

Streszczenie pracy doktorskiej

Niniejsza rozprawa doktorska składa się z trzech publikacji, dwóch oryginalnych oraz jednej pracy przeglądowej. Ich wspólnym mianownikiem są badania bioarcheologiczne, gdzie pierwsza praca stanowi przykład ich wykorzystania w praktyce, pozostałe dwie stanowią próbę rozwinięcia i udoskonalenia obecnie istniejących metod. Publikacje oryginalne zostały przeprowadzone na materiale kostnym pochodzącym z dawnych wrocławskich cmentarzy – cmentarza Salwatora (obecnie okolice pl. Czystego) oraz cmentarza przy parafii św. Barbary (okolice dawnego szpitala Józefa Babińskiego).

Pierwsza praca ("*A case of syphilis with high bone arsenic concentration from early modern cemetery [Wrocław, Poland]*") skupia się na analizie przypadku czaszki pochodzącej z dawnego cmentarza Salwatora we Wrocławiu. Czaszka odznaczała się nietypowymi uszkodzeniami, które w toku diagnostyki różnicowej zidentyfikowano jako późne stadium syfilisu. W trakcie dalszej analizy wykorzystano metody histologiczne, w celu znalezienia zmian charakterystycznych dla tej choroby oraz spektrometrię mas, w celu określenia składu pierwiastkowego kości badanego osobnika. Według wstępnych hipotez zakładano, że analiza pierwiastków kości może wykazać podwyższony poziom rtęci, gdyż jej sole w okresie wczesnonowożytnym były szeroko wykorzystywane w leczeniu tego schorzenia. W szczątkach kostnych osób cierpiących na syfilis wielokrotnie ujawniono znacznie zwiększone stężenie rtęci – zwłaszcza w szczątkach pochodzących z okresu wczesnonowożytnego.

Niespodziewanie, stężenie rtęci nie było w znaczący sposób podwyższone, ale analiza ujawniła znacznie podwyższony poziom arsenu – 16µg/g kości. Zazwyczaj szczątki kostne mają stukrotnie mniejsze stężenie. Ze względu na niewielkie stężenie tego pierwiastka w glebie, jego przybytek w kości w skutek diagenety jest mało prawdopodobny. Wśród hipotez mogących tłumaczyć tak wysoki poziom arsenu najbardziej prawdopodobne wydają się dwie. Badany osobnik mógł pracować w kopalni złota bądź arsenu, które znajdowały się na Dolnym Śląsku w stosunkowo niewielkiej odległości od Wrocławia (m. in. w oddalonym o 80 km Żłotym Stoku). Niemniej, artykuły opisujące poziom tego pierwiastka w szczątkach kostnych pochodzących z cmentarzy zlokalizowanych w pobliżu kopalni zawierających związki arsenu, wykazywały jego niższe stężenie, niż u badanego osobnika.

Kolejna hipoteza sugeruje, iż podwyższony poziom arsenu może stanowić ślady terapii podjętej w celu wyleczenia badanego osobnika. Niemniej, w toku przeprowadzonej kwerendy, nie udało się potwierdzić stosowania terapii opartej na związkach arsenu w leczeniu syfilisu dla badanego okresu – zawierający arsen płyn Fowlera stosowany był dopiero od 1786 roku, podczas gdy cmentarz Salwatora funkcjonował do 1771 roku. Niemniej, nie można wykluczyć, iż związki arsenu były wykorzystywane w stosowanej lokalnie terapii, o której informacje nie zachowały się w źródłach pisanych.

Kolejne dwie prace poświęcone są liniom Harrisa (LH). LH to poziome, nieprzejrzyste linie, widoczne na niektórych kościach długich w obrazowaniu rentgenowskim. LH mogą powstać jedynie w trakcie okresu wzrastania kości na długość – tworzą się w miejscu, w którym w danym okresie rozwoju znajdowała się płytka wzrostowa. Etiologia LH jest dość różnorodna

i pozostaje obiektem licznych kontrowersji i żywej naukowej dyskusji. Według dominującej hipotezy, powstawanie LH najczęściej towarzyszy epizodom szeroko pojętego stresu fizjologicznego – m.in. okresom niedożywienia lub przebiegowi ciężkiej choroby. Stąd też obecność LH jest używana w antropologii fizycznej jako niespecyficzny wskaźnik występowania epizodów stresu fizjologicznego w dzieciństwie bądź młodości.

Umieszczenie LH na kości jest zależne od okresu życia, w którym doszło do zahamowania/wznowienia wzrostu. Im bliżej pierwotnego punktu kostnienia znajduje się LH, tym wcześniej ona powstała. To zjawisko umożliwia uzyskanie bardzo cennych z punktu widzenia bioarcheologii informacji – obecność LH pozwala nie tylko ustalić prawdopodobne występowanie epizodów stresu fizjologicznego, lecz także umożliwia określenie wieku, w którym ten epizod miał miejsce. Ponadto, LH mogą pozostać widoczne nawet pomimo zachodzącego stale procesu remodelacji kości, co pozwala na analizę okresu dzieciństwa i młodości na podstawie kości dorosłych osobników.

Ze względu na nieliniową dynamikę wzrostu kości opracowanie metody pozwalającej skutecznie oszacować wiek stanowiło pewne wyzwanie, którego w XX wieku podjęto się siedmiokrotnie. Każdą z uzyskanych wówczas metod dokładnie opisano w drugiej pracy wchodzącej w skład niniejszej rozprawy („*How to calculate the age at formation of Harris lines? A step-by-step review of current methods and a proposal for modifications to Byers' formulas*”). Począwszy od metody opracowanej przez Allison i wsp., na metodzie opracowanej przez Byersa kończąc.

Każda z metod oferowała pewne udoskonalenia, niemniej jednak ich dokładna analiza pozwoliła na zastosowanie dalszych optymalizacji. Metoda Byersa – choć została wskazana w niniejszej pracy jako najlepsza – nie umożliwiała przeprowadzenia obliczeń dla kości dzieci i młodzieży, a tylko na kościach dorosłych osobników. W pracy dokonane zostały modyfikacje, które poszerzyły możliwości metody Byersa także o kości dziecięce. Zastosowana modyfikacja była o tyle ważna, że przed jej opublikowaniem dokładne oszacowanie wieku powstania LH w kościach dzieci możliwe było tylko dla dystalnej części piszczeli.

Metody obliczania wieku powstania LH nadal można było udoskonalić, co było celem trzeciej pracy wchodzącej w skład niniejszej rozprawy („*New equations for the estimation of the age of the formation of the Harris lines*”). Poza jedną (obarczoną znacznymi błędami) metodą obliczania LH, każda z dotychczas opracowanych metod bazowała na tabelach, które pozwalały na obliczenie wieku LH z dokładnością do jednego roku. Sprowadzenie metod pozwalających obliczyć wiek LH do równań kwadratowych bądź równań wykładniczych umożliwiło uzyskanie dokładniejszego wyniku.

Znaczącym wyzwaniem w tej pracy był wybór najdokładniejszego modelu. Takiego, który wymaga najmniejszej liczby parametrów i generuje najmniej błędów. W tym wyborze pomogło zastosowanie kryterium informacyjnego Akaike (AIC), które pozwoliło na selekcję optymalnego rozwiązania.

W efekcie uzyskano szereg równań dla proksymalnych i dystalnych części piszczeli i kości udowych, dla kobiet i mężczyzn, dzieci i dorosłych. Równania zostały zebrane w arkuszu kalkulacyjnym, który po wprowadzeniu dwóch zmiennych – odległości LH od końca kości oraz

jej całkowitej długości – podaje przybliżony czas powstania linii. To proste narzędzie pozwala oszacować czas powstania LH szybciej i dokładniej niż którakolwiek z zaproponowanych dotąd metod.

Nowo opracowaną metodę przetestowano na kościach pochodzących z cmentarza przy dawnej parafii św. Barbary. Uzyskano pozytywne rezultaty, wskazujące na spójność dokonanych obliczeń.

Mimo dokonanego postępu, dalsza optymalizacja nadal jest możliwa – największym ograniczeniem dokładności opracowanej metody jest różnorodna dynamika wzrostu kości w różnych populacjach i okresach historycznych, co uniemożliwia wyprowadzenie jednego, uniwersalnego wzoru. Dalsza optymalizacja mogłaby uwzględniać dostosowywanie wzorów dla poszczególnych populacji historycznych.

Niezależnie od wymienionych ograniczeń, dwie ostatnie prace wchodzące w skład cyklu powinny znacznie poprawić jakość prowadzonych w przyszłości badań uwzględniających analizę LH.

Summary

The current doctoral dissertation comprises three publications: two original articles and one review paper. The doctoral dissertation's principal focus is on bioarchaeology, with the initial publication exemplifying its practical applications. The remaining two papers endeavour to refine and enhance existing methodologies.

The first paper ('A case of syphilis with high bone arsenic concentration from early modern cemetery [Wrocław, Poland]') focuses on a case study of a skull from the old Salwator cemetery in Wrocław. The skull was characterised by atypical lesions, which in the differential diagnosis were identified as late-stage syphilis. Further analysis used histological methods to find lesions characteristic of the disease and mass spectrometry to determine the elemental composition of the bones in the sample. Initial hypotheses were that elemental analysis of the bones might reveal elevated levels of mercury, as its salts were widely used to treat the disease in the early modern period. Bone remains from syphilis sufferers repeatedly showed significantly elevated levels of mercury, particularly in remains from the early modern period.

Surprisingly, mercury concentrations were not significantly elevated, but the analysis revealed significantly elevated levels of arsenic – 16µg/g. Most bone remains tend to have concentrations 100 times lower. Given the low concentration of this element in the soil, an increase through diagenesis is unlikely. Among the hypotheses that could explain such high arsenic levels, two seem most likely. The studied individual could have worked in a gold or arsenic mine, which were located in Lower Silesia at a relatively short distance from Wrocław (e.g. in Złoty Stok, 80 km away). However, articles describing the levels of these elements in bone remains from cemeteries located near mines containing arsenic compounds were much lower.

A further hypothesis suggests that the elevated arsenic levels may represent traces of a therapy undertaken to cure the individual under study. However, in the course of the search carried out, it was not possible to confirm the use of arsenic compound therapy in the treatment of syphilis for the period under study - the arsenic-containing Fowler's solution was only used from 1786, where the Salwator cemetery was in operation until 1771. Nevertheless, it cannot be ruled out that arsenic compounds were used in a locally applied therapy only, information about which has not survived in written sources.

The next two papers are devoted to Harris lines (HLs). HLs are horizontal, opaque lines visible on some long bones on X-ray imaging. HLs can only form during the period of bone growth in length - they form where the growth plate was located during the given period of development. The aetiology of HL is quite diverse and remains the subject of much controversy and lively scientific debate. According to the prevailing hypothesis, HL formation most often accompanies episodes of broad physiological stress - including periods of malnutrition or as a result of the course of severe disease. Hence, the presence of HL is used in physical anthropology as a non-specific indicator of the onset of episodes of physiological stress in childhood or adolescence.

The location of the HL on the bone is dependent on the period of life in which growth inhibition or recovery occurred. The closer the HL is to the primary ossification center, the

earlier it was formed. This phenomenon makes it possible to obtain very valuable information from a bioarchaeological point of view - the presence of HLs not only makes it possible to establish the likely occurrence of episodes of physiological stress, but also to determine the age at which the episode took place. In addition, HLs can remain visible even despite the ongoing process of bone remodelling, making it possible to analyse childhood and youth from the bones of adult individuals.

Due to the non-linear dynamics of bone growth, the development of a method to effectively estimate age was somewhat of a challenge, which was tackled seven times in the 20th century. Each of the methods obtained at that time is described in detail in the second paper of this thesis ("How to calculate the age at formation of Harris lines? A step-by-step review of current methods and a proposal for modifications to Byers' formulas'). Starting from the method developed by Allison et al. up to the method developed by Byers.

Each method offered some improvements, but careful analysis nevertheless allowed further optimisations to be applied. The Byers method – although identified as the best method in the present study - did not allow calculations to be carried out for the bones of children and adolescents, but only on the bones of adult individuals. In the present study, modifications were made that extended the Byers method's capabilities to also include the bones of non-adult individuals. The modification used was important because, prior to its publication, an estimation of age at HL formation on the proximal parts of children's tibias was essentially impossible.

However, the methods for calculating the age of HLs formation could still be improved, which was the aim of the third paper included in this thesis ('New equations for the estimation of the age of the formation of the Harris lines'). Apart from one (with significant errors) method for calculating the LH, each method relied on tables that allowed the age of the LH to be calculated to the nearest year. Reducing the methods to calculate the age of the LH to quadratic or exponential equations allowed a more accurate result.

A significant challenge in this work was the selection of the most accurate model – which requires the least number of parameters and generates the fewest errors. This choice was aided by the use of the Akaike Information Criterion (AIC), which allowed selection of the optimal solution.

This resulted in a series of equations for the proximal and distal parts of the tibia and femur, for men and women, children and adults. The equations were compiled into a spreadsheet that, when two variables - the distance of the LH from the end of the bone and its total length – are entered, gives an approximate time of line formation. Faster and more accurate than any of the proposed methods.

The newly developed method was tested on bones from the cemetery at the former St Barbara's parish, with positive results indicating the internal consistency of the calculations made.

Although further optimisation is still possible - the most significant limitation of the accuracy of the developed method is the diverse dynamics of bone growth in different populations and historical periods, making it impossible to derive a single, universal formula.

Further optimisation could include adapting the formulae to average growth data for different historical populations.

Notwithstanding these limitations, the last two papers in the series should significantly improve the quality of future research involving LH analysis.