

**lek. wet., mgr inż. Anna Tomańska**

*Zakład Prawa Karnego, Instytut Nauk Prawnych PAN*

ORCID 0000-0002-9943-396X

**prof. dr hab. n. wet. Maciej Janeczek**

*Katedra Biostruktury i Fizjologii Zwierząt, Zakład Anatomii Zwierząt,*

*Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Uniwersytet Przyrodniczy*

*we Wrocławiu*

ORCID 0000-0003-4357-2271

**dr n. wet. Rafał Ciaputa**

*Katedra Patologii, Zakład Patomorfologii i Weterynarii Sądowej,*

*Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Uniwersytet Przyrodniczy*

*we Wrocławiu*

ORCID 0000-0002-8816-7723

## RÓŻNICOWANIE KOŚCI LUDZKICH I ZWIERZĘCYCH

### **Streszczenie**

Praca przedstawia problematykę różnicowania kości ludzkich i zwierzęcych. Na podstawie przeglądu piśmiennictwa autorzy dokonali analizy metod różnicowania kości, motywując to potrzebą usystematyzowania wiedzy w dziedzinie weterynarii sądowej i małą liczbą publikacji poruszających tę problematykę. Zbadano w ten sposób aktualny stan wiedzy o tym zagadnieniu wobec postępów współczesnej kryminalistyki oraz osiągnięć archeologii.

**Słowa kluczowe:** weterynaria sądowa, archeologia, medycyna sądowa, osteologia, identyfikacja

### **Wprowadzenie**

Ogłędziny miejsca ujawnienia materiału kostnego rozpoczyna się od oceny ułożenia kości (ciągu anatomicznego lub nieuporządkowanego) i głębokości osadzenia w profilu glebowym<sup>1</sup>. Odkrycie kompletnego szkieletu ułatwia rozpoznanie, a wyraźne różnice anatomiczne pozwalają na przyporządkowanie

---

<sup>1</sup> M. Kała, *Eksperytyza sądowa*, wyd. 3, Wolters Kluwer, Warszawa 2017, s. 94.

go do konkretnego gatunku<sup>2</sup>. Problem jest bardziej złożony, gdy na miejscu zabezpieczono szczątki lub fragmenty kości, materiał jest znacznie zniszczony; gdy odnaleziono więcej niż jedno ciało lub istnieje przypuszczenie, że pochodzą one od kilku gatunków<sup>3</sup>. Kości człowieka kwalifikuje się na podstawie „kształtu, wyprofilowania przyczepów mięśniowych i powierzchni stawowych, stopnia twardości i przekroju poprzecznego”<sup>4</sup>. W kolejnym etapie ustala się ich wiek (na podstawie struktur zębów oraz szwów czaszki), płeć (cech kości miednicy i czaszki) i wzrost (cech kości udowej). Bardziej zaawansowane analizy przeprowadzają laboratoria kryminalistyczne i zleca się je biegłym; przykładem takich badań jest histomorfometria<sup>5</sup>. Niektóre cechy biologiczne uwidaczniają się wraz z zastosowaniem różnych barwień histologicznych i immunohistochemicznych<sup>6</sup>. Podczas mikroskopowania najpierw powinno oceniać się powierzchnię korową kości<sup>7</sup>.

### Ocena morfologiczna szczątków kostnych

W porównaniu z innymi tkankami kręgowców kości nie wykazują znacznego stopnia zróżnicowania. Zbudowane są one z tkanki kostnej, w jej obrębie można też zlokalizować komórki układu krwiotwórczego i adipocyty<sup>8</sup>. Wyróżnia się tkankę kostną grubowłóknistą (*textus osseus rudifibrosus*), typową dla stadium prenatalnego i początkowego okresu życia pozapłodowego<sup>9</sup>. U dorosłego człowieka jest ona obecna w miejscach przyczepu ścięgien do kości, w wyrostkach zębodołowych, błędniku, szwach kości czaszki, w miejscach uszkodzeń struktur kostnych i w obrębie zmian wstecznych<sup>10</sup>. Tkanka drobnowłóknista (*textus osseus parallelifibrosus seu*

<sup>2</sup> D. France, *Human and Nonhuman Bone Identification. A Color Atlas*, CRC Press, Boca Raton 2009.

<sup>3</sup> Ch. Briggs, *Is it human? Identifiers that distinguish animal skeletal remains from human*, „Pathology” 2010, t. 42, s. 26.

<sup>4</sup> D.H. Ubelaker i in., *The use of SEM/EDS analysis to distinguish dental and osseous tissue from other materials*, „Journal of Forensic Sciences” 2002, t. 47(5), s. 940–943

<sup>5</sup> R. Recker i in., *Issues in modern bone histomorphometry*, „Bone” 2011, t. 49, s. 955–964.

<sup>6</sup> M.L. Hillier, L.S. Bell, *Differentiating human bone from animal bone: A review of histological methods*, „Journal of Forensic Sciences” 2007, nr 52(2), s. 249–263.

<sup>7</sup> A. Christensen i in., *Forensic fractography of bone. A new approach to skeletal trauma analysis*, „Forensic Anthropology” 2018, t. 1(1), s. 32–51; C. Crowder i in., *Bone histology as an integrated tool in the process of human identification*, w: K.E. Latham i in. (red.), *New Perspectives in Forensic Human Skeletal Identification*, Elsevier, London–San Diego 2018, s. 201–213.

<sup>8</sup> C. Crowder, S. Stout (red.), *Bone Histology: An Anthropological Perspective*, CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton 2012.

<sup>9</sup> G. Bourne, *The Biochemistry and Physiology of Bone*, t. 1, Academic Press, New York 1972, s. 1–19.

<sup>10</sup> M. Kulej i in., *Micromorphological assessment of bone tissue remodeling in various hip degeneration conditions*, „Advances in Clinical and Experimental Medicine” 2020, nr 29(1), s. 51–60.

*lamellosus*) jest dojrzałą tkanką budulcową kości długich i płaskich. Zewnętrzna powierzchnię kości pokrywa okostna, a wewnętrzną śródkostna<sup>11</sup>. O aktywnym wzroście kości świadczą płytki nasadowe, które w okresie adolescencji łączą nasadę z trzonem<sup>12</sup>. W przypadku kości płaskich są to ciemiączka, które zastępują później kościorosty<sup>13</sup>.

U ssaków kości dzieli się na: krótkie, długie, płaskie i różnokształtne<sup>14</sup>. Kości rurowate są zbudowane z obu rodzajów istoty kostnej, płaskie zaś z istoty zbitej albo gąbczastej<sup>15</sup>. W szkielecie osiowym zwierząt występują różnice w liczbie kręgów poszczególnych części kręgosłupa<sup>16</sup>. Ta liczba może różnić się nawet między rasami lub w zależności od typu użytkowego (co można zauważyć u koni ras lekkich, bojowych i pociągowych)<sup>17</sup>. W procesie identyfikacji szuka się zmienności gatunkowej struktur czaszki, kręgów szyjnych, piersiowych, kości krzyżowej, żeber i mostka, łopatki i kości kończyn.

W przypadku pierwszego kręgu szczytowego (*vertebra cervicalis I, atlas*) cechami różnicującymi są szerokość łuku dogrzbietowego i dobrzuszego, stopień uwypuklenia guzka dogrzbietowego, wcięcia lub otwory skrzydłowe i obecność otworu kręgowego bocznego. Kręg obrotowy (*vertebra cervicalis II, axis*) jest charakteryzowany ze względu na długość (u świni i człowieka jest krótki), kształt zęba i wyrostka kolczystego. Przy wstępnej ocenie dalszych kręgów bierze się pod uwagę przede wszystkim ich wielkość. Analizuje się wysklepienie łuków, występowanie grzebienia dobrzuszego oraz wysokość wyrostków kolczystych<sup>18</sup>. W przypadku kości krzyżowej (*os sacrum*) zwraca się uwagę na charakterystyczny kształt, liczbę budujących ją kręgów, wyrostki stawowe, kanał krzyżowy, powierzchnie uchowate

<sup>11</sup> W. Sawicki, J. Malejczyk, *Histologia*, wyd. 6, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2012; H. Lippert, *Anatomie kompakt*, Springer-Lehrbuch 1994.

<sup>12</sup> E. Hunziker, *Mechanism of longitudinal bone growth and its regulation by growth plate chondrocytes*, „Microscopy Research & Technique” 1994, nr 28(6), s. 505–519.

<sup>13</sup> M. Hrehorowicz, *Archeologia sądowa – już kryminalistyka czy jeszcze archeologia?*, Krajowa Szkoła Sądownictwa i Prokuratury 2018, z. 1(29).

<sup>14</sup> M. Wake (red.), *Hyman's Comparative Vertebrate Anatomy*, The University of Chicago Press, Chicago 1979, s. 112–119.

<sup>15</sup> H. Jaffe, *The structure of bone: with particular reference to its fibrillar nature and the relation of function to internal architecture*, „The Archives of Surgery” 1929, t. 19(1), s. 24–50.

<sup>16</sup> K. Kardong, *Vertebrates: Comparative Anatomy, Function, Evolution*, McGraw-Hill Education, New York 1994.

<sup>17</sup> A. Pluskowski i in., *Potential osteoarchaeological evidence for riding and the military use of horses at Malbork Castle, Poland*, „International Journal of Osteoarchaeology” 2009, nr 20(3), s. 225–343.

<sup>18</sup> P. Lów, *Atlas of Animal Anatomy and Histology*, Springer, Cham 2016.

itd.<sup>19</sup> U przeżuwaczy występuje na niej grzebień krzyżowy pośrodkowy (*crista sacralis mediana*) z zespolonych wyrostków kolczystych<sup>20</sup>. U koni pociągowych duże obciążenie kręgosłupa sprzyja zaś powstawaniu patologicznych zrostów<sup>21</sup>.

W przypadku żeber gatunkowo zmienna jest ich liczba, szerokość i wygięcie, ostra lub tępa powierzchnia krawędzi doczaszkowych i doogonowych<sup>22</sup>.

W mostku (*sternum*) ocenia się stopień rozwinięcia i przekrój rękojęści oraz obecność wyrostka mieczykowatego<sup>23</sup>. U przeżuwaczy odcinki mostkowe są zespolone w płytę kostną, natomiast u koni występuje grzebień mostka (*crista sterni*)<sup>24</sup>. W przypadku łopatki cechą gatunkową może być wyrostek barkowy (*acromion*) typowy dla mięsożernych i przeżuwaczy<sup>25</sup>.

Kość ramienną (*humerus*) na końcu dalszym u mięsożernych tworzy główka i bloczek kości ramiennej, u innych zwierząt zaś, u których brak jest ruchomości kości przedramienia, występuje tylko bloczek. Nieobecny jest też u nich dół dziobasty<sup>26</sup>. U kotów cechą gatunkową jest otwór nadkłykciowy<sup>27</sup>.

W różnicowaniu niezbędna jest również znajomość anatomicznych różnic kończyny miednicznej, w tym kości uda i podudzia, oraz znajomość topograficzna dołów, guzowatości i szczegółowej budowy krętarzy (np. krętarza trzeciego u koni)<sup>28</sup>.

<sup>19</sup> D. Ubelaker, *The forensic evaluation of burned skeletal remains: A synthesis*, „Forensic Science International” 2009, t. 183(1–3).

<sup>20</sup> K.D. Budras, R. Habel, *Bovine Anatomy*, Schlütersche, Hannover 2011.

<sup>21</sup> C.J. Diedrich, *Pathologic historic mining horses from central Europe*, „Journal of Pathology and Disease Biology” 2017, nr 1 (wyd. specjalne), s. 1–28.

<sup>22</sup> A. Pluskowski i in., op. cit., s. 225–343; K. Dyce i in., *Anatomia weterynaryjna*, Elsevier, Wrocław 2019.

<sup>23</sup> S. Langley-Hobbs, M. Straw, *The feline humerus. An anatomical study with relevance to external skeleton fixator and intramedullary pin placement*, „Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology” 2005, nr 18(1), s. 1–6; E. Schmid, *Atlas of Animal Bones*, Elsevier, Amsterdam–New York 1972.

<sup>24</sup> D. Ubelaker, op. cit.; K.K. Richter i in., *Fish'n chips: ZooMS peptide mass fingerprinting in a 96 well plate format to identify fish bone fragments*, „Journal of Archaeological Science” 2011, t. 38(7), s. 1502–1510.

<sup>25</sup> K.K. Richter i in., op. cit., s. 1502–1510; M. Buckley, *Zooarchaeology by mass spectrometry (ZooMS) collagen fingerprinting for the species identification of archeological bone fragments*, w: Ch.M. Giovas, M.J. LeFebvre (red.), *Zooarchaeology in Practice*, Springer, New York 2017, s. 227–247; E. Tomaszewska i in., *The effect of tannic acid on the bone tissue of adult male Wistar rats exposed to cadmium and lead*, „Experimental and Toxicologic Pathology” 2017, t. 69(3), s. 131–141.

<sup>26</sup> D. Ubelaker, op. cit.; M. Buckley, op. cit.; E. Tomaszewska i in., op. cit.

<sup>27</sup> S. Langley-Hobbs, M. Straw, op. cit., s. 1–6.

<sup>28</sup> K. Budras i in., *Anatomy of the Horse: An Illustrated Text*, Schlütersche, Hannover 2003.

U ptaków występują kości pneumatyczne, które są wypełnione powietrzem i wysłane błoną śluzową<sup>29</sup>. Kości długie u tych zwierząt mają zmienną grubość kory i właściwości mechaniczne, w tym wytrzymałość na zginanie. Odmiernym zróżnicowaniem morfologicznym cechuje się rząd małych i średnich ptaków z rodziny *Charadriiformes*, nie mają one bowiem kości pneumatycznych<sup>30</sup>. Brak pneumatyzacji kości ramiennej potwierdzono także u pingwinów<sup>31</sup>.

U zwierząt występują dodatkowe, nieopisane u człowieka kości<sup>32</sup>. Są to: kość serca u bydła (*os cordis*)<sup>33</sup>, kość prącia u psa (*os penis*)<sup>34</sup>, poroże<sup>35</sup>, ossikon u żyrafa<sup>36</sup>, osteodermy obecne u gadów<sup>37</sup> i płazów<sup>38</sup> oraz kość krucza u ptaków<sup>39</sup>. Specyficzne gatunkowo jest również uzębienie lub jego brak (u ptaków, kolczatki, mrówkojada i fiszbinowców). To samo dotyczy braku niektórych innych kości, np. obojczyka u kotowatych<sup>40</sup>, a także występowania kości, które diagnozowane są u zwierząt i opisywane jako нефизjologicznie, np. kość łechtaczki (*os clitoris*)<sup>41</sup>.

Morfologia czaszki wyraźnie różni się u człowieka i zwierząt. Człowiek charakteryzuje się dużą objętością mózgu w stosunku do ogólnej masy ciała. W porównaniu ze zwierzętami jego muskulatura głowy jest mniej

<sup>29</sup> M. Carrano, P. O'Connor, *Bird's-eye view*, „Natural History” 2005, nr 114(4), s. 42–47.

<sup>30</sup> N. Adam Smith, J.A. Clarke, *Osteological histology of the Pan-Alcidae (Aves, Charadriiformes): Correlates of wing-propelled diving and flightlessness*, „The Anatomical Record” 2013, t. 297(2), s. 188–199; J. Cubo, A. Casinos, *Incidence and mechanical significance of pneumatization in the long bones of birds*, „Zoological Journal of the Linnean Society” 2008, t. 130(4).

<sup>31</sup> K.E. Slack i in., *Early penguin fossils, plus mitochondrial genomes, calibrate avian evolution*, „Molecular Biology and Evolution” 2006, t. 23(6), s. 1144–1155; W. Meister, *Histological structure of the long bones of penguins. The anatomical record*, „Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology” 1962, t. 143(4).

<sup>32</sup> A. Nasoori, *Formation, structure, and function of extra-skeletal bones in mammals*, „Biological Reviews” 2020, nr 95(4).

<sup>33</sup> T. James, *Anatomy of the sinus node, AV node and os cordis of the beef heart*, „The Anatomical Record” 1965, nr 153(4), s. 361–371.

<sup>34</sup> N. Misk i in., *Os penis in dogs*, „Assiut Veterinary Medical Journal” 1996, t. 35(69), s. 115–122.

<sup>35</sup> S. Demarais, B. Strickland, *Antlers*, w: D.G. Hewitt (red.), *Biology and Management of White-tailed Deer*, CRC Press, Boca Raton 2011, s. 1–40.

<sup>36</sup> C. Spillage, *Horns and other bony structures of the skull of the giraffe, and their functional significance*, „African Journal of Ecology” 1968, t. 6(1), s. 53–61.

<sup>37</sup> C. Williams i in., *A review of the osteoderms of lizards (Reptilia: Squamata)*, „Biological Reviews” 2022, t. 97(1).

<sup>38</sup> F. Witzmann, R. Soler-Gijon, *The bone histology of osteoderms in temnospondyl amphibians and in the chroniosuchian Bystrowiella*, „Acta Zoologica” 2009, t. 91(1), s. 96–114.

<sup>39</sup> A. Charuta, J. Bartyzel, *Morfologia i morfometria kości obręczy i odcinka nasadowego kończyny piersiowej kaczki domowej*, „Medycyna Weterynaryjna” 2005, t. 61, nr 7, s. 811–813.

<sup>40</sup> E. Hazel, M. Taylor, *An Atlas of Cat Anatomy*, The University of Chicago Press, Chicago 1969.

<sup>41</sup> S. Sumner i in., *Os clitoris in dogs: 17 cases (2009–2017)*, „The Canadian Veterinary Journal” 2018, t. 59(6), s. 606–610.

wyrazista, a przyczepy mięśniowe i związane z nimi struktury – mniej rozwinięte. Charakterystyczne jest także sklepienie czaszki i rozbudowany dipol (warstwa istoty gąbczastej). Wyróżnikiem żuchwy u człowieka jest jej U-kształtny profil, który różni się od tego występującego u zwierząt (zwykle w kształcie V)<sup>42</sup>.

Wątpliwości w oznaczaniu gatunków mogą budzić fragmenty szczęki. Jednak gdy posiada się pełną górną lub dolną szczękę, podobnie jak całą czaszkę, identyfikacja gatunku staje się bardziej pewna. Według Brunona Hołysta uzębienie człowieka najbardziej przypomina to, które występuje u małych człekokształtnych. U człowieka zęby tworzą zamknięty łuk, utrzymując wzajemny kontakt. Natomiast u małych człekokształtnych w górnej szczęce istnieje odstęp między kłębem a pierwszym zębem trzonowym, co nazywa się „małą luką”. Różnicowanie jest znacznie utrudnione, gdy materiałem jest odłamek zęba. Wówczas stosuje się porównawczą analizę chemiczną białek zębowych z wykorzystaniem precypitacji lub dyfuzji w żelu agarowym<sup>43</sup>. Badanie uzębienia człowieka jest kluczowe w poszukiwaniu indywidualnych cech osobniczych<sup>44</sup>. W ekspertyzie osteologicznej zdarzeń masowych w celu przeprowadzenia analizy szczątków zębów i kości korzysta się z wielu odontologicznych metod identyfikacyjnych.

Budowa szkieletu człowieka jest skorelowana z pionową postawą ciała, co ma istotne konsekwencje dla jego biomechaniki i sposobu poruszania się. Kręgi mają podwójne osie orientacji, a wszystkie cztery kończyny wykazują duży zakres ruchu. Ludzkie żebra są bardziej zakrzywione, a kość obręczy kończyn może być stosunkowo mniej wytrzymała i nie wykazywać tak ścisłych połączeń jak te obserwowane u zwierząt<sup>45</sup>. Kości człowieka są ewolucyjnie przystosowane do dość szybkiego wzrostu i osiągnięcia dużej wysokości ciała mimo zachowania stosunkowo lekkiego szkieletu. W trakcie wzrostu kości u człowieka zachodzi jednak potrzeba redukcji wydatkowanej na to energii, co prowadzi do różnic strukturalnych. Dlatego kości zwierząt są zazwyczaj gęstsze, podczas gdy u ludzi mają bardziej porowatą strukturę kory i wyraźnie zaznaczone beleczki trzonu<sup>46</sup>.

<sup>42</sup> J. Watson, J. McClelland, *Distinguishing Human from Non-Human Animal Bone*, The University of Arizona, Arizona State Museum, Tucson 2018.

<sup>43</sup> B. Hołyst, *Kryminalistyka*, Wolters Kluwer, Warszawa 2018, s. 471–476.

<sup>44</sup> J. Ata-Ali, F. Ata-Ali, *Forensic dentistry in human identification: A review of the literature*, „Journal of Clinical and Experimental Dentistry” 2014, t. 6(2), s. 162–167.

<sup>45</sup> B.A. Michael i in., *The effects of soil texture on the ability of human remains detection dogs to detect buried human remains*, „Journal of Forensic Sciences” 2016, t. 63(3), s. 649–655.

<sup>46</sup> J. Watson, J. McClelland, op. cit., s. 1–9.

Wiele parametrów biologicznych szczątków ocenia się histomorfometrycznie, w tym wiek w momencie śmierci<sup>47</sup>. Jednak obecność implantów lub biomateriałów w kości może stanowić przeszkodę, ponieważ w takiej sytuacji nie zaleca się zamrażania ani ogrzewania tkanki<sup>48</sup>. Mogą one też utrudniać cięcie skrawków<sup>49</sup>. Standardowo histologię tkanki kostnej przeprowadza się, wykorzystując różne techniki barwienia, m.in. za pomocą hematoksyliny i eozyny (H&E), trichromu Massona-Goldnera, pentachromu Movata, orceiny, azotanu srebra oraz immunohistochemicznie<sup>50</sup>. Mikroskopowanie preparatu uwidacznia specyficzną organizację systemu Haversa<sup>51</sup>. Osteony tworzą w niej blaszki, a te układają się wielowarstwowo. W centrum przebiega kanał Haversa, zawierający naczynia i nerwy. Prostopadle do nich ułożone są kanały Volkmana służące do kontaktowania się osteonów między sobą<sup>52</sup>.

Organizacja systemu Haversa pozwala odróżnić człowieka od innych gatunków zwierząt na tzw. pleksyformie i według indeksu kanałów Haversa<sup>53</sup>. Obraz ten może ulegać zmianom pod wpływem uwarunkowań fizjologicznych, czynników chorobowych oraz klimatycznych. Zmienność średnicy kanału środkowego jest nie tylko odzwierciedleniem różnic między gatunkami, lecz także cechuje poszczególne kości. Proces reorganizacji kości w ciągu życia jest skorelowany ze specjalizacją mięśni. Miejsca ich przyczepu najczęściej cechuje zwielokrotnienie kanałów środkowych ze względu na większą liczbę mikrourazów prowadzących do wzmocnienia lokomotorycznego tego obszaru. U ludzi tkanka kostna wykazuje strukturę systemu Haversa podobną do tej u zwierząt naczelnych i małych ssaków.

<sup>47</sup> B. Mních, *Ocena wieku osobnika na podstawie badań histomorfometrycznych kości*, praca magisterska, Repozytorium Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2014; J. Bednarek, *Metody oceny wieku w chwili śmierci w oparciu o histomorfometrię istoty zbitej tkanki kostnej*, „Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii” 2008, nr 4(58), s. 197–204.

<sup>48</sup> A. Scarano, G. Iezzi, A. Piattelli, *Common fixatives in hard-tissue histology*, w: Yuehuei H. An, K.L. Martin (red.), *Handbook of Histology Methods for Bone and Cartilage*, Humana Press, Totowa, NJ 2003, s. 159–165.

<sup>49</sup> H. Yuehuei An, H.E. Gruber, *Introduction to experimental bone and cartilage histology*, w: Yuehuei H. An, K.L. Martin (red.), *Handbook of Histology Methods for Bone and Cartilage*, Humana Press, Totowa, NJ 2003, s. 3–31.

<sup>50</sup> C. Rentsch i in., *Comprehensive histological evaluation of bone implants*, „Biomatter” 2014, t. 4, s. 1–11.

<sup>51</sup> G. Dragoi i in., *Histomorphometric evaluation of osteons inside the compacta of long bones diaphysis. Implication in pathology*, „Romania Journal of Legal Medicine” 2014, t. XXII, nr 1, s. 109–116.

<sup>52</sup> L. Fontoura Costa, M. Palhares Viana, M.E. Beletti, *Complex channel networks of bone structure*, „Applied Physics Letters” 2006, nr 88, s. 1–3.

<sup>53</sup> G. Teresiński, *Medycyna sądowa*, t. 1, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2019, s. 190.

U dużych ssaków obecna jest też tkanka podporowa grubowłóknista. Tkanka taka występuje u człowieka w życiu płodowym, u dorosłego zaś w zapaleniu okostnej lub po urazie. Jeśli więc badany fragment tkanki kostnej nie jest pochodzenia neonatalnego ani nie ma cech urazu, to można wskazać, że jest on pochodzenia zwierzęcego. W niektórych przypadkach u dużych ssaków pośmiertnie tkanka grubowłóknista może ulegać degradacji, dlatego konieczne są dodatkowe metody identyfikacji<sup>54</sup>.

**Ryc. 1. Rekonstrukcja 3D czaszki psa z wielokulturowej osady Polwica-Skrzypnik na Dolnym Śląsku. Identyfikacja prawdopodobnego kostniakomieszaka teleangiektatycznego**

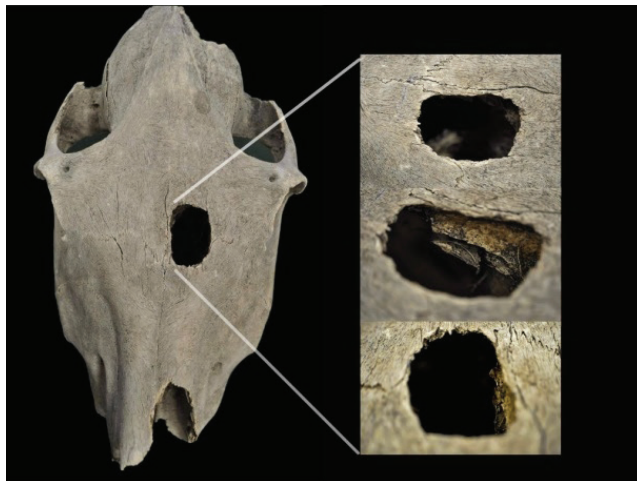


*Źródło:* Pracownia Archeozoologii i Muzeum Wzorcowe Katedry Biostruktury i Fizjologii Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

<sup>54</sup> H. Kobryń, F. Kobryńczuk, K. Krysiak, *Anatomia zwierząt*, t. 1, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2021, s. 246–514; C.M. Bagi, E. Berryman, Ch. Moalli, *Comparative bone anatomy of commonly used laboratory animals: Implications for drug discovery*, „Comparative Medicine” 2011, t. 61, nr 1, s. 76–85; S. Hillson, *Mammal Bones and Teeth. An Introductory Guide to Methods of Identification*, Routledge, New York 2016, s. 100–132.



**Ryc. 2. Uraz czaszki konia**



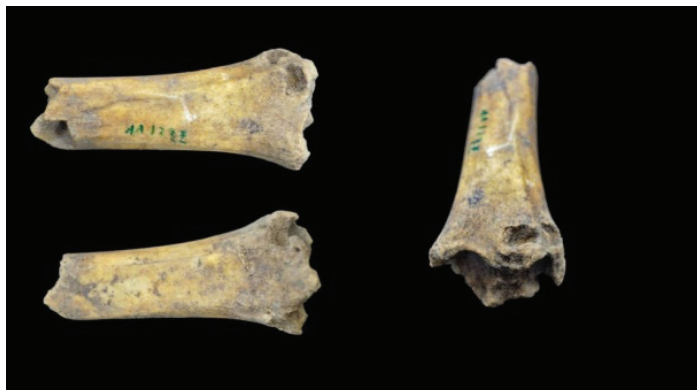
*Źródło:* eksponat dzięki uprzejmości prof. dr. hab. Daniela Makowieckiego.

**Ryc. 3. Zmiany gruźlicze kręgu**



*Źródło:* Pracownia Archeozoologii i Muzeum Wzorcowe Katedry Biostruktury i Fizjologii Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

#### Ryc. 4. Kości poddane analizie zooarcheologicznej



Źródło: Pracownia Archeozoologii i Muzeum Wzorcowe Katedry Biostruktury i Fizjologii Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

#### Ryc. 5. Ślad po rozdzielaniu żuchwy wskazujący na poddanie psa konsumpcji



Źródło: Pracownia Archeozoologii i Muzeum Wzorcowe Katedry Biostruktury i Fizjologii Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

#### Zaawansowane techniki i technologie diagnostyczne

W osteologii powszechnie wykorzystuje się diagnostykę radiologiczną<sup>55</sup> oraz zaawansowane techniki<sup>56</sup>, takie jak tomografia mikrokomputerowa.

<sup>55</sup> T. Kahana, J. Hiss, *Identification of human remains: Forensic radiology*, „Journal of Clinical Forensic Medicine” 1997, nr 4(1), s. 7–15.

<sup>56</sup> M.L. Hillier, L.S. Bell, op. cit., s. 249–263.

Pozwala ona oceniać parametry strukturalne kości korowych i gąbczastych oraz gęstość mineralną kości<sup>57</sup>. Metodę tę stosuje się w badaniach szkieletów zwierząt laboratoryjnych (takich jak myszy, szczury, króliki, psy i naczelne, poza człowiekiem), koncentrując się na okolicach głowy kości udowej, kręgow łędźwiowych i żuchwy. W badaniu charakteryzuje się liczbę beleczek, grubość i separację płytek kostnych. Największy rozwój technik identyfikacji szczątków zawdzięczamy jednak genetyce<sup>58</sup>.

Niektóre szczątki zwierząt wskazują na poddawanie kości obróbce oraz wykorzystanie ich jako narzędzi, a zatem przedmiotów stworzonych przez człowieka. W odróżnianiu kości od innych materiałów ma zastosowanie spektroskopia rentgenowska (EDX) i skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM)<sup>59</sup>. Indykatorem kości jest wapń, a jego poziom może wskazywać na pochodzenie tkanki (np. z kości słoniowej czy koralowców i minerałów, które są częstym przedmiotem przemytu)<sup>60</sup>.

Specjalnych metod identyfikacji wymagają spalone próbki kości. Są one poddawane szlifowaniu i badaniu mikroskopowemu z użyciem światła spolaryzowanego. Wykorzystuje się w tym celu chemiczną analizę pasm absorpcyjnych hydroksyapatytu (dla liczb falowych jonów  $PO_4^{3-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $-CO-NH$  i  $OH^-$ ), które definiują gatunek i wiek kości. Ponadto pochodzenie kości można ustalać na podstawie polimorfizmu DNA, co stosuje się zwykle w przypadku zębów i ich pozostałości. Badania DNA stanowią „złoty standard” dla identyfikacji ofiar zdarzeń masowych w protokole Interpolu. Umożliwiają one rozpoznawanie nawet stuletnich szczątków. Zakres badań obejmuje analizę STR (*short tandem repeats*) i mitochondrialnego DNA (mtDNA) z wykorzystaniem PCR (*polymerase chain reaction*)<sup>61</sup>. Próbkę do takich badań może stanowić też treść przewodu pokarmowego stawo-

<sup>57</sup> K.L. Colman i in., *The geometrical precision of virtual bone models derived from clinical computed tomography data for forensic anthropology*, „International Journal of Legal Medicine” 2017, nr 131(4), s. 1155–1163.

<sup>58</sup> B. Budowle, A. van Daal, *Extracting evidence from forensic DNA analyses: Future molecular biology directions*, „BioTechniques”, 2018, nr 46(5), s. 339–347.

<sup>59</sup> S. Ellingham, T.J.U. Thompson, M. Islam, *Scanning Electron Microscopy-Energy-Dispersive X-Ray (SEM/EDX): A rapid diagnostic tool to aid the identification of burnt bone and contested remains*, „Journal of Forensic Sciences” 2017, t. 63(2), s. 504–510.

<sup>60</sup> J.B. Ledoux i in., *Molecular forensics into the sea: How molecular markers can help to struggle against poaching and illegal trade in precious corals?*, „The Cnidaria, Past, Present and Future” 2016, nr 45, s. 729–745; D.H. Ubelaker i in., op. cit., s. 940–943.

<sup>61</sup> D. Higgins, J.J. Austin, *Teeth as a source of DNA for forensic identification of human remains: A review*, „Science & Justice” 2013, t. 53(4), s. 433–441; M.E. Newman i in., *Identification of archaeological animal bone by PCR/DNA analysis*, „Journal of Archaeological Science” 2002, t. 29(1), s. 77–84; S. Lutz, H.-J. Weisser, J. Heizmann, S. Pollak, *mtDNA as a tool for identification of human remains*, „International Journal of Legal Medicine” 1996, nr 109, s. 205–209.

nogów bytujących w obecności starych kości lub tkanek o silnym stopniu rozkładu. Zaleca się stosowanie w tym celu tzw. DNA barcodingu – testów paskowego DNA wg Herberta<sup>62</sup>. Dane molekularne mają niską zmienność wewnątrzgatunkową i wysoką zmienność międzygatunkową; kluczowe w ocenie gatunku są fragmenty CO1 (pierwszej podjednostki oksydazy cytochromowej o długości 650 nukleotydów). Są one katalogowane w biobankach, a cały proces określa się jako „metkowanie gatunków”.

### **Interdyscyplinarność metod osteologii sądowej na filarach archeozoologii**

Badania archeologiczne pozwalają na odkrycie śladów powstałych na przestrzeni dziejów, dostarczając wielu informacji na temat życia człowieka, jego obrzędowości oraz życia zwierząt<sup>63</sup>. Stąd w antropologii wyłoniły się nurty antropologii fizycznej i kulturowej; etnografia i etnologia<sup>64</sup>, a w zoologii – paleontologia i archeozoologia<sup>65</sup>. W ich ramach można wyodrębnić kilka szczegółowych gałęzi: badanie śladów na kościach zwierzęcych – tafonomię i badanie zmian patologicznych w tkankach kostnych – paleopatologię. W zależności od gatunku koncentrują się one na analizie szczątków ryb, mięczaków, płazów, ssaków, ptaków oraz materiałów pochodzenia zwierzęcego w przedmiotach codziennego użytku i obiektach sztuki. Całość badań szczątków zwierzęcych na stanowiskach archeologicznych określa się mianem analizy faunalnej<sup>66</sup>. Stosowane metody badawcze śladów dawnych są wypadkową kierunku rozwoju wielu dyscyplin i służą terażniejszości. Wspierają się one wzajemnie i obejmują takie techniki jak chromatografia pozostałości substancji organicznych oraz badania metalograficzne. Nauki sądowe, w tym medycyna sądowa i weterynaria sądowa, znacząco rozwinęły się wraz z osiągnięciami kryminalistyki. Wiele technik identyfikacji kości

<sup>62</sup> K. Siemienkiewicz, *Entomologia sądowa*, w: B.A. Nowak, M. Maciąg (red.), *Przegląd badań z zakresu kryminalistyki i medycyny sądowej*, Wydawnictwo Naukowe Tygiel, Lublin 2017, s. 79–98.

<sup>63</sup> R.L. Schuyler, *Archaeological remains, documents, and anthropology: A call for a new culture history*, „Historical Archaeology” 1988, t. 22, s. 36–42; M. Mullin, *Animals and anthropology*, „Society & Animals” 2002, nr 10(4), s. 388–391.

<sup>64</sup> M. Mead, *Visual anthropology in a discipline of words*, w: P. Hockings (red.), *Principles of Visual Anthropology*, Mouton de Gruyter, Berlin–New York 2003, s. 32–33.

<sup>65</sup> S. Wolverton, R. Lee Lyman, *Introduction to applied zooarchaeology*, w: eidem (red.), *Conservation Biology and Applied Zooarchaeology*, University of Arizona Press, Tucson 2012, s. 1–17.

<sup>66</sup> P.E. McGovern i in., *Science in archaeology: A review*, „American Journal of Archaeology” 1995, t. 99, nr 1, s. 79–142.

pochodzi ponadto z archeologii<sup>67</sup>. Współczesna kryminalistyka ustępuje nawet starszej archeologii pod względem ujawniania śladów, stąd powstałe w jej ramach adaptacje metodologiczne<sup>68</sup>, które można zaobserwować w badaniach szczątków ludzkich i faunalnych już na etapie oględzin. W szerszym kontekście archeologiczna analiza przeszłości wpływa na zrozumienie teraźniejszości i przyszłości rozmieszczenia gatunków oraz następującego procesu ich wymierania.

Archeologia sądowa dostarcza dowody fizyczne do celów procesowych<sup>69</sup>. Stanowisko archeologiczne jest najpierw lokalizowane, a następnie mapowane. Postępowanie odbywa się na trzech głównych etapach: rozpoznania, wykopaliska i badań szczegółowych<sup>70</sup>. Głównym celem jest opisanie materiału, jego klasyfikacja (w tym badanie zmian pośmiertnych, traumatyzacji kości) – analiza płci, wieku, rasy i wzrostu<sup>71</sup>. Odkryte szczątki są dostarczane do zakładów medycyny sądowej, zakładów anatomii, biostruktury i fizjologii bądź pracowni genetycznych. Całe postępowanie może wymagać zaczerpięcia specjalistycznej wiedzy z kilku dziedzin, pracy zespołu badaczy lub ekspertyzy biegłych. Konieczność sporządzenia kilku analiz w odrębnych laboratoriach może dawać gwarancję autentyczności wyniku. Ma to zastosowanie w badaniach molekularnych wiekowych próbek sięgających czasów starożytnych. W ten sposób unika się wpływu zanieczyszczeń laboratoryjnych na ogólny wynik badań DNA. Próbką kontrolną zawiera materiał genetyczny zwierząt, co pozwala wykonać test na obecność zanieczyszczającego ludzkiego DNA<sup>72</sup>. Bardzo łatwo dochodzi do kontaminacji takich próbek, dlatego jednostki, które prowadziły takie badania, wdrażały skomplikowane protokoły, a nawet budowały nowe laboratoria specjalnie w tym celu. Dużej interdyscyplinarności wymagają także badania szczątków uległych spopieleniu. Odzyskuje się z nich pozostałości po spopieleniu; przeprowadza badania DNA oraz analizę termogravimetryczną (*TGA – Thermal Gravimetric Analysis*)<sup>73</sup>.

<sup>67</sup> B. Sigler-Eisenberg, *Forensic research: Expanding the concept of applied archaeology*, „American Antiquity” 1985, t. 50(3), s. 650–655; M. Hrehorowicz, op. cit.

<sup>68</sup> P. Bahn (red.), *Historia archeologii*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2019, s. 520–530.

<sup>69</sup> M. Obledo, *Forensic archaeology in criminal and civil cases*, „Forensic Magazine” 2009, t. 6(4), s. 31–34.

<sup>70</sup> B. Sigler-Eisenberg, op. cit., s. 650–655.

<sup>71</sup> M. Richards, B. Sykes, *Authenticating DNA extracted from ancient skeletal remains*, „Journal of Archaeological Science” 1995, t. 22(2), s. 291–299.

<sup>72</sup> W. Parson i in., *Species identification by means of the cytochrome b gene*, „International Journal of Legal Medicine” 2000, nr 114, s. 23–28.

<sup>73</sup> D. Ubelaker, op. cit., s. 1–5.

Odtwarzanie informacji z próbek kostnych bez wglądu w ich strukturę morfologiczną jest możliwe dzięki „kolagenowemu odciskowi palca” ZooMS<sup>74</sup>. Jest to molekularny „kod kreskowy” definiowany strukturą kolagenu. Metoda ta oferuje wysoki poziom trafności rozpoznania gatunku<sup>75</sup>.

Tradycyjnymi metodami archeologicznymi są badania: odkrywkowe oraz powierzchniowe (w praktyce łączone). Dużą rolę w datowaniu znalezisk i artefaktów odegrała jednak metoda radiowęglowa. Analiza izotopowa szczątków ludzi i zwierząt wymaga specjalistycznej wiedzy. Niektóre z pozostałości zwierzęcych są niezwykle małe, dlatego wydobywa się je poprzez flotację parafinową, oceniając następnie ślady mikroskopowo, by oddzielić je od artefaktów. Drogę do poznania otworzył w tym zakresie rozwój chemii analitycznej. Badanie izotopowe dostarcza wielu informacji, np. dotyczących korelacji badanego materiału i żyjących potomków (zarówno u ludzi, jak i zwierząt). Stabilność poszczególnych izotopów pierwiastków w środowisku daje wgląd w sposób odżywiania się organizmów. Na podstawie izotopów strontu z zębów i kości można prześledzić migracje populacji. Były one bowiem oznaczane w odzieży ludzi z epoki kamienia – futrze niedźwiedzim oraz skórze koziej, jeleniej i cielęcej. Elementy skórzane szczególnie dobrze zachowują się w glebach bagiennych. Kwaśny odczyn pH torfowisk i podwyższona zawartość kwasu taninowego (naturalny garbnik) wywołuje stopniową eliminację wapnia i wiązanie azotu w tkankach, hamując przy tym namnażanie się bakterii<sup>76</sup>.

Archeologia daje duży wgląd w historię życia zwierząt (ryc. 1–5). Cechy udomowienia niektórych gatunków podlegają sukcesji, co uwidacznia się w adaptacjach morfologicznych. Podczas procesu domestykacji szkielet może się zmniejszać (co zaobserwowano u bydła, świń, kóz i owiec) lub zwiększać (u kur, gęsi i kaczek oraz koni). Mając tę świadomość, prawidłowo odtworzono cechy metryczne tura. Zmierzone długość kości oraz obwodu mózdzienia i opracowano współczynniki dające możliwość rekonstrukcji statystycznej wysokości w kłębie innych zwierząt tego pokroju. Następstwem tego jest możliwość identyfikacji płci, wieku i użytkowości<sup>77</sup>.

<sup>74</sup> F. Welker i in., *Using ZooMS to identify fragmentary bone from the Late Middle/Early Upper Palaeolithic sequence of Les Cottés, France*, „Journal of Archaeological Science” 2015, t. 54, s. 279–286.

<sup>75</sup> K.K. Richter i in., op. cit., s. 1502–1510; M. Buckley, op. cit., s. 227–247.

<sup>76</sup> E. Tomaszewska i in., op. cit., s. 131–141; B.B. Dent, S.L. Forbes, B.H. Stuart, *Review of human decomposition process in soil*, „Environmental Geology” 2004, nr 45, s. 576–585.

<sup>77</sup> A. Lasota-Moskalewska, *Zwierzęta udomowione w dziejach ludzkości*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2005, s. 32–33.

Kości zwierząt pozwalają badać fakty historyczne dotyczące miejsc, relacji międzyludzkich i międzygatunkowych<sup>78</sup>, aspektów kulturowych i religijnych<sup>79</sup>. Dzięki nim można prześledzić historię epidemii o charakterze zoonotycznym, ujawnić różne sposoby zabijania i wykorzystywania zwierząt, a nawet znęcania się nad nimi, techniki poskramiania i chwytania oraz stosowania pułapek, które pozostawiają widoczne ślady na kościach kończyn i żuchwie<sup>80</sup>. Patomorfologia zmian wstecznych pozwala oceniać ich przyżyciowy lub pośmiertny charakter; orzec, czy powstały w młodym, dorosłym czy podeszłym wieku<sup>81</sup>.

W porównaniu z szybko rozkładającymi się tkankami miękkimi kości zachowują swoją strukturę długo po śmierci, zapewniając dużą trwałość śladów<sup>82</sup>. Dzięki temu wiadomo m.in., że złożenie całych zwłok zwierzęcia w grobie mogło mieć znaczenie rytualne. Pochówek podobny do tego przyśługującego człowiekowi zapewniano koniom, rzadziej psom. Większość szczątków zwierząt pozyskanych z wykopalisk archeologicznych to resztki jedzenia ułożone z dala od miejsca przygotowywania i konsumpcji pokarmu przez człowieka. O konsumpcji mięsa świadczą ślady rozbioru i obróbki tusz z charakterystycznymi wcięciami będącymi konsekwencją użycia ostrych narzędzi i odrywania mięsa. Niektóre podobne zmiany mogą powstać na skutek obecności w materiale bakterii, owadów i wzrostu systemów korzeniowych roślin<sup>83</sup>. Metodyka wykopaliskowa weterynarii sądowej została dobrze opisana podczas prac przy wykopie IIIF na Ostrowie Tumskim we Wrocławiu. Na stanowisku najpierw należy oznaczyć TNF (*total number of fragments*) – globalną liczbę szczątków, datować poszczególne egzemplarze i dokonać identyfikacji gatunkowej i anatomicznej – NISP (*numer of identified species*). W dalszej kolejności wykonuje się badania osteometryczne według metodyki Angeli von den Driesch. Przedstawione dane porównuje się z dostępną literaturą. Wykonane pomiary metryczne już na tym etapie mogą umożliwić określenie płci. W przypadku bydła i psów oblicza się to na podstawie długości kości długich (śródręcza i śródstopia, kości pęciny)

<sup>78</sup> J. Stojak, *Kości z potencjałem – co możemy wyczytać ze szczątków zwierząt?*, „Archeologia” 2018, nr 10.

<sup>79</sup> W.L. Kemp, *Postmortem change and its effect on evaluation of fractures*, „Academic Forensic Pathology” 2016, nr 6(1), s. 28–44.

<sup>80</sup> L. Bartosiewicz, E. Gál, *Shuffling Nags, Lame Ducks: The Archaeology of Animal Disease*, Oxbow Books, Oxford 2013, s. 19–31.

<sup>81</sup> Ibidem, s. 1–17.

<sup>82</sup> A.A. Vass, *Beyond the grave – understanding human decomposition*, „Microbiology Today” 2001, t. 28, s. 190–192.

<sup>83</sup> M. Schultz, *Paleopathology of bone: A new approach to the study of ancient diseases*, „Yearbook of Physical Anthropology” 2001, t. 44, s. 106–147.

metodą Boessnecka, Całkina i Koudelki; wysokość w kłębie koni ustala się na podstawie długości metapodium. U trzody chlewnej wykorzystuje się rachunek Teicherta. Oznaczenie wysokości w kłębie owiec i kóz możliwe jest zaś dzięki współczynnikom Haaka, Schramm i Koudelki. Oceny wieku zwierząt w chwili śmierci dokonuje się na podstawie stopnia zamknięcia chrząstek nasadowych kości długich i różnokształtnych oraz cech uzębienia. Te wszystkie dane mogą sugerować już typ użytkowy zwierzęcia. Poza zwierzętami gospodarskimi i towarzyszącymi na obszarze miast odnaleziono liczne szczątki zwierząt dziko żyjących i ryb<sup>84</sup>. Szczątki zwierzęce były głównym przedmiotem zainteresowania także na innych stanowiskach, np. Çatalhöyük w centralnej Turcji<sup>85</sup>.

Różnicowanie gatunku pochodzenia materiału biologicznego jest równie istotne w ekspertyzie dzieł sztuki. Bywa ono zlecane przez konserwatorów zabytków lub koneserów, chcących potwierdzić autentyczność dzieła, bądź przez organy ścigania, w celu oceny dowodu z przestępstwa. W Dobrzemiu Wielkim odtwarzano np. klawiaturę manualów w organach kościelnych za pomocą konkretnego gatunku kości wołowej<sup>86</sup>. Produkty odzwierzęce występują w sztuce w postaci barwników, skóry, moczu, nici jedwabnych, wosku, kleju, białka jaja i innych<sup>87</sup>. Do wytwarzania niektórych „dzieł sztuki” używano też ludzkich szczątków. Ilse Koch (niemiecka nadzorczyń z SS) odpowiedziała przed państwowym trybunałem bawarskim m.in. za zlecenie zabijania więźniów z obozu Buchenwald i pozyskiwania ich wytatuowanej skóry w celu przerobu na abażury i torebki<sup>88</sup>. Amerykański psychopata Ed Gein, zainspirowany literaturą opisującą eksperymenty przeprowadzane w nazistowskich obozach śmierci, wykopywał zwłoki z cmentarzy, a po-

<sup>84</sup> U. Albarella, „The mystery of husbandry”: *Medieval animals and the problem of integrating historical and archaeological evidence*, „Antiquity” 2015, t. 73(282), s. 867–875; A. Chrószcz i in., *Analiza archeozoologiczna szczątków kostnych z wykopu IIIF przy ul. św. Idziego na Ostrowie Tumskim we Wrocławiu*, w: A. Limisiewicz, A. Pankiewicz (red.), *In Pago Silensi. Wrocławskie Studia Wczesnośredniowieczne*, t. 1: *Kształtowanie się grodu na wrocławskim Ostrowie Tumskim. Badania przy ul. św. Idziego*, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław 2015, s. 421–452.

<sup>85</sup> N. Russell, S. Meece, *Animal representations and animals remains at Çatalhöyük*, w: I. Hodder (red.), *Çatalhöyük Perspectives: Reports From The 1995–99 Seasons*, t. 6, British Institute at Ankara, Cambridge–London 2005, s. 209–230.

<sup>86</sup> E. Molak i in (red.), *Opolski informator konserwatorski*, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków w Opolu, Opole 2012.

<sup>87</sup> M.P. Colombini, F. Modugno, *Organic materials in art and archaeology*, w: eidem (red.), *Organic Mass Spectrometry in Art and Archaeology*, Wiley, Chichester 2009, s. 4–35.

<sup>88</sup> P. Pindel, *Zniewolenie osadzonych w obozie koncentracyjnym Buchenwald – wykorzystywanie ludzi na własny użytek przez Ilse Koch*, „Roczniki Studenckie Akademii Wojsk Lądowych” 2017, R. 1.



zyskaną ludzką skórą tapicerował meble i szył z niej kamizelki<sup>89</sup>. Ocena takich śladów może być podstawą postępowań w sprawach o kanibalizm<sup>90</sup>, zbeczeszczenie zwłok<sup>91</sup> czy w procesie ekshumacyjnym<sup>92</sup>.

Ciekawym aspektem jest też wykorzystanie samych zwierząt do badań. Wytrenowane psy mogą specjalizować się w wykrywaniu szczątków ludzkich (*HRD – Human Remains Detection dogs*). Na podstawie wzorców węchowych są one w stanie wskazywać ich lokalizację oraz odróżniać szczątki zwierząt od ludzkich<sup>93</sup>.

### Podsumowanie

Różnicowanie kości ludzkich i zwierzęcych to złożony proces, który może wymagać specjalistycznej metodologii, zwłaszcza gdy materiał jest znacznie zniszczony, fragmentaryczny lub spopielony. Proces ten zaczyna się od oględzin na miejscu znalezienia materiału kostnego, gdzie ocenia się położenie i głębokość osadzenia kości w ziemi. Chociaż tkanka kostna może mieć pewne charakterystyczne cechy gatunkowe, ogólnie rzecz biorąc, jest mało zróżnicowana morfologicznie. Jej zaletą jest wolny proces degradacji oraz dostępność wielu informacji wynikających z analizy struktury makro- i mikroanatomicznej oraz biochemicznej.

W procesie różnicowania kości względem gatunku kluczowe jest posiadanie wiedzy z zakresu anatomii porównawczej, uwzględniającej wszystkie kości układu szkieletowego i ich ewentualne adaptacje. Równie istotne jest uwzględnienie możliwych zmian patologicznych i znajomość zastosowań klinicznych nowych inżynierii tkankowych, co wskazuje na przydatność współpracy ze specjalistą w dziedzinie medycyny podczas identyfikacji. Ludzkie kości zazwyczaj mają bardziej porowatą strukturę kory oraz wyraźnie zaznaczone beleczki trzonu. Charakterystyczną cechą człowieka jest większa niż u zwierząt mózgowca, rozbudowany dipol kości czaszki, żuchwa o kształcie litery U, a także zamknięty łuk zębowy. Kręgosłup osiowy cechuje obecność kręgów o podwójnych osiach orientacji, a żebra

<sup>89</sup> A. Gawliński, *Nekrofilia jako problem interdyscyplinarny*, „Studia Prawnoustrojowe” 2016, nr 34, s. 25–28.

<sup>90</sup> W. Hurley, *A retrospective on the Four Corners Archeological Program*, „CRM” 2000, nr 1.

<sup>91</sup> D. Bouquin, J.P. Beauthier, G. Depierre, *The dead do not dress: Contribution of forensic anthropology experiments to burial practices analysis*, HAL SHS Science Humaines et Sociales, 2013, s. 1–16.

<sup>92</sup> K.C. Crouch, *Dealing with the dead: Understanding professional relations between archaeologists and human remains*, University of Manchester. School of Arts, Languages and Cultures, PhD thesis, 2017, s. 22–84.

<sup>93</sup> B.A. Michael i in., op. cit.

wykazują wyraźne zakrzywienie. Kości zwierząt charakteryzuje znaczne zróżnicowanie, co może uwidaczniać się nawet w obrębie ras.

Do identyfikacji wykorzystuje się różnorodne techniki diagnostyczne, takie jak radiografia i tomografia komputerowa, które nie wywołują straty materiału badawczego, jak również te, które mogą wymagać zużycia fragmentu kości, obejmujące badania histologiczne oraz analizy biochemiczne i genetyczne. Dane molekularne mają wysoką zmienność międzygatunkową, uwzględnia się je w „złotym standardzie” badań szczątków o dużej wartości historycznej i spopielynych kości.

Archeologia jest źródłem cennej metodyki, przyczyniając się do lepszego zrozumienia zarówno teraźniejszości, jak i przeszłości. Analiza historycznych śladów działalności człowieka i zwierząt, oparta na badaniach szczątków kostnych, dostarczyła dowodów na różne aspekty, w tym znęcanie się lub celowe zaniechanie zwierząt. W miarę ewolucji przepisów prawnych dotyczących relacji między człowiekiem a zwierzętami rośnie potrzeba syntetyzowania tej wiedzy. Dlatego szczególnie w dziedzinie weterynarii sądowej istnieje konieczność zwiększenia zainteresowania tą tematyką. Pomimo znacznego postępu w technikach identyfikacji gatunków, takich jak spektroskopia rentgenowska, mikroskopia elektronowa czy analiza PCR, publikacje dotyczące identyfikacji szczątków są nadal rzadkie. Warto także zwrócić uwagę na rosnącą potrzebę tworzenia biobanków tkanki kostnej pozyskiwanej od różnych gatunków zwierząt w celach porównawczych.

## Bibliografia

### Literatura

- Adam Smith N., Clarke J.A., *Osteological histology of the Pan-Alcidae (Aves, Charadriiformes): Correlates of wing-propelled diving and flightlessness*, „The Anatomical Record” 2013, t. 297(2).
- Albarella U., „*The mystery of husbandry*”: *Medieval animals and the problem of integrating historical and archaeological evidence*, „Antiquity” 2015, t. 73(282).
- Ata-Ali J., Ata-Ali F., *Forensic dentistry in human identification: A review of the literature*, „Journal of Clinical and Experimental Dentistry” 2014, t. 6(2).
- Bagi C.M., Berryman E., Moalli Ch., *Comparative bone anatomy of commonly used laboratory animals: Implications for drug discovery*, „Comparative Medicine” 2011, t. 61, nr 1.
- Bahn P. (red.), *Historia archeologii*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2019.

- Bartosiewicz L., Gàl E., *Shuffling Nags, Lamé Ducks: The Archaeology of Animal Disease*, Oxbow Books, Oxford 2013.
- Bednarek J., *Metody oceny wieku w chwili śmierci w oparciu o histomorfometrię istoty zbitej tkanki kostnej*, „Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii” 2008, nr 4(58).
- Bouquin D., Beauthier J.P., Depierre G., *The dead do not dress: Contribution of forensic anthropology experiments to burial practices analysis*, HAL SHS Science Humaines et Sociales, 2013.
- Bourne G., *The Biochemistry and Physiology of Bone*, t. 1, Academic Press, New York 1972.
- Briggs Ch., *Is it human? Identifiers that distinguish animal skeletal remains from human*, „Pathology” 2010, t. 42.
- Buckley M., *Zooarchaeology by mass spectrometry (ZooMS) collagen fingerprinting for the species identification of archeological bone fragments*, w: Ch.M. Giovas, M.J. LeFebvre (red.), *Zooarchaeology in Practice*, Springer, New York 2017.
- Budowle B., van Daal A., *Extracting evidence from forensic DNA analyses: Future molecular biology directions*, „BioTechniques” 2018, nr 46(5).
- Budras K. i in., *Anatomy of the Horse: An Illustrated Text*, Schlütersche, Hannover 2003.
- Budras K.D., Habel R., *Bovine Anatomy*, Schlütersche, Hannover 2011.
- Carrano M., O'Connor P., *Bird's-eye view*, „Natural History” 2005, nr 114(4).
- Charuta A., Bartyzel J., *Morfologia i morfometria kości obręczy i odcinka nasadowego kończyny piersiowej kaczki domowej*, „Medycyna Weterynaryjna” 2005, t. 61, nr 7.
- Christensen A. i in., *Forensic fractography of bone. A new approach to skeletal trauma analysis*, „Forensic Anthropology” 2018, t. 1(1).
- Christensen A. i in., *Forensic Anthropology, Current Methods and Practice*, wyd. 2, Academic Press, London 2019.
- Chrószcz A. i in., *Analiza archeozoologiczna szczątków kostnych z wykopu IIIF przy ul. św. Idziego na Ostrowie Tumskim we Wrocławiu*, w: A. Limisiewicz, A. Pankiewicz (red.), *In Pago Silensi. Wrocławskie Studia Wczesnośredniowieczne*, t. 1: *Kształtowanie się grodu na wrocławskim Ostrowie Tumskim. Badania przy ul. św. Idziego*, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław 2015.
- Colman K.L. i in., *The geometrical precision of virtual bone models derived from clinical computed tomography data for forensic anthropology*, „International Journal of Legal Medicine” 2017, nr 131(4).

- Colombini M.P., Modugno F., *Organic materials in art and archaeology*, w: eidem (red.), *Organic Mass Spectrometry in Art and Archaeology*, Wiley, Chichester 2009.
- Cooper J., Cooper M., *Forensic veterinary medicine: A rapidly evolving discipline*, „Forensic Science, Medicine and Pathology” 2008, nr 4.
- Crouch K.C., *Dealing with the dead: Understanding professional relations between archaeologists and human remains*, University of Manchester. School of Arts, Languages and Cultures, PhD thesis, 2017.
- Crowder C. i in., *Bone histology as an integrated tool in the process of human identification*, w: K.E. Latham i in. (red.), *New Perspectives in Forensic Human Skeletal Identification*, Elsevier, London–San Diego 2018.
- Crowder C., Stout S. (red.), *Bone Histology: An Anthropological Perspective*, CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton 2012.
- Cubo J., Casinos A., *Incidence and mechanical significance of pneumatization in the long bones of birds*, „Zoological Journal of the Linnean Society” 2008, t. 130(4).
- Demarais S., Strickland B., *Antlers*, w: D.G. Hewitt (red.), *Biology and Management of White-tailed Deer*, CRC Press, Boca Raton 2011.
- Dent B.B., Forbes S.L., Stuart B.H., *Review of human decomposition process in soil*, „Environmental Geology” 2004, nr 45.
- Diedrich C.J., *Pathologic historic mining horses from central Europe*, „Journal of Pathology and Disease Biology” 2017, nr 1 (wyd. specjalne).
- Dragoi G. i in., *Histomorphometric evaluation of osteons inside the compacta of long bones diaphysis. Implication in pathology*, „Romania Journal of Legal Medicine” 2014, t. XXII, nr 1.
- Dudzic M., Bosek L., Wróbel W., *Prawne podstawy stwierdzenia śmierci*, n.d.
- Dyce K. i in., *Anatomia weterynaryjna*, Elsevier, Wrocław 2019.
- Ellingham S., Thompson T.J.U., Islam M., *Scanning Electron Microscopy-Energy-Dispersive X-Ray (SEM/EDX): A rapid diagnostic tool to aid the identification of burnt bone and contested remains*, „Journal of Forensic Sciences” 2017, t. 63(2).
- Fontoura Costa L., Palhares Viana M., Beletti M.E., *Complex channel networks of bone structure*, „Applied Physics Letters” 2006, nr 88.
- Forbes S., *Decomposition Chemistry in Burial Environment*, CRC Press, Boca Raton 2008.
- France D., *Human and Nonhuman Bone Identification. A Color Atlas*, CRC Press, Boca Raton 2009.
- Gardocki L., Gardocka T., Majewski Ł., *Prawo karne międzynarodowe. Zarys systemu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017.

- Gawliński A., *Nekrofilia jako problem interdyscyplinarny*, „Studia Prawno-oustrojowe” 2016, nr 34.
- Hazel E., Taylor M., *An Atlas of Cat Anatomy*, The University of Chicago Press, Chicago 1969.
- Higgins D., Austin J.J., *Teeth as a source of DNA for forensic identification of human remains: A review*, „Science & Justice” 2013, t. 53(4).
- Hillier M.L., Bell L.S., *Differentiating human bone from animal bone: A review of histological methods*, „Journal of Forensic Sciences” 2007, nr 52(2).
- Hillson S., *Mammal Bones and Teeth. An Introductory Guide to Methods of Identification*, Routledge, New York 2016.
- Hołyst B., *Kryminalistyka*, Wolters Kluwer, Warszawa 2018.
- Hrehorowicz M., *Archeologia sądowa – już kryminalistyka czy jeszcze archeologia?*, Krajowa Szkoła Sądownictwa i Prokuratury 2018, z. 1(29).
- Hunziker E., *Mechanism of longitudinal bone growth and its regulation by growth plate chondrocytes*, „Microscopy Research & Technique” 1994, nr 28(6).
- Hurley W., *A retrospective on the Four Corners Archeological Program*, „CRM” 2000, nr 1.
- Jaffe H., *The structure of bone: with particular reference to its fibrillar nature and the relation of function to internal architecture*, „The Archives of Surgery” 1929, t. 19(1).
- James T., *Anatomy of the sinus node, AV node and os cordis of the beef heart*, „The Anatomical Record” 1965, nr 153(4).
- Jennbert K., *Animal graves: Dog, horse and bear*, „Current Swedish Archaeology” 2003, nr 11.
- Kaczmarek B., Werner E., *Soil pollution with heavy metals from the mass graves from I and II World War in Poland*, 15th International Conference on Environmental Science and Technology, CEST, Greece, 2017.
- Kahana T., Hiss J., *Identification of human remains: Forensic radiology*, „Journal of Clinical Forensic Medicine” 1997, nr 4(1).
- Kała M., *Ekspertyza sądowa*, wyd. 3, Wolters Kluwer, Warszawa 2017.
- Kardong K.V., *Vertebrates: Comparative Anatomy, Function, Evolution*, McGraw-Hill Education, New York 1994.
- Kemp W.L., *Postmortem change and its effect on evaluation of fractures*, „Academic Forensic Pathology” 2016, nr 6(1).
- Kobryń H., Kobryńczuk F., Krysiak K., *Anatomia zwierząt*, t. 1, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2021.
- Królikowski M., Zawłocki R., *Prawo karne*, wyd. 3, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2018.

- Kulej M. i in., *Micromorphological assessment of bone tissue remodeling in various hip degeneration conditions*, „Advances in Clinical and Experimental Medicine” 2020, nr 29(1).
- La Rosa G. i in., *Emerging and potentially emerging viruses in water environments*, „Annali dell’Istituto Superiore di Sanità” 2012, t. 48, nr 4.
- Langley-Hobbs S., Straw M., *The feline humerus. An anatomical study with relevance to external skeleton fixator and intramedullary pin placement*, „Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology” 2005, nr 18(1).
- Lasota-Moskalewska A., *Zwierzęta udomowione w dziejach ludzkości*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2005.
- Ledoux J.B. i in., *Molecular forensics into the sea: How molecular markers can help to struggle against poaching and illegal trade in precious corals?*, „The Cnidaria, Past, Present and Future” 2016, nr 45.
- Lippert H., *Anatomie kompakt*, Springer-Lehrbuch, 1994.
- Longacre W., *Archaeology as Anthropology: A Case Study*, University of Arizona Press, Tucson 1970.
- Lów P., *Atlas of Animal Anatomy and Histology*, Springer, Cham 2016.
- Lutz S., Weisser H.-J., Heizmann J., Pollak S., *mtDNA as a tool for identification of human remains*, „International Journal of Legal Medicine” 1996, nr 109.
- McGovern P.E. i in., *Science in archaeology: A review*, „American Journal of Archaeology” 1995, t. 99, nr 1.
- Mead M., *Visual anthropology in a discipline of words*, w: P. Hockings (red.), *Principles of Visual Anthropology*, Mouton de Gruyter, Berlin–New York 2003.
- Meister W., *Histological structure of the long bones of penguins. The anatomical record*, „Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology” 1962, t. 143(4).
- Michael B.A. i in., *The effects of soil texture on the ability of human remains detection dogs to detect buried human remains*, „Journal of Forensic Sciences” 2016, t. 63(3).
- Misk N. i in., *Os penis in dogs*, „Assiut Veterinary Medical Journal” 1996, t. 35(69).
- Mnich B., *Ocena wieku osobnika na podstawie badań histomorfometrycznych kości*, praca magisterska, Repozytorium Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2014.
- Molak E. i in. (red.), *Opolski informator konserwatorski*, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków w Opolu, Opole 2012.

- Mullin M., *Animals and anthropology*, „Society & Animals” 2002, nr 10(4).
- Nasoori A., *Formation, structure, and function of extra-skeletal bones in mammals*, „Biological Reviews” 2020, nr 95(4).
- Neckel A. i in., *Environmental damage and public health threat caused by cemeteries: A proposal of ideal cemeteries for the growing urban sprawl*, „Revista Brasileira de Gestão Urbana” 2017, nr 9.
- Newman M.E. i in., *Identification of archaeological animal bone by PCR/DNA analysis*, „Journal of Archaeological Science” 2002, t. 29(1).
- Obledo M., *Forensic archaeology in criminal and civil cases*, „Forensic Magazine” 2009, t. 6(4).
- Parson W. i in., *Species identification by means of the cytochrome b gene*, „International Journal of Legal Medicine” 2000, nr 114.
- Pawlaczyk-Szpilowa M., *Jakość zdrowotna wody przeznaczonej do picia*, „Ochrona Środowiska” 1993, nr 3(50).
- Pindel P., *Zniewolenie osadzonych w obozie koncentracyjnym Buchenwald – wykorzystywanie ludzi na własny użytek przez Ilse Koch*, „Roczniki Studenckie Akademii Wojsk Lądowych” 2017, R. 1.
- Pluskowski A i in., *Potential osteoarchaeological evidence for riding and the military use of horses at Malbork Castle, Poland*, „International Journal of Osteoarchaeology” 2009, nr 20(3).
- Recker R. i in., *Issues in modern bone histomorphometry*, „Bone” 2011, t. 49.
- Rentsch C. i in., *Comprehensive histological evaluation of bone implants*, „Biomatter” 2014, t. 4.
- Richards M., Sykes B., *Authenticating DNA extracted from ancient skeletal remains*, „Journal of Archaeological Science” 1995, t. 22(2).
- Richter K.K. i in., *Fish’n chips: ZooMS peptide mass fingerprinting in a 96 well plate format to identify fish bone fragments*, „Journal of Archaeological Science” 2011, t. 38(7).
- Russell N., Meece S., *Animal representations and animals remains at Çatalhöyük*, w: I. Hodder (red.), *Çatalhöyük Perspectives: Reports From The 1995–99 Seasons*, t. 6, British Institute at Ankara, Cambridge–London 2005.
- Sawicki W., Malejczyk J., *Histologia*, wyd. 6, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2012.
- Scarano A., Iezzi G., Piattelli A., *Common fixatives in hard-tissue histology*, w: Yuehuei H. An, K.L. Martin (red.), *Handbook of Histology Methods for Bone and Cartilage*, Humana Press, Totowa, NJ 2003.
- Schmid E., *Atlas of Animal Bones*, Elsevier, Amsterdam–New York 1972.
- Schultz M., *Paleopathology of bone: A new approach to the study of ancient diseases*, „Yearbook of Physical Anthropology” 2001, t. 44.

- Schuyler R.L., *Archaeological remains, documents, and anthropology: A call for a new culture history*, „Historical Archaeology” 1988, t. 22.
- Siemienkiewicz K., *Entomologia sądowa*, w: B.A. Nowak, M. Maciąg (red.), *Przegląd badań z zakresu kryminalistyki i medycyny sądowej*, Wydawnictwo Naukowe Tygiel, Lublin 2017.
- Sigler-Eisenberg B., *Forensic research: Expanding the concept of applied archaeology*, „American Antiquity” 1985, t. 50, nr 3.
- Slack K.E. i in., *Early penguin fossils, plus mitochondrial genomes, calibrate avian evolution*, „Molecular Biology and Evolution” 2006, t. 23(6).
- Spillage C., *Horns and other bony structures of the skull of the giraffe, and their functional significance*, „African Journal of Ecology” 1968, t. 6(1).
- Stojak J., *Kości z potencjałem – co możemy wyczytać ze szczątków zwierząt?*, „Archeologia” 2018, nr 10.
- Sumner S.M. i in., *Os clitoris in dogs: 17 cases (2009–2017)*, „The Canadian Veterinary Journal” 2018, t. 59(6).
- Teresiński G., *Medycyna sądowa*, t. 1, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2019.
- Tomaszewska E. i in., *The effect of tannic acid on the bone tissue of adult male Wistar rats exposed to cadmium and lead*, „Experimental and Toxicologic Pathology” 2017, t. 69(3).
- Ubelaker D., *The forensic evaluation of burned skeletal remains: A synthesis*, „Forensic Science International” 2009, t. 183(1–3).
- Ubelaker D.H. i in., *The use of SEM/EDS analysis to distinguish dental and osseous tissue from other materials*, „Journal of Forensic Sciences” 2002, t. 47(5).
- Üçisik A.S., Rushbrook P., *The impact of cemeteries on the environment and public health – an introductory briefing*, WHO Regional Office for Europe, Health Documentation Services, EUR/ICP/EHNA 01 04 01(A), Copenhagen 1998.
- Vass A.A., *Beyond the grave – understanding human decomposition*, „Microbiology Today” 2001, t. 28.
- Wake M. (red.), *Hyman’s Comparative Vertebrate Anatomy*, The University of Chicago Press, Chicago 1979.
- Watson J., McClelland J., *Distinguishing Human from Non-Human Animal Bone*, The University of Arizona, Arizona State Museum, Tucson 2018.
- Welker F. i in., *Using ZooMS to identify fragmentary bone from the Late Middle/Early Upper Palaeolithic sequence of Les Cottés, France*, „Journal of Archaeological Science” 2015, t. 54.



- Williams C. i in., *A review of the osteoderms of lizards (Reptilia: Squamata)*, „Biological Reviews” 2022, t. 97(1).
- Witzmann F., Soler-Gijon R., *The bone histology of osteoderms in temnospondyl amphibians and in the chroniosuchian Bystrowiella*, „Acta Zoologica” 2009, t. 91(1).
- Wolf M., *Wirusy w wodzie – zagrożenia i metody kontroli*, w: J. Wiśniewski i in. (red.), *Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, t. 5, Wrocław 2015.
- Wolverton S., Lee Lyman R., *Introduction to applied zooarchaeology*, w: eidem (red.), *Conservation Biology and Applied Zooarchaeology*, University of Arizona Press, Tucson 2012.
- Yuehwei An H., Gruber H.E., *Introduction to experimental bone and cartilage histology*, w: Yuehwei H. An, K.L. Martin (red.), *Handbook of Histology Methods for Bone and Cartilage*, Humana Press, Totowa, NJ 2003.