

Rafał A. Fetner

*Dieta i status we wczesnośredniowiecznej  
Polsce: analiza izotopów trwałych  
kolagenu kostnego*

*Budowa fizyczna człowieka na ziemiach polskich wczoraj i dziś,*  
pod redakcją Michała Kopczyńskiego i Anny Siniarskiej,  
Muzeum Historii Polski, Warszawa 2017, s. 147-159.

**RAFAŁ A. FETNER**

Instytut Archeologii, Uniwersytet Warszawski

## **Dieta i status we wczesnośredniowiecznej Polsce: analiza izotopów trwałych kolagenu kostnego**

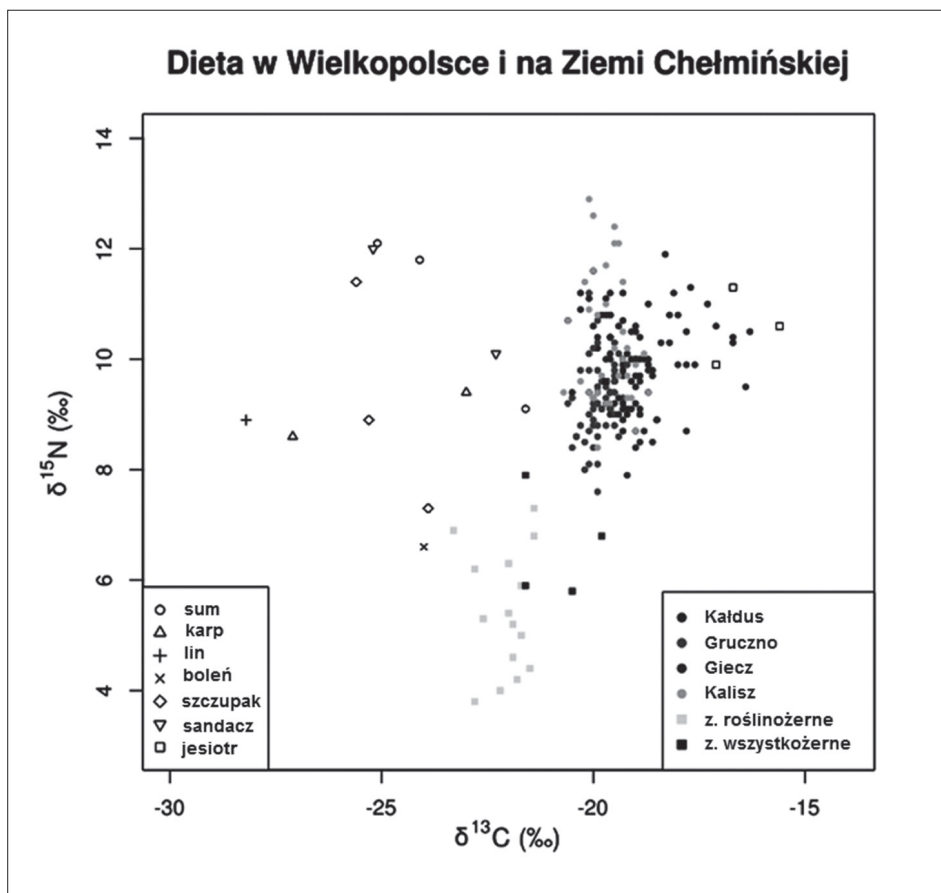
---

**Budowa fizyczna człowieka jest uwarunkowana wieloma czynnikami, w tym cechami środowiska, kultury, a przez to – również rodzajem diety. Najistotniejszym czynnikiem spośród kulturowych wydaje się status, wpływający na dostęp do dóbr, którymi dysponuje społeczność. Osoby cieszące się wyższym statusem mogą częściej spożywać pokarmy egzotyczne i trudno dostępne, a także te smaczniejsze czy bogatsze w składniki odżywcze (Curet, Pestle 2010).**

Rekonstrukcja diety ludności wczesnego średniowiecza i jej zależność od statusu społecznego jest przedmiotem badań od wielu dziesięcioleci, lecz dopiero w ostatnich latach zaczęto wykorzystywać w tym celu analizy biochemiczne. Obecny stan badań izotopowych kolagenu kostnego dla wczesnośredniowiecznej Polski (XI-XIV w.) jest ograniczony do zaledwie kilku stanowisk. W Wielkopolsce są nimi Giecz (Reitsema *et al.* 2010) i Kalisz (Fetner b.d.), a na Ziemi Chełmińskiej – Gruczno i Kałdus (Reitsema 2012). Niemniej jednak zaangażowanie analiz biochemicznych pozwoliło uzyskać zestaw nowych danych i raz jeszcze zadać pytania o kwestie związane z dietą, w tym – o relację jej i statusu społecznego (ryc. 1).

### DIETA WE WCZESNYM ŚREDNIOWIECZU

We wczesnośredniowiecznym menu dominowały zboża wykorzystywane do przyrządzania kaszy (proso), chleba (pszenica i żyto) oraz piwa (pszenica i proso). Spożywano również rośliny strączkowe, owoce oraz warzywa (Dembińska 1963). Dzięki analizom izotopowym kolagenu potwierdzono wcześniejsze ustalenia, a jednocześnie zaobserwowano spadek konsumpcji prosa



RYCINA 1.

Wyniki analiz izotopowych dla stanowisk wczesnośredniowiecznych: Kaldus – stanowisko 4 (XI w.) oraz stanowisko 1 (XII–XIII w.); Gruczno – stanowisko 1 (XII w.) oraz stanowisko 2 (XIII–XIV w.); Giecz – stanowisko 4 (XI–XII w.); Kalisz-Zawodzie: św. Paweł (XII–XIII w.) oraz św. Wojciech (po XI/XII w.)

Źródła: Reitsema 2012, Reitsema, Crews, Polcyn 2010.

w ostatnich wiekach wczesnego średniowiecza (Reitsema 2012). Ten trend znajduje odzwierciedlenie w analizach archeobotanicznych (Polcyn 2002).

Dietę roślinną uzupełniano białkiem zwierzęcym: mięsem zwierząt domowych, rzadziej – dzikich (Dembińska 1963, Gręzak, Kurach 1996, Iwaszczuk 2014), rybami (Dembińska 1963, Makowiecki 2003), a także mlekiem i jajami (Dembińska 1963). Analizy izotopowe również wskazują na regularną konsumpcję białka zwierzęcego, w tym – prawdopodobnie ryb słodkowodnych. Nie potwierdziły jednak konsumpcji ryb morskich, których szczątki są rzadko spotykane w materiale archeologicznym wczesnego średniowiecza (Makowiecki 2003).

Pewne trendy w żywieniu związane ze statusem społecznym zaobserwowano w wyniku zestawienia ośrodków grodowych związanych z elitą i osad otwartych zamieszkałych przez ludność o niższym statusie. Konsumpcja zbóż była podobna wśród osób o niższym i wyższym statusie (Dembińska 1963, Reitsema 2012). Proso, uważane w Europie Zachodniej za pożywienie ludzi biednych, gościło zarówno na stołach elit, jak i poddanych (Adamson 2004, Dembińska 1963). Również w odniesieniu do spożycia mięsa zwierząt hodowlanych nie obserwujemy wyraźnej przewagi jednego gatunku. W materiale archeologicznym, zarówno w grodach, jak i w osadach otwartych, dominują szczątki świni (Gręzak, Kurach 1996, Iwaszczuk 2014). Powszechność szczątków tego zwierzęcia wskazuje, że wieprzowina była najczęściej spożywanym mięsem we wczesnym średniowieczu. Różnicę między grodami i osadami otwartymi można zaobserwować dzięki analizie listy gatunków zwierząt dzikich. W grodach zróżnicowanie gatunkowe jest większe niż w osadach otwartych (Gręzak, Kurach 1996, Iwaszczuk 2014). Podobną obserwację można poczynić na temat szczątków ryb, co więcej – w grodach można zauważyć pewne preferencje gatunkowe. Przykładowo: w materiałach archeologicznych osad warownych Wielkopolski i Ziemi Chełmińskiej częściej znajdowano sumy, szczupaki, jesiotry i śledzie (Makowiecki 2003). Prawdopodobnie na zwiększony udział ryb wpływało rozpowszechnienie się chrześcijaństwa, w którym w trakcie postu stanowiły one substytut mięsa.

Porównanie materiałów archeologicznych z grodów oraz z osad otwartych pokazało zatem, że w kontekstach archeologicznych związanych z elitą zasób gatunkowy zwierząt dzikich i ryb był większy. Istniały pewne preferencje gatunkowe ryb, mogące znaleźć odbicie w kompozycji izotopowej tkanek konsumentów – ludzi. Mimo to analiza diety osobników z cmentarzysk w Kałdusie i Grucznie wykazała, że dieta osób, których obrządek pogrzebowy wskazuje na wysoki status, nie różniła się istotnie od diety osób, których wyposażenie grobowe wskazywałoby na status niski (Reitsema 2012).

Celem niniejszego artykułu jest próba określenia, czy istnieje różnica w diecie osób pochowanych na cmentarzyskach grodowych i na podgrodziach. Na potrzeby analizy założyłem, że osoby pochowane na cmentarzyskach grodowych cieszyły się wyższym statusem społecznym niż osoby pochowane na otwartych cmentarzach podgrodowych. Tym samym ewentualna różnica w diecie może być wynikiem odmiennego statusu społecznego. Ze względu na brak polskojęzycznych artykułów przekrojowych dotyczących analizy diety z wykorzystaniem izotopów trwałych węgla i azotu pozwolę sobie na szersze omówienie metody.

## IZOTOPOWA REKONSTRUKCJA DIETY

Analiza izotopów trwałych węgla i azotu jest jedną z wielu bioarcheologicznych metod rekonstrukcji diety. Wykorzystanie tej analizy pozwala na określenie udziału białka zwierzęcego, pewnych gatunków ryb oraz roślin w diecie.

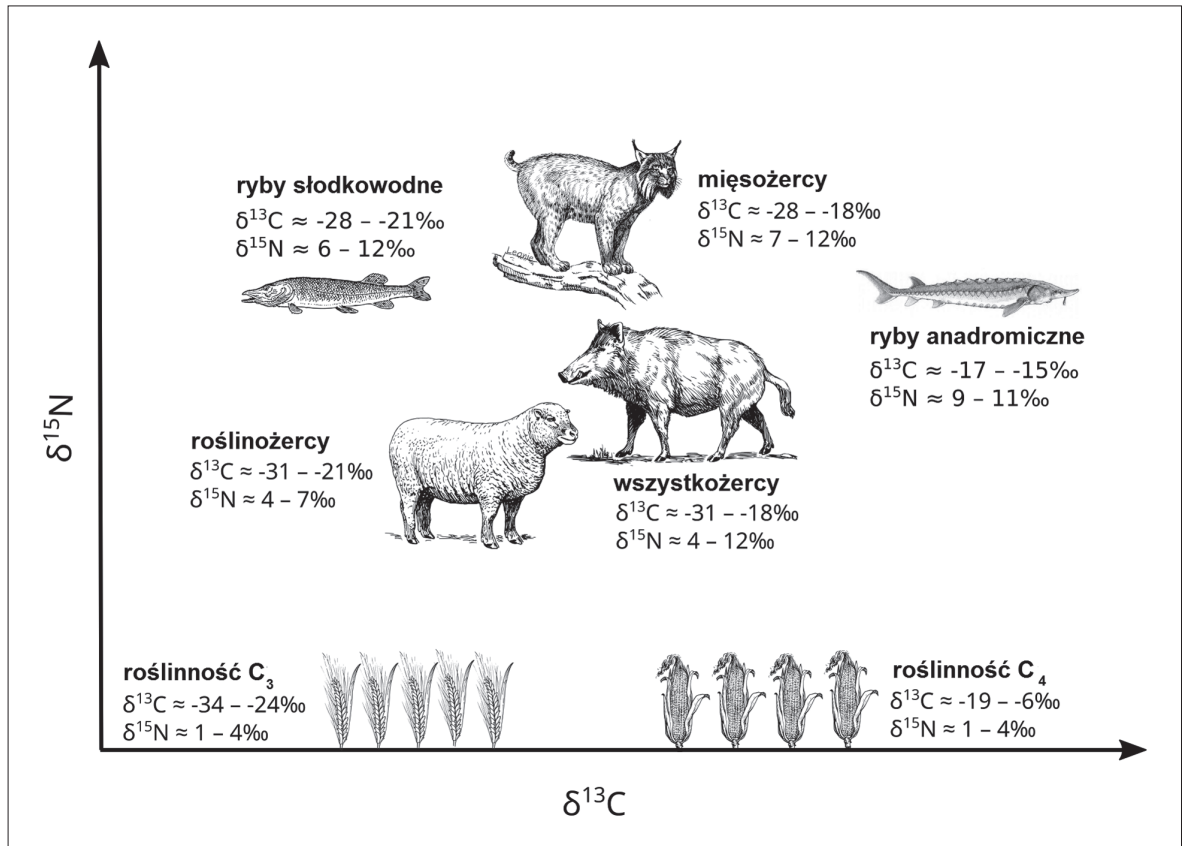
Przedmiotem analizy jest proporcja izotopów trwałych węgla ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) i azotu ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) zawartych w kolagenie kostnym (Koch 2007, Lee-Thorp 2008). Zmienność izotopowa jest wyrażana w stosunku do materiałów referencyjnych i zapisywana – odpowiednio – jako  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$ . Te wartości podaje się w promilach (‰).

Analizowana substancja, czyli kolagen, jest białkiem tworzącym ok. 90% frakcji organicznej tkanki kostnej (Kuryszek, Niedźwiecki 2007). W porównaniu do innych składników organicznych kości kolagen jest odporny na degradację i – zależnie od warunków klimatycznych (temperatura i wilgotność) – może przetrwać nawet sto tysięcy lat w stopniu pozwalającym na analizę (Collins *et al.* 2002, Koch 2007). Kolagen, wraz z kością, ulega ciągłej przebudowie, której tempo zależy od wieku i płci osobnika, a także – od rodzaju kości (Hedges *et al.* 2007). Zazwyczaj kolagen obecny w kościach ludzkich nie jest starszy niż 10–15 lat. Oznacza to, że rekonstrukcja diety osobnika staje się możliwa jedynie dla ostatnich lat jego życia.

Analiza izotopowa diety opiera się na ścisłej relacji między pokarmem a tkankami konsumenta, innymi słowy: „jesteś tym, co jesz”. Eksperymenty na zwierzętach żywionych paszą o kontrolowanym składzie izotopowym potwierdziły tę zależność, a równocześnie wykazały, że tkanki konsumentów są wzbogacone w cięższe izotopy zarówno węgla, jak i azotu – jest to tzw. efekt troficzny (DeNiro, Epstein 1978, 1981). Tkanki konsumenta, w porównaniu do ogółu diety, zawierają więcej cięższych izotopów węgla ( $^{13}\text{C}$ ) najczęściej o mniej więcej 3‰ (Howland 2003) i cięższych izotopów azotu ( $^{15}\text{N}$ ) o w przybliżeniu 3–5‰ (Hedges, Reynard 2007). Oznacza to, że tkanki roślinożerców będą wzbogacone o wartość efektu troficznego w stosunku do spożywanych roślin, a tkanki mięsożerców – w stosunku do konsumowanych zwierząt. Wartości izotopowe wszystkich zwierząt, których dieta składa się zarówno z białek pochodzenia roślinnego, jak i zwierzęcego, będą znajdowały się między roślinożercami a mięsożercami (ryc. 2).

Wartości  $\delta^{13}\text{C}$  zależą od typu fotosyntezy stosowanego przez roślinę (Bender 1971)<sup>1</sup>. W Europie Środkowej dominują rośliny stosujące cykl Calvina

1 Fotosynteza CAM odgrywa w środkowej Europie minimalną rolę, a produkty tego procesu są trudno rozróżnialne od produktów fotosyntezy  $\text{C}_4$ .



RYCINA 2.

Uproszczone przedstawienie relacji troficznych wraz z orientacyjnymi wartościami  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$ . Wartości  $\delta^{13}\text{C}$  zwierząt reprezentują dietę opartą na roślinności C<sub>3</sub>, wraz ze wzrostem udziału C<sub>4</sub> te wartości będą wzrastać. Wartości ryb słodkowodnych i wędrujących (anadromicznych) na podstawie publikacji L. Reitsemy

Źródła: Reitsema 2012, Reitsema, Crews, Polcyn 2010.

(fotosynteza C<sub>3</sub>), których wartości  $\delta^{13}\text{C}$  wahają się między -34 a -24‰. Drugim typem fotosyntezy jest cykl Hatcha-Slacka (fotosynteza C<sub>4</sub>). Występuje on w trawach tropikalnych, w tym w prosię, kukurydzy, sorgu oraz trzcinie cukrowej. Wartości  $\delta^{13}\text{C}$  tych roślin wahają się między -19 a -6‰ (Marshall, Brooks, Lajtha 2007). Wartości izotopowe roślin C<sub>3</sub> oraz C<sub>4</sub> są rozdzielne, co pozwala na wskazanie ewentualnej obecności roślin C<sub>4</sub> w diecie.

Obserwowana zmienność wartości  $\delta^{13}\text{C}$  roślin C<sub>3</sub> wynika z dostępności wody oraz kompozycji izotopowej dwutlenku węgla dostępnego w atmosferze. Woda pełni istotną funkcję w dwóch procesach wpływających na proporcję izotopów węgla: w aktywności aparatu szparkowego, przez który dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>) dostaje się do liścia, i w transporcie CO<sub>2</sub> do chloroplastu.

W okresach mniejszej dostępności wody wymiana gazowa w aparacie szparkowym jest ograniczona i roślina w większym stopniu wykorzystuje cięższe izotopy węgla już obecne w liściu. Analogiczny efekt obserwujemy, gdy dojdzie do zwiększenia koncentracji CO<sub>2</sub> w wodzie transportującej go do chloroplastu, co zachodzi podczas ograniczonej dostępności wilgoci w środowisku. W wyniku obu procesów wartość δ<sup>13</sup>C wzrośnie (Marshall, Brooks, Lajtha 2007).

Drugim czynnikiem odpowiadającym za zmienności proporcji izotopów trwałych węgla w roślinach wykorzystujących fotosyntezę C<sub>3</sub> jest kompozycja izotopowa atmosferycznego dwutlenku węgla (Marshall *et al.* 2007). Obecnie średnia wartość δ<sup>13</sup>C atmosferycznego CO<sub>2</sub> wynosi ok. -8‰ i jest niższa od wartości z okresu preindustrialnego o w przybliżeniu 1,5‰ (Mrino *et al.* 1992, Keeling *et al.* 2005). Ta zmiana jest wynikiem spalania paliw bogatych w lżejsze izotopy węgla. Oprócz zmiany w czasie obserwowana jest również zmienność środowiskowa. W lasach o gęstszycie roślinnej i ograniczonej wymianie gazowej rośliny będą pobierały dwutlenek węgla już wykorzystany przez inne rośliny, a zatem o wartościach δ<sup>13</sup>C niższych niż średnia atmosferyczna. W konsekwencji roślinność podszycia leśnego będzie miała niższe wartości δ<sup>13</sup>C niż roślinność obszarów otwartych (van der Merwe, Medina 1991). Ten efekt znajdzie odbicie w kompozycji izotopowej zwierząt zamieszkujących te dwa ekosystemy.

Węgiel wykorzystywany do syntezy aminokwasów i budowy kolagenu jest pozyskiwany z pożywienia (Howald *et al.* 2003). Aminokwasy egzogenne (grupa aminokwasów, które nie są syntetyzowane w organizmie) muszą być przyswajane bezpośrednio z pożywienia, zatem ich wartość δ<sup>13</sup>C w diecie i tkankach konsumenta będzie identyczna. Aminokwasy endogenne są syntetyzowane w organizmie, co prowadzi do ich wzbogacenia o cięższe izotopy. Wartość tego wzbogacenia zależy od syntezy danego aminokwasu. Aminokwasy powszechnie występujące w kolagenie należą do grupy endogennych, stąd wyższa wartość δ<sup>13</sup>C kolagenu tkanek konsumenta w stosunku do diety. Wartość δ<sup>13</sup>C kolagenu jest w przybliżeniu średnią wartości aminokwasów go tworzących (obserwowana zmienność wzbogacenia waha się od 0,5 do 6,1‰).

W ekosystemach wodnych węgiel jest pobierany z dwutlenku węgla rozpuszczonego w wodzie. Jego kompozycja izotopowa jest zmienna i zależy m.in. od głębokości, typu zbiornika lub cieków wodnego (Finlay, Kendall 2007, Michener, Kaufman 2007). Zazwyczaj wartości δ<sup>13</sup>C słodkowodnych ekosystemów śródlądowych i ekosystemów lądowych są podobne, a to utrudnia określenie udziału ryb słodkowodnych w diecie (Finlay, Kendall 2007). Znaczną różnicę można zaobserwować w odniesieniu do fauny

morskiej oraz ryb spędzających część roku w morzach (ryby anadromiczne), zazwyczaj cechujących się wyższymi wartościami  $\delta^{13}\text{C}$  (Michener, Kaufman 2007, Lee-Thorp 2008).

Rośliny przyswajają azot z gleby. Zazwyczaj potrzeby rośliny przewyższają ilość dostępnego azotu, zatem jest on przyswajany w całości, a wartość  $\delta^{15}\text{N}$  rośliny okazuje się podobna do wartości proporcji izotopów trwałych azotu w glebie (ok. 1–4‰, Evans 2001). Część roślin może pozyskiwać azot od swych symbiontów (bakterii lub grzybów), jednak ilość dostarczonego azotu jest niewielka i nie wpływa znacząco na wartość  $\delta^{15}\text{N}$  rośliny (Högberg *et al.* 1999, Yoneyama, Fujihara, Yagi 1998).

Podobnie jak w przypadku węgla, azot wykorzystywany do syntezy kolagenu jest pozyskiwany z białka zawartego w pożywieniu. Sposób, w jaki dochodzi do wzbogacenia tkanek konsumenta w cięższe izotopy azotu, nie jest do końca znany. Wydaje się, że istotną kwestią jest proces tworzenia moczu. Wraz z uryną wydalany jest z organizmu mocznik bogaty w lżejsze izotopy azotu ( $^{14}\text{N}$ ), natomiast cięższe izotopy pozostają w organizmie i są wykorzystywane do syntezy tkanek. Jednak ilość tak wydalanego azotu nie równoważy obserwowanego wzbogacenia tkanek (Hedges, Reynard 2007, Koch 2007).

Podobnie jak w przypadku izotopów węgla, również tutaj obserwujemy wzrost proporcji izotopów wraz z kolejnymi poziomami troficznymi. W diecie mieszanej zawierającej białka roślinne i zwierzęce stopień wzbogacenia powinien odpowiadać proporcji białek zwierzęcych (o wyższych wartościach  $\delta^{15}\text{N}$ ) w diecie (Pearson *et al.* 2003, Hedges, Reynard 2007). Zatem weganie powinni mieć wartości  $\delta^{15}\text{N}$  zbliżone do wartości zwierząt roślinożernych, a osoby konsumujące bardzo duże ilości białka zwierzęcego powinny mieć wartości  $\delta^{15}\text{N}$  zbliżone do zwierząt mięsożernych.

Specyficznym przypadkiem efektu troficznego jest karmienie piersią. Wartości izotopowe tkanek dziecka karmionego piersią będą miały wyższe wartości  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$  niż tkanki matki (Tsutaya, Yoneda 2015). Efekt ten zaburza rekonstrukcję typowej diety, a w konsekwencji zmusza do wyłączenia z analizy dzieci poniżej 3. roku życia. Jednak ten efekt może pozwolić na rekonstrukcję przybliżonego czasu karmienia piersią, gdyż niedługo po odstawieniu od piersi wartości izotopowe tkanek dziecka powinny się ukształtować na poziomie wartości charakterystycznych dla ogółu dorosłej populacji.

Rekonstrukcję diety może zaburzyć również zmiana gospodarki azotem w organizmie konsumenta. Podczas niedoboru azotu (np. klęski głodu) organizm będzie wykorzystywał zapasy tego pierwiastka zgromadzone m.in. w tkance mięśniowej. Ponowne wykorzystanie azotu będzie związane z dalszym wzbogaceniem syntetyzowanych tkanek w cięższe jego izotopy.



Skutkiem chronicznego niedożywienia będą bardzo wysokie wartości  $\delta^{15}\text{N}$  (Fuller *et al.* 2005).

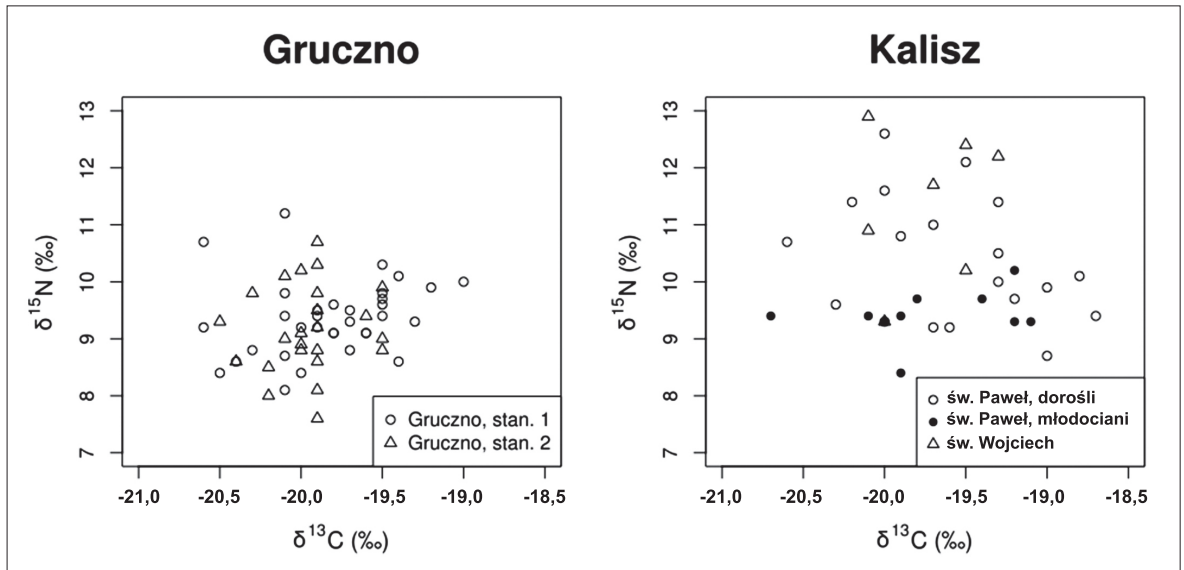
Niższe wartości  $\delta^{15}\text{N}$  syntetyzowanych tkanek można zaobserwować w okresie gwałtownego wzrostu tkanki kostnej (np. w okresie wzrostu osobnika). W tym czasie zapotrzebowanie organizmu na azot jest duże i jeśli zostanie ono zaspokojone, to większość azotu będzie wykorzystana do budowy tkanek. Stosunkowo mała ilość azotu zostanie wydalona wraz z moczem, zatem kompozycja izotopowa azotu, który pozostanie w organizmie, będzie bardziej zbliżona do kompozycji diety, a obserwowany efekt troficzny okaże się mniejszy (Waters-Rist, Katzenberg 2010).

Wartości  $\delta^{15}\text{N}$  zwierząt wodnych są bardzo zróżnicowane, co wynika ze znacznego skomplikowania i wydłużenia łańcucha troficznego w ekosystemach wodnych. Przykładowo: drapieżna ryba może konsumować inną drapieżną rybę, co spowoduje, że wartość  $\delta^{15}\text{N}$  tej pierwszej będzie znacznie wyższa (Minagawa, Wada 1984). Może to pozwolić na uchwycenie konsumpcji ryb o wysokich wartościach  $\delta^{15}\text{N}$ , która doprowadzi do znacznego podwyższenia proporcji izotopów trwałych azotu w tkankach ludzi spożywających te ryby.

## DIETA I STATUS: GRODY A PODGRODZIA

Materiały archeologiczne z Gruczna i Kalisza pozwoliły na analizę diety w kontekście statusu wyrażonego miejscem pochówku. Analiza izotopowa szczątków ludzkich ze stanowisk w Grucznie (Ziemia Chełmińska) została przeprowadzona dla szczątków 56 dorosłych osobników z dwóch cmentarzysk, z terenu grodu (Gruczno, stanowisko 1) oraz podgrodzia (Gruczno, stanowisko 2, Reitsema 2012). Cmentarzysko grodowe jest datowane na XII wiek, natomiast cmentarzysko podgrodowe było użytkowane w XIII-XIV wieku (Bojarski 1995). Stanowisko Kalisz-Zawodzie jest położone w południowej Wielkopolsce. Analizę izotopową przeprowadzono dla szczątków 26 osobników dorosłych i 10 młodocianych pochowanych na cmentarzysku grodowym przy kolegiacie św. Pawła oraz na podgrodziu, przy kościele św. Wojciecha (Fetner b.d.). Cmentarzysko grodowe datowane jest na XII-XIII wiek (Baranowski 1998), natomiast cmentarzysko podgrodowe może być jedynie datowane *post quem*, po przełomie XI i XII wieku (Białęcka *et al.* 1961). Wyniki analizy izotopowej dla obu zespołów stanowisk przedstawia rycina 3.

Porównanie wartości izotopowych osobników dla pochowanych na cmentarzysku grodowym i podgrodowym w Grucznie nie przyniosły wyników istotnych statystycznie (Reitsema 2012). W przypadku Gruczna nie



RYCINA 3.

Wyniki analiz izotopowych dla Gruczna (stanowisko 1 – gród oraz stanowisko 2 – podgródzie) i Kalisza-Zawodzia (św. Paweł – cmentarzysko grodowe oraz św. Wojciech – cmentarzysko podgródowe)

Źródło: Reitsema 2012.

można mówić o współwystępowaniu dwóch cmentarzysk takich, że osoby o wyższym statusie były grzebane na terenie grodu, a osoby niższego stanu – na cmentarzysku podgródowym. W Grucznie po zaprzestaniu użytkowania cmentarzyska grodowego założone zostało cmentarzysko na podgródziu. Brak różnicy jest o tyle ciekawy, że we wcześniejszym okresie Gruczno znajdowało się w cieniu grodu w Kałdusie położonego na drugim brzegu Wisły (Chudziak 2004). W późniejszym okresie Kałdus stracił na znaczeniu, co wykorzystali mieszkańcy Gruczna. W czasie funkcjonowania cmentarzyska na podgródziu Gruczno przeżywało okres gospodarczego rozkwitu (Bojarski 1995), który nie znalazł jednak odbicia w diecie.

Podobnie jak w przypadku Gruczna, w Kaliszu nie obserwujemy statystycznie istotnych różnic między dietą osób pogrzebanych przy kolegiacie św. Pawła na grodzisku a tych pochowanych przy kościele św. Wojciecha na podgródziu. Co ciekawe, statystycznie istotne różnice (test Manna-Whitneya,  $U=143$ ,  $p=0,029$ ) obserwujemy po porównaniu wartości  $\delta^{15}\text{N}$  u osobników młodocianych (3–19 lat) i u dorosłych (powyżej 20. roku życia). Interesujący jest również fakt, że dorośli pogrzebani przy kolegiacie św. Pawła zdają się dzielić na dwie grupy. Grupa pierwsza charakteryzuje się niższymi wartościami  $\delta^{15}\text{N}$  (mniej niż 10,5‰), jak również nieznacznie wyższymi

wartościami  $\delta^{13}\text{C}$ . Wielkości izotopowe dla osobników dorosłych w tej grupie pokrywają się z wielkościami dla osobników młodocianych. W porównaniu do nich drugą grupę cechują wysokie wartości  $\delta^{15}\text{N}$  i nieznacznie niższe wartości  $\delta^{13}\text{C}$ .

Wysokie wartości  $\delta^{15}\text{N}$  osób pogrzebanych przy kolegiacie św. Pawła wskazują na znaczną konsumpcję białka zwierzęcego. Różnica między średnimi wartościami dla zwierząt hodowlanych i dla osób dorosłych wynosi 4,4‰. Oznaczałoby to dietę opartą prawie wyłącznie na białku zwierzęcym. Wydaje się to bardzo mało prawdopodobne. Wyjaśnieniem wysokiej wartości  $\delta^{15}\text{N}$  może być konsumpcja pewnych gatunków ryb charakteryzujących się jego wysokimi wartościami, np. jesiotra, suma, karpia czy szczupaka (Reitsema 2012, Reitsema, Crews, Polcyn 2010). Brak danych archeoichtiologicznych dla grodu w Kaliszu nie pozwala jednak na bezpośrednie zweryfikowanie tej hipotezy. W tym czasie w grodach Wielkopolski wśród szczątków ryb dominują ości sumów, szczupaków, jesiotrów i śledzi (Makowiecki 2003), czyli ryb, które mogły znacznie wzbogacić wartości  $\delta^{15}\text{N}$  także u mieszkańców Kalisza.

Różnica pomiędzy dwiema grupami osobników dorosłych może wynikać również z udziału białka ryb w diecie. Wraz z konsumpcją białka zwierzęcego zwierząt hodowlanych spodziewany byłby wzrost wartości  $\delta^{13}\text{C}$ , będący rezultatem efektu troficznego (por. wyżej), co nie jest obserwowane u osobników dorosłych z grodziska w Kaliszu. Wyjaśnieniem mogłaby być konsumpcja ryb o wysokich wartościach  $\delta^{15}\text{N}$ , ale o niskich wartościach  $\delta^{13}\text{C}$ , np. sumów, szczupaków czy karpia. Konsumpcja wymienionych ryb mogłaby się zaznaczyć stosunkowo niskimi wartościami  $\delta^{13}\text{C}$  i zatrzeć oczekiwany efekt troficzny.

Obie grupy dorosłych osobników cechują się wysokimi wartościami  $\delta^{15}\text{N}$ , co oznacza, że białko zwierzęce było spożywane często i regularnie. Natomiast różnica pomiędzy grupami osobników dorosłych wynika zapewne z różnego dostępu do pewnych gatunków ryb. Pierwsza grupa, o niższych wartościach  $\delta^{15}\text{N}$ , mogła rzadziej konsumować ryby z gatunków szczupaka, suma czy karpia. Podobnie – w przypadku osobników młodocianych, jednak w przeciwieństwie do osób z grupy drugiej (o wyższych wartościach  $\delta^{15}\text{N}$ ), które zdają się spożywać wymienione ryby regularnie i w większych ilościach. Wyniki analizy izotopowej nie potwierdzają znacznej konsumpcji jesiotra, co nie znaczy, że nie mogła się ona odbywać okazjonalnie.

Obecność kolegiaty na grodzisku w Kaliszu (Białęcka *et al.* 1961, Baranowski 1998) sugeruje, że funkcjonowała tam grupa księży, w tym – kanoników. Wyższe spożycie ryb przez część dorosłych mieszkańców grodu mogłoby być interpretowane jako wyraz diety osób świeckich i duchownych.

Jednakże analiza antropologiczna szczątków ludzkich ze stanowiska Kalisz-Zawodzie wykazała, że w obu grupach znajdowały się kobiety. Zatem różnica w diecie nie była wyrazem podziału na świeckich i duchownych mieszkańców grodu. Nie zmienia to faktu, że zapewne odpowiadała ona istniejącemu podziałowi społecznemu, który jednak nie jest uchwytany za pomocą metod archeologicznych.

## KONKLUZJA

Dieta we wczesnym średniowieczu była oparta na roślinach C<sub>3</sub> z istotnym udziałem prosa (roślina C<sub>4</sub>). Regularnie spożywano białko zwierząt lądowych, uzupełniane rybami. Analiza diety osób o różnym statusie społecznym określonym na podstawie wyznaczników archeologicznych nie wykazała istotnych różnic. Naświetliła jednak zróżnicowanie wewnętrzne w grupie mieszkańców grodu w Kaliszu. Osobniki młodociane, podobnie jak część osób dorosłych, rzadko spożywały gatunki ryb o wysokich wartościach  $\delta^{15}\text{N}$  (szczupak, sum, karp). Trudno jednak określić, jak przebiegał podział grupy i kto miał dostęp do wymienionych ryb.

Analiza izotopowa pokazuje również, że ryby, które trafiały do grodu, nie były konsumowane przez ogół mieszkańców, a jedynie – przez pewną ich część. To dowód, że analizy izotopowe szczątków ludzkich mogą wiele wnieść do poznania funkcjonowania społeczeństwa Polski wczesnośredniowiecznej.

## LITERATURA

- Adamson M. 2004, *Food in Medieval times*, Greenwood Press, Westport.
- Baranowski T. 1998, *Gród w Kaliszu – badania, odkrycia, interpretacje*, [w:] *Kalisz wczesnośredniowieczny*, T. Baranowski (red.), IAiE PAN, Kalisz.
- Bender M.M. 1971, *Variations in the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios of plants in relation to the pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation*, „*Phytochemistry*”, t. 10, s. 1239–1244.
- Białęcka F., Dąbrowska I., Dąbrowski K. 1961, *Badania archeologiczne na Zawodziu w Kaliszu w 1959 r.*, „*Sprawozdania Archeologiczne*”, t. 13, s. 153–165.
- Bojarski J. 1995, *Sprawozdanie z badań wczesnośredniowiecznego zespołu osadniczego w Grucznie*, „*Komunikaty Archeologiczne*”, t. 6, s. 109–124.
- Chudziak W. 2004, *Wczesnośredniowieczny zespół osadniczy w Kaldusie*, UMK, Toruń.
- Collins M.J. et al. 2002, *The survival of organic matter in bone: a review*, „*Archaeometry*”, t. 44, s. 383–394.

- Curet L.A., Pestle W.J. 2010, *Identifying high-status foods in the archeological record*, „Journal of Anthropological Archaeology”, t. 29, s. 413–431.
- Dembińska M. 1963, *Konsumpcja żywnościowa w Polsce wczesnośredniowiecznej*, Ossolineum, Wrocław – Warszawa – Kraków.
- DeNiro M.J., Epstein J. 1978, *Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals*, „Geochimica et Cosmochimica Acta”, t. 42, s. 495–506.
- DeNiro M.J., Epstein J. 1981, *Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals*, „Geochimica et Cosmochimica Acta”, t. 45, s. 341–351.
- Evans R.D. 2001, *Physiological mechanisms influencing plant nitrogen isotope composition*, „Trends in Plant Science”, t. 6, s. 121–126.
- Fetner R.A., b.d., *Diet and social status in medieval Kalisz: carbon and nitrogen stable isotope analysis of human remains*, tekst niepublikowany.
- Finlay J.C., Kendall C. 2007, *Stable isotope tracing of temporal and spatial variability in organic matter sources to freshwater ecosystems*, [w:] *Stable isotopes in ecology and environmental science*, Michener R., Lajtha K. (eds.), Malden – Oxford – Carlton, s. 283–333.
- Fuller B.T. et al. 2005, *Nitrogen balance and  $\delta^{15}\text{N}$ : why you're not what you eat during nutritional stress*, „Rapid Communications in Mass Spectrometry”, t. 19, s. 2497–2506.
- Gręzak A., Kurach B. 1996, *Konsumpcja mięsna w średniowieczu oraz w czasach nowożytnych na terenie obecnych ziem Polski w świetle badań archeologicznych*, „Archeologia Polski”, t. 41, s. 139–167.
- Hedges R.E.M., Reynard L.M. 2007, *Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology*, „Journal of Archaeological Science”, t. 34, s. 1240–1251.
- Hedges R.E.M. et al. 2007, *Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements*, „American Journal of Physical Anthropology”, t. 133, s. 808–816.
- Högberg P. et al. 1999, *Nitrogen isotope fractionation during nitrogen uptake by ectomycorrhizal and non-mycorrhizal Pinus sylvestris*, „New Phytologist”, t. 142, s. 569–576.
- Howland M.R. et al. 2003, *Expression of the dietary isotope signal in the compound-specific  $\delta^{13}\text{C}$  values of pig bone lipids and amino acids*, „International Journal of Osteoarchaeology”, t. 13, s. 54–65.
- Iwaszczuk U. 2014, *Animal husbandry on the Polish territory in the Early Middle Ages*, „Quaternary International”, t. 346, s. 69–101.
- Keeling C.D. et al. 2005, *Atmospheric  $\text{CO}_2$  and  $^{13}\text{CO}_2$  exchange with the terrestrial biosphere and oceans from 1978 to 2000: observations and carbon cycle implications*, [w:] *A history of atmospheric  $\text{CO}_2$  and its effects on plants, animals, and ecosystems*, Ehleringer J.R., Cerling T.E., Denise Dearing M. (eds.), New York, s. 83–113.

- Koch P.L. 2007, *Isotopic study of the biology of modern and fossil vertebrates*, [w:] *Stable isotopes in ecology and environmental science*, Michener R., Lajtha K. (eds.), Malden – Oxford – Carlton, s. 99–154.
- Kuryszko J.J., Niedźwiedzki T. 2007, *Biologia kości*, PWN, Warszawa.
- Lee-Thorp J.A. 2008, *On isotopes and old bones\**, „*Archaeometry*”, t. 50, s. 925–950.
- Makowiecki D. 2003, *Historia ryb i rybołówstwa w holocenie na Niżu Polskim w świetle badań archeoichtiologicznych*, IAE PAN, Poznań.
- Marino B.D. et al. 1992, *Glacial-to-interglacial variations in the carbon isotopic composition of atmospheric CO<sub>2</sub>*, „*Nature*”, t. 357, s. 461–466.
- Marshall J.D., Brooks J.R., Lajtha K. 2007, *Sources of variation in the stable isotopic composition of plants*, [w:] *Stable isotopes in ecology and environmental science*, Michener R., Lajtha K. (eds.), Malden – Oxford – Carlton, s. 22–60.
- Michener R.H., Kaufman L. 2007, *Stable isotope ratios as tracers in marine food webs: an update*, [w:] *Stable isotopes in ecology and environmental science*, Michener R., Lajtha K. (eds.), Malden – Oxford – Carlton, s. 238–282.
- Minagawa M., Wada E. 1984, *Stepwise enrichment of <sup>15</sup>N along food chains: Further evidence and the relation between  $\delta^{15}\text{N}$  and animal age*, „*Geochimica et Cosmochimica Acta*”, t. 48, s. 1135–1140.
- Pearson S.F. et al. 2003, *Effects of elemental composition on the incorporation of dietary nitrogen and carbon isotopic signatures in an omnivorous songbird*, „*Oecologia*”, t. 135, s. 516–523.
- Polcyn M. 2002, *Pozostałości roślin uprawnych i chwastów ze stanowiska 1 i 4 w Gieczu*, „*Studia Lednickie*”, t. 7, s. 295–300.
- Reitsema L.J. 2012, *Stable carbon and nitrogen isotope analysis of human diet change in prehistoric and historic Poland*, Ohio State University, rozprawa doktorska.
- Reitsema L.J., Crews D.E., Polcyn M. 2010, *Preliminary evidence for medieval Polish diet from carbon and nitrogen stable isotopes*, „*Journal of Archaeological Science*”, t. 37, s. 1413–1423.
- Tsutaya T., Yoneda M. 2015, *Reconstruction of breastfeeding and weaning practices using stable isotope and trace element analyses: a review*, „*American Journal of Physical Anthropology*”, t. 156, s. 2–21.
- van der Merwe N.J., Medina E. 1991, *The canopy effect, carbon isotope ratios and food-webs in amazonia*, „*Journal of Archaeological Science*”, t. 18, s. 249–259.
- Waters-Rist A.L., Katzenberg M.A. 2010, *The effect of growth on stable nitrogen isotope ratios in subadult bone collagen*, „*International Journal of Osteoarchaeology*”, t. 20, s. 172–191.
- Yoneyama T., Fujihara S., Yagi K. 1998, *Natural abundance of <sup>15</sup>N in amino acids and polyamines from leguminous nodules: unique <sup>15</sup>N enrichment in homospermidine*, „*Journal of Experimental Botany*”, t. 49, s. 521–526.