również choroby zakaźne, pozostawiające zmiany zapalne kośćca, nie były rzadkie – wśród nich dość często pojawiała się kiła, głównie wrodzona, czyli przekazana dziecku podczas ciąży lub porodu. Liczne także były zmiany rozwojowe, przeważnie o charakterze dziedzicznym, jak również zmiany o podłożu chorób metabolicznych – niedoborowych, najczęstszym ich obrazem była krzywica i osteomalacja.

Analiza występowania linii Harrisa pozwala sądzić, iż populacja pochowana na cmentarzu Salwa-

tora nie była zbyt często narażona na oddziaływanie niedoborów pokarmowych, okresowych głodów, czy zatruc metalami ciężkimi. Można wręcz powiedzieć, że czynniki niedoborowe występowały raczej ze stałym, mało intensywnym nasileniem.

Badania izotopów stabilnych węgla i azotu wykazały, iż w badanej populacji stosowana była jednakowa jakościowo dieta, pośrednio świadczy to o równym statusie społecznym obu płci. Badania izotopowe umożliwiły – z pewnym prawdopodobieństwem – określić dietę, jako wszystkożerną, opartą w głównej mierze na pokarmie pochodzenia lądowego z pewnym udziałem ryb słodkowodnych. Badania izotopu tlenu nie potwierdziły bezpośrednio wpływu ochłodzenia klimatycznego na kondycję biologiczną mieszkańców XVI–XVIII-wiecznego Wrocławia.

Podsumowując, można powiedzieć, że wczesnonowożytnym wrocławianom, mimo prawdopodobnie trudnych warunków klimatycznych, udało się żyć w ogólnie lepszej kondycji biologicznej, niż mieszkańcom tego miasta w okresie całego średniowiecza. Być może analiza danych archeologicznych wniesie dodatkowe informacje, pozwalające odpowiedzieć, co jeszcze mogło wpłynąć na jakość warunków życia omawianej populacji.

## LITERATURA

- Ambrose Stanley H.  
1993 *Isotopic analysis of paleodiets: methodological and interpretive considerations*, w: Mary K. Sandford (red.), *Investigations in Ancient Human Tissue: Chemical Analyses in Anthropology*, Langhorne USA, Gordon and Breach Science Publishers, s. 59–130.
- Arnay-de-la-Rosa Matilde, González-Reimers Emilio, Castilla-García A., Santolaria-Fernández Francisco  
1994 *Radiopaque transverse lines (Harris lines) in the pre-hispanic population of El Hierro (Canary Islands)*, *Anthropologischer Anzeiger*, t. 52, s. 53–57.
- Aufderheide Arthur C, Rodriguez-Martin Conrado  
1998 *The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Bocherens Hervé, Koch Paul L., Mariotti A., Geraads Denis, Jaeger Jean-Jacques  
1996 *Isotopic biogeochemistry (<sup>13</sup>C, <sup>18</sup>O) of mammalian enamel from African Pleistocene hominid sites*, *Palaeos*, t. 11, s. 306–318.
- Brown Lee E.  
2012 *Stable isotope analysis of human remains from the Early Contact Period site of La Capilla del Niño Serranito at La Capilla de Santa Maria Magdalena de Eten*, *Anthropology Theses*, Paper 64.
- Buczyński Sebastian  
2005 *Warunki hydrogeologiczne osadowych formacji trzeciorzędu bloku przedsudeckiego (na przykładzie zlewni Bystrzyca)*, maszynopis rozprawy doktorskiej w Archiwum Uniwersytetu Wrocławskiego, s. 105–110.
- Buikstra Jane E.  
1976 *The Caribou Eskimo: General and specific disease*, *American Journal of Physical Anthropology*, t. 45, s. 351–368.
- Burak Marek, Okólska Halina  
2007 *Cmentarze dawnego Wrocławia*, Wrocław, Muzeum Architektury we Wrocławiu.
- Egawa Kaoru, Takiguchi Reiji, Inokuchi Seiichiro, Sugamiya H., Kimura T.  
2001 *Three dimensional ultrastructure of transverse (Harris) lines in the long bone*, *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, t. 106, s. 135–140.
- Florkowski Andrzej, Kozłowski Tomasz  
1994 *Ocena wieku szkieletowego dzieci na podstawie wielkości kości*, *Przegląd Antropologiczny*, t. 57, s. 71–86.
- Garn Stanley M., Baby Raymond S.  
1969 *Bilateral symmetry in finer lines of increased density*, *American Journal of Physical Anthropology*, t. 31, s. 89–92.
- Garn Stanley M., Schwager Patricia M.  
1967 *Age dynamics of persistent transverse lines in the tibia*, *American Journal of Physical Anthropology*, t. 27, s. 375–377.
- Gil Adolfo F., Neme Gustavo A., Ugan Andrew, Tykot Robert H.  
2014 *Oxygen Isotopes and Human Residential Mobility in Central Western Argentina*, *International Journal of Osteoarchaeology*, t. 24, s. 31–41.
- Gładykowska-Rzeczycka Judyta  
1976 *Zmiany w układzie kostnym ludności ze średniowiecznych cmentarzysk*, w: *Badania populacji ludzkich na materiałach współczesnych i historycznych*, Seria *Antropologia* nr 4, Wyd. Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań, s. 85–102.
- Hedges Robert E.M., Stevens Rhiannon E., Koch Paul L.  
2006 *Isotopes in bones and teeth*, w: Melanie J. Leng (red.), *Isotopes in Paleoenvironmental Research*, Berlin, Springer, s. 117–145.
- Hunt Edward E., Hatch James W.  
1981 *The estimation of age at death and ages of formation of transverse lines from measurements of human long bones*, *American Journal of Physical Anthropology*, t. 54, s. 461–469.
- Işcan Mehmet Y., Kennedy Kenneth A.R. (red.)  
1989 *Reconstruction of Life from the Skeleton*, New York, Alan R. Liss Inc.
- Jerszyńska Blandyna, Nowak Oskar  
1996 *Application of Byers method for reconstruction of age at formation of Harris lines in adults from a cemetery of Cedynia (Poland)*, *Variability and Evolution*, t. 5, s. 75–82.
- Koch Paul L., Tuross Noreen, Fogel Marylin L.  
1997 *The effects of sample treatment and diagenesis on the isotopic integrity of carbonate in biogenic hydroxylapatite*, *Journal of Archaeological Science*, t. 24, s. 417–429.
- Kühl Ingrid  
1980 *Harris's lines and their occurrence also in bones of prehistoric cremations*, *Ossa*, t. 7, Lund, s. 129–171.
- Kühl Ingrid  
1983 *Analyse der Harris'schen Linien aus den Leichenbränden vom Jungbronzezeitlichen Grabhügel Lusehøj bei Voldtofte/Südwestfinen, Dänemark*, *Acta Archaeologica*, t. 54, s. 123–140.
- Kwiatkowska Barbara  
2005 *Mieszkańcy średniowiecznego Wrocławia. Ocena warunków życia i stanu zdrowia w ujęciu antropologicznym*. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, No 2720, Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- Lewis Mary E.  
2007 *The Bioarchaeology of Children. Perspectives from Biological and Forensic Anthropology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Lovejoy C. Owen  
1985 *Dental wear In the Libben population: its functional pattern and role In the determination of adult skeletal age at death*, *American Journal of Physical Anthropology*, t. 68, s. 47–56.
- Łubocka Zofia  
2003 *Wyznaczniki stresów a środowisko życia wczesnośredniowiecznej populacji z Ostrowa Lednickiego*, *Monografie Zakładu Antropologii PAN*, t. 22, Wrocław.
- Marshall W. A.  
1968 *Problems in relating the presence of transverse lines in the radius to the occurrence of disease*, w: Don R. Brothwell (red.), *The skeletal biology of earlier human populations*, Oxford, Pergamon Press, s. 245–261.

- Martin Rudolf, Knussmann Rainer  
1988 *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*, Stuttgart-New York, Gustav Fischer Verlag.
- McHenry Henry  
1968 *Transverse lines in long bones of prehistoric California Indians*, American Journal of Physical Anthropology, t. 29, s. 1–17.
- Nowak Oskar  
1999 *Wpływ warunków życia na kształtowanie się cech morfologicznych kości długich szkieletu ludzkiego w populacjach historycznych*, Monografie Instytutu Antropologii UAM, t. 6, Poznań.
- Nowak Oskar, Piontek Janusz  
2002 *The frequency of appearance of transverse (Harris) lines in the tibia in relationship to age at death*, Annals of Human Biology, t. 29, s. 314–325.
- Ortner Donald J.  
2003 *Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*, San Diego-London, Academic Press.
- Pfeiffer Susan, Varney Tamara L.  
2002 *Quantifying Histological and Chemical Preservation In Archaeological Bone*, w: Stanley H. Ambrose, M. Anne Katzenberg (red.), *Biogeochemical Approaches to Paleodietary Analysis*, Advances in Archaeological and Museum Science, vol. 5, New York, Kluwer Academic Publishers, s. 141–158.
- Piontek Janusz, Jerszyńska Blandyna, Nowak Oskar  
2001 *Harris lines in subadults and adult skeletons from the mediaeval cemetery in Cedynia, Poland*, Variability and Evolution, t. 9, s. 33–43.
- Przybylak Rajmund  
2008 *Zmiany klimatu Polski i Europy w ostatnich stuleciach*, Kosmos, t. 57, nr 3–4, s. 195–208.
- Przybylak Rajmund, Majorowicz Jacek, Wójcik Gabriel, Zielski Andrzej, Chorążyczewski Waldemar, Marciniak Kazimierz, Nowosad Wiesław, Oliński Piotr, Syta Krzysztof  
2005 *Temperature changes in Poland from the 16th to the 20th Centuries*, International Journal of Climatology, t. 25, s. 773–791.
- Przybylak Rajmund, Wójcik Gabriel, Marciniak Kazimierz, Chorążyczewski Waldemar, Nowosad Wiesław, Oliński Piotr, Syta Krzysztof  
2004. *Zmienność warunków termiczno-opadowych w Polsce w okresie 1501–1840 w świetle danych historycznych*, Przegląd Geograficzny, t. 76, nr 1, s. 5–31.
- Reitsema Laurie J., Kozłowski Tomasz, Makowiecki Daniel  
2013 *Human-environment interactions in medieval Poland: a perspective from the analysis of fauna stable isotope ratios*, Journal of Archaeological Science, t. 40, s. 3636–3646.
- Reitsema Laurie J., Kozłowski Tomasz  
2010 *Wstępne sprawozdanie z analiz izotopowych szczątków ludzkich i zwierzęcych*, w: Wojciech Chudziak (red.), *Wczesnośredniowieczne cmentarzysko szkieletowe w Kaldusie (stanowisko 4)*, Toruń, Wyd. Naukowe UMK, s. 135–137.
- Reitsema Laurie J., Crews Douglas E., Polcyn Marek  
2010 *Preliminary evidence for medieval Polish diet from carbon and nitrogen stable isotopes*, Journal of Archaeological Science, t. 37, s. 1413–1423.
- Roberts Charlotte, Manchester Keith  
2007 *The Archaeology of Disease*, Ithaca, New York, Cornell University Press.
- Scheuer Luise, Black Sue  
2000 *Developmental juvenile osteology*, London-San Diego, Academic Press.
- Schoeninger Margaret J., Kohn Matthew J., Valley John W.  
2002 *Tooth oxygen isotope ratios as paleoclimate monitors in arid ecosystems*, w: Stanley H. Ambrose and M. Anne Katzenberg (red.), *Biogeochemical Approaches to Paleodietary Analysis*, Advances in Archaeological and Museum Science, vol. 5, New York, Kluwer Academic Publishers, s. 117–140.
- Schwarz Henry P., Schoeninger Margaret J.  
2011 *Stable Isotopes of Carbon and Nitrogen as Tracers for Paleo-Diet Reconstruction*, w: Baskaran Mark (red.), *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Advances in Isotope Geochemistry, Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, s. 725–742.
- Sponheimer Matt  
1999 *Oxygen Isotopes in Enamel Carbonate and their Ecological Significance*, Journal of Archaeological Science, t. 26, s. 723–728.
- Steinbock Robert T.  
1976 *Paleopathological Diagnosis and Interpretation*, Springfield, Charles C. Thomas Publisher.
- Stloukal Milan, Hanáková Hana  
1978 *The length of long bones in ancient Slavonic populations – With particular consideration to the questions of growth*, Homo, t. 29, s. 53–69.
- Stuart-Macadam Patricia L.  
1989 *Nutritional deficiency diseases: A survey of scurvy, rickets, and iron-deficiency anemia*, w: Mehmet Y. Işcan, Kenneth A.R. Kennedy (red.), *Reconstruction of Life from the Skeleton*, New York, Alan R. Liss Inc., s. 201–222.
- Szostek Krzysztof  
2009 *Chemical signals and reconstruction of life strategies from ancient human bones and teeth – problems and perspectives*, Anthropological Review, t. 72, s. 3–30.
- Szostek Krzysztof, Głąb Henryk  
2001 *Trace elements concentration in human teeth from a Neolithic common grave at Nankowo (Central Poland)*, Variability and Evolution, t. 9, s. 51–59.
- Szostek Krzysztof, Głąb Henryk, Pudło Aleksandra  
2009 *The use of strontium and barium analyses for the reconstruction of the diet of the Elary medieval coastal population of Gdańsk (Poland): A preliminary study*, HOMO – Journal of Comparative Human Biology, t. 60, s. 359–372.
- Szostek Krzysztof, Głąb Henryk, Lorkiewicz Wiesław, Grygiel Ryszard, Bogucki Peter  
2005 *The diet and social paleostartigraphy of Neolithic agricultural population of the Lengyel culture from Osłonki (Poland)*, Anthropological Review, t. 68, s. 29–41.
- Tsutaya Takumi, Nagaoka Tomohito, Sawada Junmei, Hirata Kazuaki, Yoneda Minoru  
2014 *Stable Isotopic Reconstruction of Adult Diets and Infant Feeding Practices During Urbanization of the City of Edo in 17th Century Japan*, American Journal of Physical Anthropology, t. 153, s. 559–569.

Tütken Thomas, Vennemann Torsten W., Janz Horst, Heizmann Elmar P.J.

- 2006 *Palaeoenvironment and palaeoclimate of the Middle Miocene lake in the Steinheim basin, SW Germany: a reconstruction from C, O, and Sr isotopes of fossil remains*, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, t. 241, s. 457–491.

Tykot Robert H.

- 2006 *Isotope Analyses and the Histories of Maize*, w: John E. Staller, Robert H. Tykot, Bruce F. Benz (red.),

*Histories of Maize: Multidisciplinary Approaches to the Prehistory, Linguistics, Biogeography, Domestication, and Evolution of Maize*, Burlington, Academic Press, s. 131–142.

Workshop of European Anthropologists

- 1980 *Recommendations for age and sex diagnoses of skeletons*, *Journal of Human Evolution*, t. 9, s. 517–549.