

Význam histotafonomie a terénní antropologie při rekonstrukci pohřebního ritu kultury se šňůrovou keramikou na Moravě

A taphonomic approach to Corded Ware culture mortuary practices in Moravia

Anna Pankowská

Rekonstrukce prostředí hrobu představuje klíčový prvek v interpretaci pohřebního ritu. Metody terénní antropologie a histotafonomie mohou pomoci lépe poznat mikro-prostředí, ve kterém došlo k dekompozici mrtvého těla. Cílem studie je na příkladu pěti hrobů z období kultury se šňůrovou keramikou zjistit, v jakých podmínkách se těla mrtvých nacházela či jak byla posmrtně upravena. Kosterní pozůstatky čtyř jedinců nesly stopy po uložení do dutého prostoru. Na základě histologické analýzy bylo zjištěno, že dekompozice měkkých tkání u těchto jedinců musela být zastavena nebo naopak velmi urychlena, protože kostní mikrostruktura nebyla poškozena mikroorganismy. K urychlení dekompozice mohlo dojít rozkladem těla v otevřeném prostoru, jakým mohl být částečně zahloubený hrob s konstrukcí. Naopak k zastavení dekompozice mohlo dojít v důsledku působení vyšších teplot v podobě ohně nebo kouře, ale také vlivem opakovaně podmáčeného prostředí. Pro všechny možnosti existují na kosterních pozůstatcích konkrétní stopy. Komplexní tafonomická analýza kosterních pozůstatků přináší nové detailnější informace o okolnostech pohřbu, čímž výrazně rozšiřuje možnosti interpretace pojetí smrti v minulosti.

archaeoethanologie – bioeroze kosti – kultura se šňůrovou keramikou – mikrobiom – střední Morava – strojové učení

The reconstruction of the grave environment is a key element in the interpretation of the burial rite. The methods of field anthropology and histotaphonomy can be useful in gaining a better understanding of the micro-environment in which the dead body decomposed. Based on the example of five graves from the period of the Corded Ware culture, the study aims to determine the conditions in which the bodies of the deceased were found, or how they were postmortem treated. The skeletal remains of four individuals bore traces of deposition in a hollow space. A histological analysis revealed that the decomposition of soft tissues in these individuals must either have been arrested or, in contrast, highly accelerated, since the bone microstructure was not damaged by microorganisms. The decomposition of the bodies could have been accelerated in an open space such as a partially sunken grave with a construction. Alternatively, decomposition could have occurred as the result of higher temperatures in the form of heat or smoke, but also due to a repeatedly water-logged environment. Specific traces exist on skeletal remains for all of these possibilities. A complex taphonomic analysis of the skeletal remains brings new and more detailed information about the circumstances of the burial, significantly expanding the possibilities of interpreting the concept of death in the past.

archaeoethanatology – bone bioerosion – Corded Ware culture – microbiome – central Moravia – machine learning

Úvod

Na místě probíhající dekompozice těla se vytváří specifický ekosystém (Hyde et al. 2013; Hałuszko et al. 2022) obsahující širokou škálu mikroorganismů (též nazývaný nekrobiom). Mikroorganismy společně s chemicko-fyzikálními činiteli zanechávají na kostře a v jejím okolí konkrétní stopu, kterou můžeme sledovat na úrovni složení nekrosolů (García-López et al. 2022), na základě nekrofagní fauny (Tuccia et al. 2022) či pomocí tafonomických

markerů na samotné kostře. Tafonomická analýza lidské kostry se stala již běžnou částí terénní antropologie (Sládek – Kavánová 2003; Průchová – Chroustovský 2009; Harris – Tayles 2012). Její součástí je záznam polohy kostí a stavu kloubního spojení kostry *in situ* (tzv. terénní antropologie jako součást archeothanologie). Nově se v ojedinělých případech uplatňuje záznam o stavu zachovalosti povrchu kosti a o histologické zachovalosti kosti (tzv. histotafonomie, Hollund *et al.* 2012; Booth 2016). Na základě kombinace těchto dílčích postupů můžeme rekonstruovat prostředí, ve kterém se tělo nacházelo bezprostředně po smrti, úpravu těla a způsob pohřbu.

Cílem příspěvku je ukázat možnosti archaeothanologické a histotafonomické analýzy při rekonstrukci pohřebního ritu v období kultury se šňůrovou keramikou (KŠK). Nejprve budou představeny obecné principy histotafonomické analýzy, tj. jakým způsobem lze na základě zachovalosti mikrostruktury kosti vysvětlit časné postmortální změny a odvozovat z nich, v jakém prostředí se mrtvý nacházel. Konkrétní postup bude demonstrován na případu pěti hrobů KŠK z lokalit Hulín-Pravčice 1 a Bystročice na střední Moravě.

Změna mikrostruktury kompaktní kosti během dekompozice

Mikrostruktura kompaktní kosti je přirozeně pórovitá (*obr. 1: A a B*). Porózitu tvoří Haversovy a Volkmannovy kanálky, lakuny s osteocyty a póry mezi krystaly hydroxyapatitu a kolagenu. Porózita u živého a zdravého člověka je variabilní v závislosti na věku, pohlaví, typu kosti, aktivitě atd. (Miszkiewicz – Mahoney 2015). U kostí z archeologického kontextu bývá porózita doplněna o výsledek aktivity jednoho výrazného dekompozičního činitele a tím jsou mikroorganismy (bakterie, houby a v případech vodního prostředí sinice). Kromě mikroorganismů podléhá kost dalším dekompozičním faktorům. Jedná se o chemické procesy, které na jedné straně porušují kostní minerál, čímž dochází k jeho rekrytalizaci a na straně druhé destruuji organickou složku kosti, čímž dochází k hydrolýze (Piepenbrink 1986). Chemické procesy umocňují, nebo naopak inhibují činnost mikroorganismů. Konečná destrukce je tak výsledkem spolupůsobení těchto činitelů.

Činnost mikroorganismů způsobuje tzv. bioerozi, která je pro zachovalost mikrostruktury kosti zřejmě zásadní (Hackett 1981; Child 1995a). Vzorec bioeroze je do značné míry specifický a vyskytuje se na kosterních pozůstatcích z různých geografických oblastí a časových období. To může být způsobeno jistou mírou uniformity samotné mikrostruktury kompaktní kosti, nebo také tím, že je bioeroze výsledkem aktivity úzké skupiny mikroorganismů (Jans 2008). Druhou možností podporuje fakt, že výrazná bioeroze bývá přítomna i u koster pohřbených v sedimentech chudých na půdní mikroorganismy a dále že činnost mikroorganismů začíná velmi záhy po smrti jedince. Dominantním zdrojem mikroorganismů se proto zdají být endogenní bakterie, tj. mikrobiom těla (Bell *et al.* 1996; Booth 2017). Vliv mikrobiomu na bioerozi kostní tkáně je dále podpořen poznatkem, že na kostrách mrtvě narozených živočichů, které nemají vyvinutou střevní mikroflóru (nebo jen omezeně), se stopy bioeroze nevyskytují (White – Booth 2014).

Kostní tkáň představuje pro bakterie důležitý zdroj živin. Bakterie využívají přirozenou porózitu kosti k dopravě ke kolagenu, čímž vytvářejí ložiska se specifickou morfologií, tzv. mikroskopická destruktivní ložiska (MDL, Hackett 1981). MDL se nacházejí v místech koncentricky uspořádaných lamel (v osteonech) a některé respektují jejich hranice definované tzv. cementovou linií. Charakteristickým znakem MDL jsou otvory s hypermine-

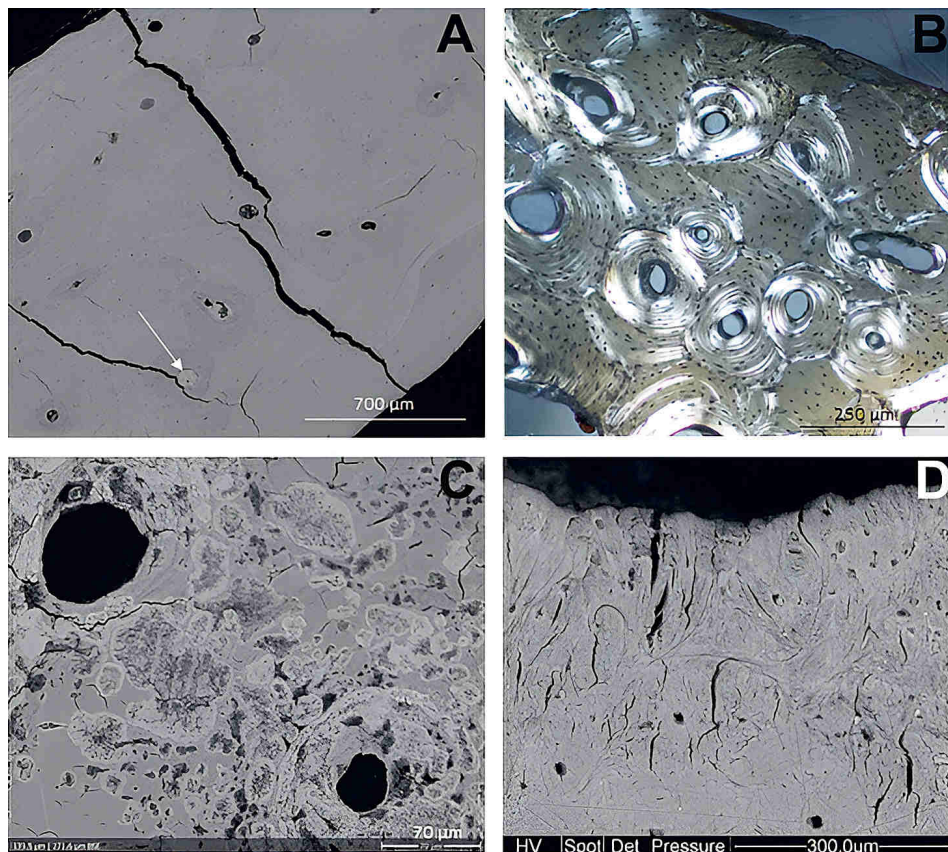
ralizovaným okrajem (*obr. 1: C*), který vzniká jako důsledek činnosti mikrobů případně jejich smrtí uvnitř otvoru (*Child 1995a*). Enzymy mikrobů, ale také mrtvá těla mikrobů, způsobují změnu pH, což vede k opětovnému vysrážení rozpuštěného hydroxyapatitu, který pak vytváří konkrétní obraz na snímcích BSEM. Kost paradoxně nabývá na hustotě a je více mineralizována.

Vedle bakterií, porušují kostní tkáň další činitelé, jakými jsou houby a sinice. Houby a sinice pocházejí přirozeně z vnějšího prostředí (*Fernández-Jalvo et al. 2010*), v případě sinic z prostředí vodního. Nekonzumují jen kolagen, ale rozpouštějí i kostní minerál, čímž vytvářejí tunely s větším průměrem a odlišného vzorce, který nerespektuje přirozenou porozitu kosti a nemusí obsahovat žádné stopy po rekrystalizaci (*Hedges et al. 1995*). Opětovně vysrážený minerál bývá z kosti vyplaven, protože sinice a houby napadají kost z vnější strany. Bakterie a houby nepůsobí souběžně. Není zatím známo, zda je to způsobené vzájemnou konkurencí, nebo neslučitelnými životními podmínkami. Houby potřebují ke své aktivitě kyslík, zatímco některé bakterie mohou existovat i bez kyslíku. Konkrétní morfologické změny vytvořené houbami (*obr. 1: D*) se nazývají Wedlovy tunely (*Wedl tunnels, Hackett 1981*).

Význam bioeroze pro rekonstrukci prostředí pohřbu a manipulace s tělem

Většina kostí pocházejících z těl primárně uložených do země má mikrostrukturu kompaktní kosti poškozenou bioerozí (*Papakonstantinou et al. 2020*). Kosti, které nenesou stopy bioeroze, jsou dokladem časného zastavení dekompozice, a to jak v důsledku environmentálních, tak kulturních vlivů. Jedním z nejspolehlivějších způsobů, jak zastavit dekompozici, je přirozená nebo arteficiální mumifikace. Absence bioeroze může být přítomná i v opačném případě, nikoliv při zastavení dekompozice, ale při jejím urychlení, tj. při rychlém odstranění měkkých tkání (exkarnaci). K exkarnaci dochází například pomocí nástroje nebo spálením těla (*Smith – Brickley 2009; Booth et al. 2015; Booth – Madgwick 2016*). K rychlému odstranění měkkých tkání dochází také při uložení těla do prostředí bohatého na organický materiál, jako jsou jímky, hnojiště či latríny (*Nicholson 1998; Jans et al. 2004*). Rovněž těla vystavená na povrchu země bývají rychle zbavena měkkých tkání, což může vést k absenci nebo zastavení bioeroze (*Hollund et al. 2018*). Některé kosti, které prošly fosilizací, nesou stopy omezené nebo zastavené bioerozi (*Trueman – Martill 2002*). Důvodem je zřejmě fakt, že pleistocenní fosilie nebyly vesměs pohřbeny a jejich těla byla na povrchu rozrušena predátory a mrchožrouty, čímž se zastavil atak endogenních mikroorganismů. To se nemusí týkat tkání zubů, které zůstávají v dutině ústní též bohaté na mikroorganismy. Poslední možnou příčinou zastavení ataku mikroorganismů představuje přítomnost iontů kovů, které působí jako inhibitory mikrobiálního ataku.

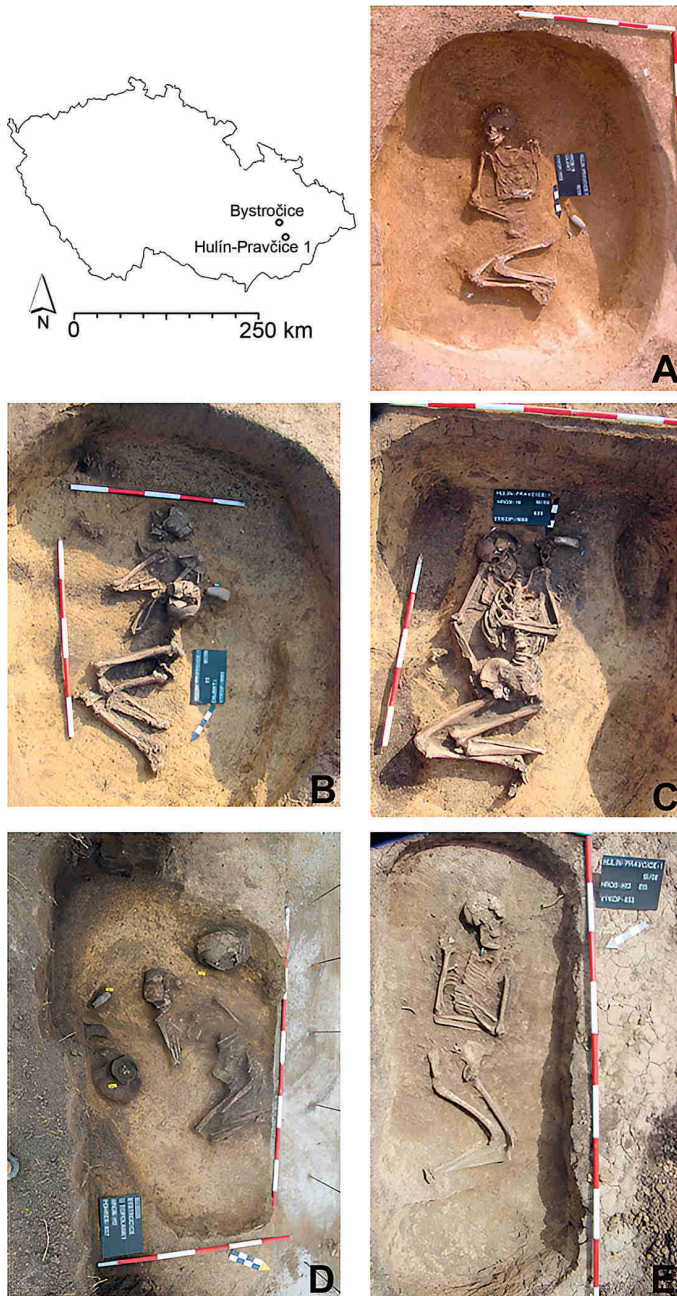
Působení endogenních mikroorganismů poškozuje kortikální kost v jejím středu, přičemž okraje (vnitřní i vnější) si mohou zachovat původní strukturu (*Fernández-Jalvo et al. 2010*). Bioeroze, která vzniká vlivem exogenních mikroorganismů, poškozuje zejména vnější povrch kosti, odkud se destrukce šíří (*Trueman – Martill 2002*). V obou případech dochází k postupnému vylouhování kolagenu a výskytu tzv. mikro-fraktur jdoucích napříč osteonem od jeho středu směrem ven (*Jans et al. 2002; Delannoy et al. 2018*). Mikro-fraktury způsobují vyšší křehkost kosti, která se na makroskopické úrovni může projevit



Obr. 1. Ilustrační fotografie: A – Snímek BSEM; dobře zachovalá mikrostruktura kompaktní části metakarpální kosti ze sídlištního pohřbu. Šipka zobrazuje inkluzi nově vysráženého minerálu v Haversově kanálku. B – Snímek ze světelného mikroskopu v polarizovaném světle; dobře zachovalá mikrostruktura kompaktní části metakarpální kosti z osteologické sbírky s dvojlomem lamel, tzv. „maltézským křížem“ dokládající přítomnost kolagenních vláken. C – Snímek BSEM; typická stopa po činnosti mikroorganismů v kompaktní části vřetenní kosti ze sídlištního pohřbu. Otvory různé šedi s bílým okrajem hypermineralizované kosti. D – Wedlovy tunely (Fernandez Jalvo – Andrews 2016).

Fig. 1. Illustration photograph. A – BSEM image; well-preserved microstructure of compact part of metacarpal bone from settlement burial. Arrow shows inclusion of newly precipitated mineral in Haversian canal. B – image from light microscope in polarised light; well-preserved microstructure of compact part of metacarpal bone from osteological collection with a double fracture of lamellae, the 'Maltese cross', probably proving the presence of collagen fibres. C – BSEM image; typical trace of activity of microorganisms in compact part of radius from settlement burial. Openings in varying shades of grey with a white border of hypermineralized bone. D – Wedl tunnels (Fernandez Jalvo – Andrews 2016).

vyšší fragmentárností (Jans *et al.* 2004). Postupná redukce kolagenu se v polarizačním světle projevuje ztrátou dvojlomu, tzv. Maltézského kříže, který je typický právě pro kosti se zachovalým kolagenem (obr. 1: B). Mezi další typy destrukce na mikroskopické úrovni kosti patří infiltrace okolním sedimentem (obr. 1: A), zbarvení a makro praskliny. Tyto destrukce vznikají již vlivem dalších činitelů. Často dochází k totální destrukci mikrostruktury kosti a není možné rozlišit jednotlivé původce.



Obr. 2. Lokalizace archeologických lokalit a terénní fotografie koster. A – Hulín-Pravčice 1, hrob 18; B – Hulín-Pravčice 1, hrob 20; C – Hulín-Pravčice 1, hrob 19; D – Bystročice, hrob 2 (foto Lukáš Šín); E – Hulín-Pravčice 1, hrob 13.

Fig. 2. Localisation of archaeological sites and field photographs of skeletons. A – Hulín-Pravčice 1, grave 18; B – Hulín-Pravčice 1, grave 20; C – Hulín-Pravčice 1, grave 19; D – Bystročice, grave 2 (photo Lukáš Šín); E – Hulín-Pravčice 1, grave 13.

Materiál a metoda

Pro analýzu jsem zvolila celkem pět hrobů datovaných do období kultury se šňůrovou keramikou (*obr. 2: A–E*). Čtyři hroby pocházejí z lokality Hulín-Pravčice 1 (hroby 13, 18, 19 a 20; *Hadrava 2017*) a jeden hrob z lokality Bystročice (hrob 2; *Šín 2021a; Šín 2021b*). Obě lokality byly odkryty během záchranných archeologických výzkumů. V případě Hulína-Pravčic byl vyvolán výstavbou dálnice a v případě Bystročic byla důvodem výstavba rodinného domu. U všech pěti hrobů byla provedena archeothanatologická analýza *in situ*, z každé kostry byly odebrány dva vzorky kostí na výbrusy pro histotafonomickou analýzu a každá kostra byla hodnocena z hlediska své povrchové zachovalosti a kompletnosti. Při výběru kostí jsem vycházela z *Childa (1995b)* a *Janse et al. (2004)*, přičemž vždy jeden vzorek kosti pocházel z oblasti kolem útrobu (žebro) a druhý z periferie kostry (kosti končetin). Standardizace ve druhém případě nebyla možná kvůli různé zachovalosti v těchto částech koster.

Archeothanatologická analýza

Archeothanatologická analýza spočívá v záznamu polohy kostí a stavu kloubních spojení kostry. Každá kost se v terénním záznamu nachází v určitém aspektu vůči pozorovateli (v anteriorním, laterálním, mediálním nebo dorsálním). Kloubní spojení jsou buď artikulovaná, nebo disartikulovaná (*Duday et al. 1990; Černý 1995; Duday 2009; Průchová – Chroustovský 2009; Knüsel 2014; Mickleburgh – Wescott 2018*). Každý kloub je specifický a podléhá různému stupni disartikulace v závislosti na okolnostech pohřbu, resp. na okolním prostoru a na mechanických nárocích kladených během života jedince (*tab. 1*).

Archeothanatologickou analýzu koster z Hulína-Pravčic 1 provedla autorka a v případě kostry z hrobu 2 z Bystročic antropolog L. Šín (*Šín 2021a*). Celkem bylo zaznamenáno 26 kloubních spojení (párových i nepárových) rozdělených do tří skupin (labilní, semilabilní a perzistující). Hodnotili jsme, zda je kloubní spojení anatomicky těsné (AT) či disartikulované (DA) a také, zda lze kloubní spojení vůbec hodnotit či nikoliv (N/A; *not available*). Cílem analýzy bylo určit, zda byl jedinec pohřben do primárního dutého prostoru (hrobka, rakev, komora atd.) či volně do země. Pokud převažovala kategorie kloubních spojení DA nad AT, znamenalo to, že kostra mohla být uložena do dutého prostoru, jenž umožňoval rozvolnění kostí – disartikulaci.

Histotafonomická analýza

Tkáňové řezy byly vytvořeny v Histologické laboratoři Střediska pro paleolit a paleoantropologii v Dolních Věstonicích při Archeologickém ústavu AV ČR v Brně. Ze střední části kosti byl vyříznut příčný řez o přibližné tloušťce 90–130 μm . Histologická zachovalost tkáňových řezů byla hodnocena pomocí polarizované světelné mikroskopie v Laboratoři biologické antropologie, Katedry antropologie ZČU v Plzni a skenovací elektronové mikroskopie BSEM (rastrovací elektronový mikroskop JEOL s BSE, EDX a WDX analyzátoři – elektronová mikrosonda) na Katedře geologie UP v Olomouci. Obrazový výstup z BSEM byl využit k výpočtu histologické zachovalosti v programu ImageJ prostřednictvím softwarového rozšíření (pluginu) Trainable Weka Segmentation (Weka, *Pankowská et al. 2022*) a standardně na základě škály GHI (General Histological Index)

Prostor	Popis	Kostra
Žádný	Postupné vyplnění prostoru mezi kostmi a sedimentem po dekompozici měkkých tkání (porézni, jemnozrnný sediment).	Artiklace všech kloubů (labilních, semilabilních a perzistujících). Artiklace jazylky nebo nestabilních kloubů uložených na břiše či pánvi. Hrudní koš a pánev nejsou oploštěné.
Sekundární	Opožděné vyplnění prostoru sedimentem (sediment je neporézni (např. jíl)). Tělo nese podobné znaky primárního dutého prostoru.	Disartiklace labilních kloubů uložených na organickém substrátu (oblast břicha, pánve). Disartiklace v oblasti pubické symfýzy, artiklace pately.
Primární	Opožděné vyplnění prostoru sedimentem. Tělo bylo uloženo v dutém prostoru po celé období skeletonizace (rakev, komora).	Disartiklace pánve, laterální rotace stehenní kosti, dislokace patel. Další pohyby v perzistujících kloubech jsou možné.

Tab. 1. Typ prostoru a reakce kostí.

Modifikováno podle Knüsel 2014. Labilní klouby a spojení: bez většího biomechanického zatížení (klouby kostry ruky/nohy, tempo-mandibulární kloub, krční obratle, ramenní, kostovertebrální kloub, femoropatelární kloub, pubická symfýza, spojení lopatky a hrudníku a jazylka); semilabilní spojení: s větším množstvím měkké tkáně nebo pevné ukotvení v kloubu (př. kyčelní kloub, zápěstní kloub). Perzistující klouby: velké, na které je vyvíjen velký biomechanický tlak (např. atlantooccipitální spojení, bederní část páteře, humeroulnární kloub, křížokyčelní kloub, tibiofemorální kloub, hlezenní kloub).

Tab. 1. Space type and skeletal response.

Modified after Knüsel 2014. Labile joints and attachments: without major biomechanical load (skeletal joints of arm/leg, temporomandibular joint, cervical vertebrae, shoulder, costovertebral joint, *patellofemoral* joint, pubic symphysis, connection of the scapula and thorax and hyoid); semi-labile attachment: with a greater amount of soft tissue or firm attachment in joint (e.g. hip joint, wrist joint). Persistent joints: large joints subjected to high biomechanical stress (e.g. atlanto-occipital joint, lumbar spine, humeroulnar joint, sacroiliac joint, tibiofemoral joint, ankle joint).

podle Hollunda et al. (2012). Pomocí GHI skórujeme výbrus kosti v závislosti na rozsahu destrukce. GHI má 5 stupňů: 0 – ≤ 5 % zachovalé původní kosti; 1 – ≤ 15 % zachovalé původní kosti; 2 – ≤ 50 % zachovalé původní kosti; 3 – ≥ 50 % zachovalé původní kosti; 4 – ≥ 80 % zachovalé původní kosti; 5 – ≥ 95 % zachovalé původní kosti. Průřez kosti byl hodnocen vždy celý. Z každého výbrusu vznikl různý počet snímků z BSEM a snímky byly následně složeny do celkového obrazu o různém obsahu plochy. Každý snímek byl následně segmentován. Během segmentace byly klasifikovány zachovalé části kosti, části poškozené bioerozí a dále např. části s patrnou demineralizací nebo hypermineralizací. Obsah každé klasifikované části byl automaticky spočítán v procentech, přičemž obsah celého výbrusu představuje 100 %. Výhodou analýzy Weka je objektivnost hodnocení, jelikož pracujeme s číselnou hodnotou vygenerovanou softwarem (machine learning), nevýhodou může být časová náročnost. Oproti tomu škálovací metoda GHI je rychlá, ale velmi subjektivní s tendencí pozorovatele určovat nejčastěji v rozsahu středních hodnot.

Hodnocení povrchové zachovalosti kosti a kompletnosti kostry

Kompletnost kostry byla počítána pomocí metody Bello et al. (2006), to znamená, že bylo hodnoceno, kolik kostí je přítomno a kolik procent kosti je zachováno (skóre 0, pro 0 % zachovalé kosti; skóre 0,125, pro 1–24 % zachovalé kosti; skóre 0,375 pro 25–49 %; skóre 0,625 pro 50–74 %; skóre 0,875 pro 75–99 %; skóre 1 pro 100 %). Každá kost, ze

kteří pocházely výbrusy, byla podrobněji hodnocena z hlediska změn na jejím povrchu. Zaznamenávala jsem plochu obnažené spongiózní kosti, poškození subperiosteální kosti a přítomnost zbarvení nebo prasklin. Z předběžných výsledků vyplynulo, že ani jedna proměnná nesouvisela se stupněm histologické zachovalosti a kompletnosti kostry, a proto se tímto vztahem dále nebudu zabývat. Ve výsledcích je diskutována pouze přítomnost černého zbarvení (viz níže).

Výsledky

Archeoethanatologická analýza

Čtyři pohřby byly pravděpodobně uloženy do primárního dutého prostoru (hroby 18, 19, 20 z Hulína-Pravčic 1 a hrob 2 z Bystročic; *tab. 2*), přičemž hrob 19 obsahoval také archeologické stopy konstrukce v podobě oválných jamek. Pouze jedinec z hrobu 13 byl pravděpodobně uložen volně do země bez dutého prostoru. Celkový tvar hrobové jámy se v tomto případě lišil od ostatních, měl tvar obdélníku, zatímco ostatní hroby měly oválný tvar. Hloubka hrobů byla měřena od úrovně skrývky a dosahovala v průměru 20 až 60 cm. U dvou pohřbů (hrob 13 a hrob 2 z Bystročic) převažovala u kloubních spojení hodnota N/A (tzn. kostry byly hůře zachovalé), a proto je celkový odhad původního prostoru méně spolehlivý. Labilní a semilabilní spojení u koster z hrobů 18, 19, 20 a 2 byla v těsném spojení pouze u 11 % kloubů (5 z 45), perzistující spojení byla v těsném spojení ve 20 % případů (5 z 25). Naopak u kostry z hrobu 13 byla labilní a semilabilní spojení v těsném spojení ze 77 % (7 z 9) a perzistující byla v těsném spojení ve všech případech (4 ze 4).

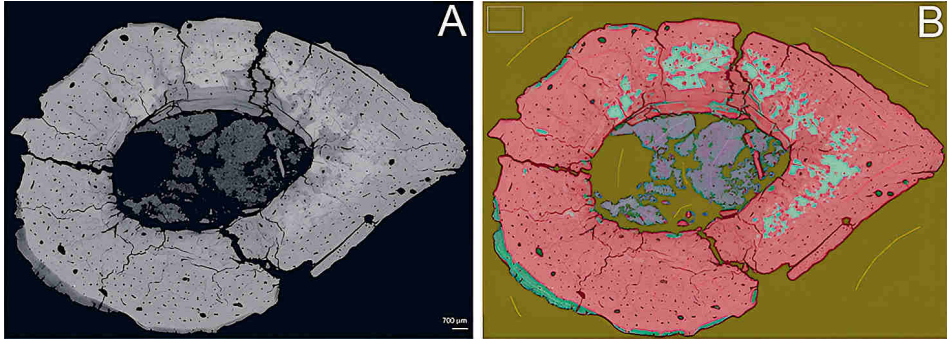
Povrchová zachovalost a kompletnost kostí

Povrch kostí nesl stopy poškození v důsledku zvětrávání: odhalenou spongiózu a v různém rozsahu odloupnutou subperiosteální kost. Povrchová zachovalost kostí byla u všech koster podobná, spíše horší, v průměru 44,8 % (v rozsahu 35 až 54 %). V případě hrobu 20 byly na levé vřetenní kosti identifikovány také stopy zvířecího ohryzu. Některé kosti nesly stopy černého zbarvení. To bylo změřeno rentgenovou fluorescencí, která prokázala v jednotlivých spotech obsah manganu. Celková kompletnost koster byla nízká a činila pouze, v průměru 25,1 % (v rozsahu 19,1 až 39,2 %). Absence některých kostí může být způsobena malou hloubkou, přítomností konstrukce v částečně otevřeném hrobu, případně druhotnými zásahy, které ale nebyly patrné z výplní jednotlivých hrobů.

Histologická analýza

Histologická analýza ukazuje, že pohřby s doklady dutého prostoru mají velmi dobře zachovalou mikrostrukturu kostí (v průměru 88,8 až 96,3 %, což odpovídá GHI 4 až 5). Naopak kosti z hrobu 13 mají mikrostrukturu více poškozenou (v průměru 73,1 %; GHI 3; *obr. 3*).

Na histologické úrovni u 10 vzorků kostí z celkem pěti koster bylo identifikováno pět typů poškození: a) bioeroze v podobě hypermineralizace (HM), demineralizace (DM) a Wedlovy tunely; b) zastavená bioeroze v podobě demineralizace (DM); c) hypermineralizované (HM) oblasti ve střeňích částech kostí; d) okrajová demineralizace; e) mikrofraktury.



Obr. 3. Bystročice hrob 2, pravá vřetení kost. A – Složený snímek BSEM; dobře zachovalá mikrostruktura kompaktní kosti. B – Vizuální výstup z analýzy Weka, červeně dobře zachovalá kost (49,5 %), světle zeleně hypermineralizovaná oblast, tmavě zeleně demineralizovaná oblast (3,8 %), fialově inkluze sedimentu (6,7 %), hnědě pozadí (40,1 %). Kost je zachovalá z 92,8 % (49,5/49,5+3,8).

Fig. 3. Bystročice grave 2, right radius bone. A – BESEM image; well-preserved microstructure of compact bone. B – visual output from Weka analysis, red – well-preserved bone (49.5%), light green – hypermineralized area, dark green – demineralized area (3.8%), purple – sediment inclusions (6.7%), brown – background (40.1%). 92.8% of bone is preserved (49.5/49.5+3.8).

Bioeroze (HM, DM, Wedlovy tunely)

Typická bioeroze se nacházela pouze u kostry z hrobu 13, která jako jediná nesla stopy po uložení přímo do země (*obr. 4: A*). Destrukce je patrná směrem ze středu kosti k jejímu povrchu, přičemž obvodové lamely jsou nepoškozené. Směrem k povrchu je také více prázdných (demineralizovaných) tunelů dokladajících pozdější zastavení nebo opakované vyplavení vysráženého minerálu. Wedlovy tunely byly zaznamenány pouze v jednom případě u kostry z hrobu 19. Wedlovy tunely způsobují kromě hub také sinice, tudíž se vyskytují i na kostech uložených ve vodním prostředí.

Zastavená bioeroze (DM)

Zastavená bioeroze v podobě „prázdných“ tunelů bez jasné stopy počátku redepozice nového minerálu je přítomna jen v hrobu 19 na jedné kosti ze dvou, a to opět na vzorku žebra. Jedná se o doklad velmi časně zastavené dekompozice (*obr. 4: B*).

Hypermineralizace

Ve střední části šesti výbrusů kostí pocházejících ze všech pěti koster byla identifikována hypermineralizovaná (HM) oblast koncentrovaná mezi sekundární osteony. Rozsah HM byl však různý. Hypermineralizovaná tkáň se lišila od kostní přestavby vlivem činnosti mikroorganismů (*obr. 4: C*), což se projevilo jednak absencí tunelů a také opačným vzorcem. V některých případech byly osteony nedotčené, a naopak okolní primární kost byla hypermineralizací zničena. Hypermineralizovaná oblast obsahovala více vápníku a fosforu než okolní dobře zachovalá kost (př. vápník: 47,5–49,5 hm% oproti dobře zachovalé kosti: 34,5–39,7 hm%). K tomuto jevu může dojít vlivem chemické degradace hydroxyapatitu nebo působením vyšších teplot, při nichž také dochází k rekrytalizaci kostní tkáně (změně velikosti krystalů apatitu a jejich fúzi). Podobná hypermineralizace byla zazname-

Typ spojení	Kloub	Hroby									
		13		18		19		20		Bystročice 2*	
		Pravá	Levá	Pravá	Levá	Pravá	Levá	Pravá	Levá	Pravá	Levá
Labilní	art. temporo-mandibularis	AT	AT	DA	DA	DA	DA	DA	DA	N/A	N/A
	krční páteř (C3–7)	N/A		DA		DA		N/A		N/A	
	artt. costovertebrales	AT		N/A		AT		N/A		N/A	
	art. glenohumeralis	N/A	AT	AT	AT	DA	DA	DA	DA	DA	AT
	artt. manus	N/A	AT	DA	DA	DA	DA	DA	DA	N/A	N/A
	sym. pubica	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
	art. femoropatellaris	DA	N/A	N/A	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA
artt. pedis (MT–Ph)	N/A		DA	DA	N/A	N/A	DA	N/A	N/A		
Semilabilní	art. coxae	AT	AT	N/A	N/A	AT	DA	DA	DA	DA	DA
	art. radiocarpalis	N/A	N/A	DA	DA	DA	DA	DA	DA	N/A	N/A
Perzistující	art. atlantooccipitalis	AT		DA		DA		DA		N/A	
	bederní páteř (L1–5)	N/A		N/A		DA		N/A		N/A	
	art. humeroulnaris	AT	N/A	DA	N/A	DA	DA	DA	DA	DA	DA
	art. sacroiliaca	N/A	AT	N/A	N/A	DA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	art. tibiofemoralis	AT	N/A	AT	AT	DA	DA	DA	DA	N/A	N/A
	art. talocruralis/talocalcanealis	N/A	N/A	DA	DA	AT	N/A	AT	AT	DA	DA
Primární dutý prostor?		Ne		Ano		Ano		Ano		Ano	

Tab. 2. Archeoanatomologická analýza.

Poznámka: *Podle Šín 2021a. AT, anatomicky těsné spojení (tučně); DA, disartikulované; N/A, není k dispozici (nezachovalé).

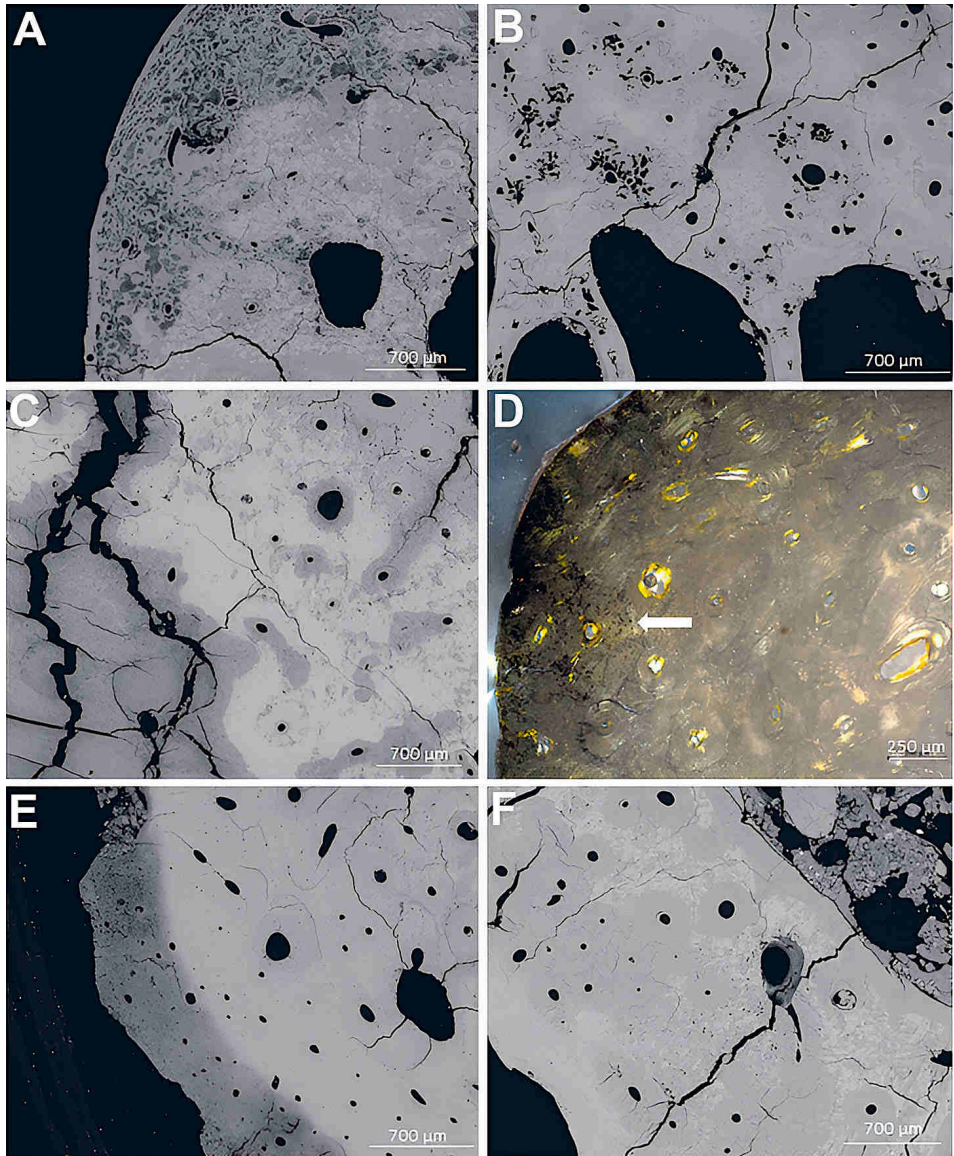
Tab. 2. Archaeoanatomological analysis.

Note: *After Šín 2021a. AT, anatomical tight attachment (bold); DA, disarticulated; N/A, not available (unpreserved).

nána v případě experimentálního působení vlivu žehu na zvířecí kosti (Végh *et al.* 2021). Různý rozsah poškození a respektování cementové linie u některých osteonů může nasvědčovat omezenému působení teploty po krátkou dobu, čemuž odpovídají i další stopy v místech po osteocytech, které jsou ve světelném mikroskopu černé a mohou svědčit o počáteční karbonizaci, jež se společně se zvětšováním lakun projevuje právě tímto způsobem (*obr. 4: D*). K potvrzení by ovšem bylo potřeba více experimentů a použití dalších instrumentálních metod. Navíc na kosterních pozůstatcích nejsou patrné typické alterace způsobené ohněm. Prozatím zůstává původ HM na kostních výbrusech neobjasněn.

Okrajová demineralizace

U dvou pohřbů (hrob 2 z Bystročic a hrob 19 z Hulína-Pravčic 1) byla na vnějších okrajích zaznamenána specifická demineralizovaná oblast (*obr. 4: E*). Tato část obsahovala také nižší hodnoty vápníku a fosforu než zbývající úsek kosti (např. hodnota vápníku v demineralizované části je 28,9–31,7 hm%). Demineralizované okraje kostí jsou charakteristickým znakem vystavení kyselým podmínkám (Piepenbrink 1989) nebo povětrnostním vlivům a vyskytují se často u pohřbů uložených volně na povrchu (Bell 1990; Bell *et al.* 1996).



Obr. 4. A – Hulín-Pravčice 1, hrob 13 (žebro), snímek BSEM bioeroze v podobě hypermineralizace (bílá místa), demineralizace (tmavé otvory s okrajem); B – Hulín-Pravčice 1, hrob 19 (žebro), snímek BSEM zastavené (arrested) bioeroze: pouze prázdné tunely v místech lamel sekundárních osteonů; C – Bystročice, hrob 2 (vřetení kost), snímek BSEM hypermineralizované plochy částečně respektující sekundární osteony nejasného původu; D – Bystročice, hrob 2 (vřetení kost), snímek ze světelného mikroskopu v polarizovaném světle, šipka ukazuje černé rozšířené lakuny (místa pro osteocyty), možný doklad karbonizace; E – Bystročice, hrob 2 (vřetení kost), snímek BSEM demineralizovaného vnějšího okraje kosti; F – Bystročice, hrob 19 (článek prstu ruky), snímek BSEM sekundárních osteonů obsahující četné mikrofraktury, mezi osteony je patrná hypermineralizovaná tkáň (bílé).

Fig. 4. A – Hulín-Pravčice 1, grave 13 (rib), BSEM image of bioerosion in the form of hypermineralization (white spots), demineralization (dark holes with border); B – Hulín-Pravčice 1, grave 19 (rib), BSEM image of arrested bioerosion: only empty tunnels in places of lamellae of secondary osteons; C – Bystročice, grave 2 (radius bone), BSEM image of hypermineralized area partially respecting secondary osteons of unclear origin; D – Bystročice, grave 2 (radius bone), light microscope image in polarized light, arrow shows black widened lacunae (places for osteocytes), possible evidence of carbonisation; E – Bystročice, grave 2 (radius bone), BSEM image of demineralized outer edge of bone; F – Bystročice, grave 19 (finger segment), BSEM image of secondary osteons containing numerous microfractures, hypermineralized tissue is visible between osteons (white).

Mikrofraktury

Mikrofraktury byly přítomny v různém rozsahu u všech jedinců (*obr. 4: F*). Nejvyšší četnost mikrofraktur byla identifikována na kostech z hrobu 2 v Bystročicích (80 %) a na kostech z hrobu 19 (40 %). U ostatních koster se četnost mikrofraktur pohybovala v rozmezí 10–30 %. Přítomnost těchto stop odráží prostředí, ve kterém dochází k častým změnám vlhkosti (např. fluktuace spodních vod) nebo také prostředí, v němž působení vyšších teplot střídá rychlé ochlazení. K četnějšímu výskytu mikrofraktur také dochází rychlým vyžháním organické složky z kosti, což může být důsledek degradačních změn v důsledku chemických procesů, ale rovněž vliv tepelně indukovaných podmínek.

Rekonstrukce mikroprostředí hrobů

Archeothanatologická a histotafonomická analýza pěti hrobů datovaných do období kultury se šňůrovou keramikou přinesla podstatná zjištění o environmentálních podmínkách, v nichž se pohřbená těla mohla nalézat. Čtyři kostry z hrobů 18, 19, 20 z Hulína-Pravčic I a z hrobu 2 z Bystročic nesly do jisté míry homogenní vzorec tafonomických změn. Disartikulace většiny kloubních spojení (jak labilních, tak perzistujících) odpovídá spíše uložení do dutého prostoru. Navíc hrob 19 obsahoval čtyři kúlové jámy oválného tvaru dokládající částečně nadzemní konstrukci hrobu. V případě polozahloubených konstrukcí se tělo mohlo rozkládat v prostředí odpovídajícím podmínkám na volném povrchu. Konkrétně to znamená, že muselo dojít k velmi rychlé dekompozici měkkých tkání, nicméně bez výraznější redukce pozůstatků vlivem aktivity zvířat. Těla v hrobech musela být opatrována pozůstalými, přestože v případě hrobu 20 zůstaly na levé vřetenní kosti stopy po ohryzu zvířete a přední plocha kosti dosahovala značného stupně zvětrání. Pro pohřeb na povrchu zároveň chráněný určitou konstrukcí svědčí také okrajová demineralizace kostí zjištěná v hrobu 2 z Bystročic a hrobu 19. Takový způsob pohřbu by navíc vysvětloval další zjištěné stopy: absenci bioeroze na histologické úrovni zároveň s horší povrchovou zachovalostí kostí a také disartikulací kostí. Těmto antropologickým zjištěním odpovídají také zjištění archeologická. Doklady hrobových konstrukcí z daného období nejsou na střední Moravě ojedinělé a byly dobře zdokumentovány např. *Peškou (2013)* a v širším kontextu také *Kolářem (2018)* a *Kolářem et al. (2011)*.

Mezi další faktory způsobující stopy pozorované na jednotlivých kostrách patří vliv vody, tj. opakované zavodňování a vysychání a působení ohně či kouře. Pro vliv vody mohou nasvědčovat stopy manganu a mikrofraktury. Mangan se do kosti může dostat dvojnásobným způsobem a to „mokrou“, nebo „suchou“ cestou (*Fernández-Jalvo et al. 2010; Fernández-Jalvo – Andrews 2016*). Mangan do kostí penetruje v rozpuštěné formě, při následném vysychání se vysráží do podoby černých skvrn na povrchu kosti a/nebo uvnitř pórů a kanálků. V suchých podmínkách se mangan vysráží díky bakteriální činnosti, což by odpovídalo biologicky aktivnímu sedimentu. Bakterie oxidují mangan z roztoku a vytváří minerály ve formě oxidu manganu a mangananů v anoxických podmínkách, např. pyrolusit (*Hollund et al. 2018*). Ojediněle se může vlivem rozkladu měkkých tkání vytvořit místně anoxické mikroprostředí, ve kterém se mangan (ale např. i železo) v minerálech stává rozpustným, a i tímto způsobem se může také do kosti vysrážet (*Hollund et al. 2018*). Takové stopy bychom však očekávali u pohřbů uložených do hlinité nebo jílovité půdy bez dutého

prostoru. Posledním dokladem vodního prostředí může být ojedinělý případ Wedlových tunelů na kostře z hrobu 19. Bohužel ani hydrogeologická, ani archeologická evidence nepodporuje hypotézu o přítomnosti podmáčeného prostředí, nicméně hladina spodní vody mohla v minulosti kolísat.

Vliv působení vyšší teploty v podobě ohně či kouře je dalším z možných vysvětlení některých tafonomických ukazatelů na kostrách. Už při velmi nízkých teplotách (90 až 250 °C) dochází ke změně krystalů hydroxyapatitu (*Chadefaux – Reiche 2009*) a rychlé hydrolyze kolagenu (*Smith et al. 2002*), přičemž povrch kostí nemusí být výrazně odlišný od povrchových změn způsobených zvětváním. Změna barvy kostí totiž odráží celou škálu faktorů (*Fernandez Jalvo – Andrews 2016*). Přestože lze pozorovat tání organické fáze a shlukování kostních krystalů hydroxyapatitu, nelze ještě potvrdit vliv vyšší teploty, jelikož jsou změny velmi podobné chemické degradaci hydroxyapatitu i kolagenu (*Chadefaux – Reiche 2009*). *Végh et al. (2021)* v rámci experimentu pozorovala podobný rozsah změněných krystalů v podobě hypermineralizované plochy dobře rozpoznatelné na snímcích z BSEM. Na kosterních pozůstatcích z hrobu 2 z lokality Bystročice jsou dále viditelné další nepřímé ukazatele působení vyšších teplot, konkrétně rozšířené lakuny osteocytů jsou v polarizačním světle tmavé (možný doklad karbonizace) a tmavé jsou rovněž okrsky při povrchu kosti (*obr. 3: D*). V případech působení vysoké teploty se nemusí jednat vůbec o přímé působení ohně, ale o určitý způsob mumifikace pomocí kouře a sušení, což je diskutováno i v jiných výzkumech (*Booth et al. 2015*). Z období kultury se šňůrovou keramikou na území současného Polska je také popsán nález opakovaně vypálené hrobové jámy, do níž byly následně uloženy ostatky (*Baron et al. 2019*). Autoři nálezem poukazují na výraznou variabilitu v pohřbívání uvnitř jednoho kulturního komplexu a netypického využití ohně pro úpravu hrobu. Bohužel tyto kosterní pozůstatky nebyly podrobeny podrobnější analýze (ústní sdělení J. Baron).

Závěr

Histotafonomická analýza kosterních pozůstatků umožňuje získat nové informace o prostředí, ve kterém probíhala dekompozice těla a podkryt tak detaily týkající pohřebního ritu, chování člověka a jeho představ o smrti. Společně s metodami terénní antropologie a archeologie se histotafonomie pomalu stává běžnou metodou v oblasti funerální archeologie. Díky jednotlivým přístupům se podařilo rekonstruovat prostředí, v nichž mohla být těla pěti jedinců z období kultury se šňůrovou keramikou uložena. Čtyři jedinci byli pravděpodobně uloženi do dutého prostoru s nadzemní konstrukcí, v němž se vytvořilo stejné nebo podobné prostředí, které je charakteristické pro pohřby na povrchu země. Přestože kostry nejsou kompletně zachovalé, nedošlo k výrazné redukci kostí, jako tomu právě bývá u pohřbů na povrchu. To by se dalo vysvětlit určitou ochranou mrtvých pozůstatky. Těla ale také mohla být úmyslně vysoušena (mumifikována) pomocí slabého působení ohně. Vyloučit nelze ani vliv vody. Ačkoliv při archeologickém výzkumu nebyla hladina spodní vody zaznamenána, v minulosti určitou roli sehrát mohla. S vyšším počtem prozkoumaných jedinců z různých kontextů a s větším množstvím dat získaných z experimentů lze očekávat nárůst informací o způsobech pohřbívání, což povede ke komplexnější představě o vnímání smrti pravěkými komunitami. Histotafonomické stopy na mikrostruktuře kompaktní kosti a poloha jednotlivých kostí v nálezovém kontextu přinášejí nové důkazy o možné

úpravě hrobů, čímž se stávají přínosným pramenem v případech, kde chybí archeologická evidence hrobových konstrukcí.

Článek byl podpořen studentskou grantovou soutěží Západočeské univerzity SGS-2021-019. Velké díky patří zejména hlavnímu řešiteli projektu, doc. Ladislavu Šmejdovi (†), kterému se podařilo velmi originálním způsobem najít souvislosti mezi pohřebními praktikami a životním prostředím minulých i současných společností, což výstižně nazval *Environmentálními aspekty pohřbívání*. Jeho výzkumný záměr vycházel z antropologického pojetí studia pohřbívání v perspektivě biologické i sociokulturní antropologie a archeologie. Děkuji také Dr. Jaroslavu Kapustovi z katedry geologie Přírodovědné fakulty Univerzity Palackého v Olomouci za provedení BSEM snímků a dr. Lukáši Šínovi za poskytnutí vzorků kostí.

Literatura

- Baron, J. – Furmanek, M. – Hatuszko, A. – Kufel-Diakowska, B. 2019: Differentiation of burial practices in the Corded Ware Culture. The example of the Magnice site in SW Poland. *Præhistorische Zeitschrift* 93, 169–184. <https://doi.org/10.1515/pz-2018-0009>
- Bell, L. S. 1990: Palaeopathology and diagenesis: an SEM evaluation of structural changes using back-scattered electron imaging. *Journal of Archaeological Science* 17, 85–102. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(90\)90016-X](https://doi.org/10.1016/0305-4403(90)90016-X)
- Bell, L. S. – Skinner, M. F. – Jones, S. J. 1996: The speed of post mortem change to the human skeleton and its taphonomic significance. *Forensic Science International* 82, 129–140. [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(96\)01984-6](https://doi.org/10.1016/0379-0738(96)01984-6)
- Bello, S. M. – Thomann, A. – Signoli, M. – Dutour, O. – Andrews, P. 2006: Age and sex bias in the reconstruction of past population structures. *American Journal of Physical Anthropology* 129, 24–38. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20243>
- Booth, T. 2017: The Rot Sets In Low-Powered Microscopic Investigation of Taphonomic Changes to Bone Microstructure and its Application to Funerary Contexts. In: T. Thompson – D. Errickson (eds.), *Human Remains: Another Dimension*. London: Academic Press, 7–28. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804602-9.00003-5>
- Booth, T. J. 2016: An Investigation Into the Relationship Between Funerary Treatment and Bacterial Bioerosion in European Archaeological Human Bone. *Archaeometry* 58, 484–499. <https://doi.org/10.1111/arc.12190>
- Booth, T. J. – Chamberlain, A. T. – Pearson, M. P. 2015: Mummification in Bronze Age Britain. *Antiquity* 89, 1155–1173. <https://doi.org/10.15184/ajq.2015.111>
- Booth, T. J. – Madgwick, R. 2016: New evidence for diverse secondary burial practices in Iron Age Britain: A histological case study. *Journal of Archaeological Science* 67, 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.01.010>
- Černý, V. 1995: Význam tafonomických procesů při studiu pohřebního ritu. *Archeologické rozhledy* 47, 301–313.
- Chadefaux, C. – Reiche, I. 2009: Archaeological Bone from Macro- to Nanoscale: Heat-Induced Modifications at Low Temperatures. *Journal of Nano Research* 8, 157–172. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JNanoR.8.157>
- Child, A. M. 1995a: Microbial Taphonomy of Archaeological Bone. *Studies in Conservation* 40(1), 19–30.
- Child, A. M. 1995b: Towards an understanding of the microbial decomposition of archaeological bone in the burial environment. *Journal of Archaeological Science* 22, 165–174. <https://doi.org/10.1006/jasc.1995.0018>
- Delannoy, Y. – Colard, T. – Cannet, C. – Mesli, V. – Hédouin, V. – Penel, G. – Ludes, B. 2018: Characterization of bone diagenesis by histology in forensic contexts: a human taphonomic study. *International Journal of Legal Medicine* 132, 219–227. <https://doi.org/10.1007/s00414-017-1699-y>
- Duday, H. 2009: The archaeology of the dead. *Lectures in Archaeoethnology*. Studies in Funerary Archaeology Vol. 3. Oxford and Oakville: Oxbow.

- Duday, H. – Courtaud, P. – Crubezy, E. – Sellier, P. – Tillier, A.-M. 1990: L'Anthropologie «de terrain»: reconnaissance et interprétation des gestes funéraires. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 2, 29–49. <https://doi.org/10.3406/bmsap.1990.1740>
- Fernández-Jalvo, Y. – Andrews, P. – Pesquero, D. – Smith, C. – Marín-Monfort, D. – Sánchez, B. – Geigl, E.-M. – Alonso, A. 2010: Early bone diagenesis in temperate environments: Part I: Surface features and histology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 288, 62–81. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.12.016>
- Fernández-Jalvo, Y. – Andrews, P. 2016: *Atlas of Taphonomic Identifications: 1001+ Images of Fossil and Recent Mammal Bone Modification*. New York – London: Springer Dordrecht.
- García-López, Z. – Martínez Cortizas, A. – Álvarez-Fernández, N. – López-Costas, O. 2022: Understanding Necrosol pedogenetical processes in post-Roman burials developed on dunes sands. *Scientific Reports* 12, 10619. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14750-5>
- Hackett, C. J. 1981: Microscopical Focal Destruction (Tunnels) in Exhumed Human Bones. *Medicine, Science and the Law* 21, 243–265. <https://doi.org/10.1177/002580248102100403>
- Hadrava, V. 2017: Nálezková zpráva Hulín – Pravčice 1 “U obrázku” Nálezková zpráva v archivu Archeologického ústavu AV ČR, Brno, č. M-TX-201900100.
- Hatuszko, A. – Kadej, M. – Gmyrek, G. – Guziński, M. 2022: Let's make a mess, maybe no one will notice. The impact of bioturbation activity on the urn fill condition. *PLoS One* 17, e0274068. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274068>
- Harris, N. J. – Tayles, N. 2012: Burial containers – A hidden aspect of mortuary practices: Archaeothanatology at Ban Non Wat, Thailand. *Journal of Anthropological Archaeology* 31, 227–239. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2012.01.001>
- Hedges, R. E. M. – Millard, A. R. – Pike, A. W. G. 1995: Measurements and Relationships of Diagenetic Alteration of Bone from Three Archaeological Sites. *Journal of Archaeological Science* 22, 201–209. <https://doi.org/10.1006/jasc.1995.0022>
- Hollund, H. I. – Blank, M. – Sjögren, K.-G. 2018: Dead and buried? Variation in post-mortem histories revealed through histotaphonomic characterisation of human bone from megalithic graves in Sweden. *PLoS One* 13, e0204662. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204662>
- Hollund, H. I. – Jans, M. M. E. – Collins, M. J. – Kars, H. – Joosten, I. – Kars, S. M. 2012: What Happened Here? Bone Histology as a Tool in Decoding the Postmortem Histories of Archaeological Bone from Castricum, The Netherlands. *International Journal of Osteoarchaeology* 22, 537–548. <https://doi.org/10.1002/oa.1273>
- Hyde, E. R. – Haarmann, D. P. – Lynne, A. M. – Bucheli, S. R. – Petrosino, J. F. 2013: The living dead: bacterial community structure of a cadaver at the onset and end of the bloat stage of decomposition. *PLoS One* 8, e77733. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077733>
- Jans, M. 2008: Microbial bioerosion of bone – A review. In: M. Wisshak – L. Tapanila (eds.), *Current Developments in Bioerosion*. Erlangen Earth Conference Series. Berlin, Heidelberg: Springer, 397–413. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77598-0_20
- Jans, M. M. E. – Kars, H. – Nielsen-Marsh, C. M. – Smith, C. I. – Nord, A. G. – Arthur, P. – Earl, N. 2002: In situ preservation of archaeological bone: a histological study within a multidisciplinary approach. *Archaeometry* 44, 343–352. <https://doi.org/10.1111/1475-4754.t011-1-00067>
- Jans, M. M. E. – Nielsen-Marsh, C. M. – Smith, C. I. – Collins, M. J. – Kars, H. 2004: Characterisation of microbial attack on archaeological bone. *Journal of Archaeological Science* 31, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2003.07.007>
- Knüsel, C. J. 2014: Crouching in fear: Terms of engagement for funerary remains. *Journal of Social Archaeology* 14, 26–58. <https://doi.org/10.1177/1469605313518869>
- Kolář, J. 2018: *Archaeology of local interactions. Social and spatial aspects of the corded ware communities in Moravia*. Studien zur Archäologie Europas 31. Bonn: Dr. Rudolf Habelt GmbH.
- Kolář, J. – Dobisíková, M. – Dreslerová, G. – Drozdová, E. – Fojtová, M. – Hložek, M. – Gregerová, M. – Přichystal, A. – Urbanová, K. – Wagenknechtová, M. 2011: *Kultura se šňůrovou keramikou v povodí říčky Hané na střední Moravě. Pohřební arno z prostoru dálnice D1 v úseku Vyškov–Mořice a dalších staveb*. Pravek Supplementum 23. Brno: Ústav archeologické památkové péče.
- Mickleburgh, H. L. – Wescott, D. J. 2018: Controlled experimental observations on joint disarticulation and bone displacement of a human body in an open pit: Implications for funerary archaeology. *Journal of Archaeological Science: Reports* 20, 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.04.022>

- Miszkiewicz, J. – Mahoney, P. 2015: Ancient Human Bone Microstructure in Medieval England: Comparisons between Two Socio-Economic Groups. *Anatomical record (Hoboken)* 299, 42–59. <https://doi.org/10.1002/ar.23285>
- Nicholson, R. A. 1998: Bone Degradation in a Compost Heap. *Journal of Archaeological Science* 25, 393–403. <https://doi.org/10.1006/jasc.1997.0208>
- Pankowská, A. – Žižková, A. – Kapusta, J. – Moník, M. 2022: Variation in human bone bioerosion during the Late Eneolithic/Bronze Age in Moravia (Czech Republic): A novel approach to BSE-SEM image quality and quantity assessment. *Archaeometry* 65, 370–390. <https://doi.org/10.1111/arcm.12816>
- Papakonstantinou, N. – Booth, T. – Triantaphyllou, S. 2020: Human remains under the microscope of funerary taphonomy: Investigating the histological biography of the decaying body in the prehistoric Aegean. *Journal of Archaeological Science: Reports* 34, 102654. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102654>
- Peška, J. 2013: Morava na konci eneolitu. Olomouc: Akademické nakladatelství CERM.
- Piepenbrink, H. 1986: Two examples of biogenous dead bone decomposition and their consequences for taphonomic interpretation. *Journal of Archaeological Science* 13, 417–430. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(86\)90012-9](https://doi.org/10.1016/0305-4403(86)90012-9)
- Piepenbrink, H. 1989: Examples of chemical changes during fossilisation. *Applied Geochemistry* 4, 273–280. [https://doi.org/10.1016/0883-2927\(89\)90029-2](https://doi.org/10.1016/0883-2927(89)90029-2)
- Průchová, E. – Chroustovský, L. 2009: Vícečetný pohřeb ze starší doby bronzové z Velkých Přílep. příspěvek ke studiu tafonomie, vzniku a účelu pohřebního komplexu. *Archeologické rozhledy* 61, 77–100.
- Smith, M. – Brickley, M. 2009: People of the long barrows: life, death and burial in the earlier Neolithic. Birmingham: The History Press.
- Šín, L. 2021a: Bystročice (okr. Olomouc) – U Topolánky. Parcela č. 362/14. Hrob H2, pohřeb 807. 10/2020. 60064. Antropologická zpráva. Olomouc: Archeologické centrum Olomouc.
- Šín, L. 2021b: Novostavba rodinného domu s garáží (Bystročice, Olomouc). Nálezová zpráva v archivu Archeologického ústavu AV ČR, Brno, č. M-TX-202100595.
- Sládek, V. – Kavánová, B. 2003: Statistické hodnocení tafonomických, osteoarcheologických a antropologických parametrů pohřebišť u 12. kostela v Mikulčicích. In: N. Profantová – B. Kavánová (eds.), Mikulčice – pohřebišťe u 6. a 12. kostela. Brno: Spisy Archeologického ústavu AV ČR 22, 435–460.
- Smith, C. I. – Nielsen-Marsh, C. M. – Jans, M. M. E. – Arthur, P. – Nord, A. G. – Collins, M. J. 2002: The strange case of Apigliano: early ‘fossilization’ of medieval bone in southern Italy. *Archaeometry* 44, 405–415. <https://doi.org/10.1111/1475-4754.t01-1-00073>
- Trueman, C. N. – Martill, D. M. 2002: The long-term survival of bone: the role of bioerosion. *Archaeometry* 44, 371–382. <https://doi.org/10.1111/1475-4754.t01-1-00070>
- Tuccia, F. – Giordani, G. – Vanin, S. 2022: State of the art of the funerary archaeoentomological investigations in Italy. *Archaeological and Anthropological Sciences* 14, 70. <https://doi.org/10.1007/s12520-022-01524-3>
- Végh, E. I. – Czermak, A. – Márquez-Grant, N. – Schulting, R. J. 2021: Assessing the reliability of microbial bioerosion features in burnt bones: A novel approach using feature-labelling in histotaphonomic analysis. *Journal of Archaeological Science: Reports* 37, 102906. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102906>
- White, L. – Booth, T. J. 2014: The origin of bacteria responsible for bioerosion to the internal bone microstructure: Results from experimentally-deposited pig carcasses. *Forensic Science International* 239, 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.03.024>

A taphonomic approach to Corded Ware culture mortuary practices in Moravia

The environment and its interaction with human society ranks among popular topics today, not only in ecology, but also in anthropology and archaeology. This article addresses the environmental aspects of burial through a reconstruction of the microenvironment in which the body lay shortly after death, which in turns brings us closer to a reconstruction of the burial rite of the given society and raises more general questions from the field of funeral archaeology and the ‘archaeology of death’.

Using the example of five skeletons from the period of the Corded Ware culture, I show the possibilities of contemporary histotaphonomy and archaeoethanatology in reconstructing the microenvironment of the grave. Archeoethanatomical methods (a part of field anthropology) can to a certain extent determine the original position of the body and whether the body was deposited in a hollow space or freely in the ground. Histotaphonomic analysis (analysis of bone preservation at the histological level) is useful in determining whether the decomposition of the body was arrested artificially (by mummification, excarnation, burning), naturally (by heat, water, etc.) or whether the decomposition of soft tissues was accelerated (e.g. burials in manure pits or on the surface of the ground). Based on the performed analyses, it was determined that four bodies were placed in a hollow space, while one grave also contained construction postholes. The graves were shallow and one skeleton had animal bite marks. Histotaphonomic analysis revealed that all four skeletons that showed signs of being in a hollow space had a perfectly preserved bone microstructure, meaning that decomposition of their bodies had been arrested very soon after death, which could have happened precisely because the bodies were deposited only in partially sunken spaces and the decomposition of soft tissues corresponded to the conditions of the decomposition process on the surface of the ground. Chamber graves or 'houses of the dead' are relatively well-investigated in the Corded Ware environment and a (histo)taphonomic analysis of skeletons can indirectly confirm the presence of a construction in the case that archaeological evidence is missing. But there are a number of other explanations, and these needn't be mutually exclusive. The bodies in the tombs could have been treated in various ways: some bones bear traces of fire/smoke or other heat-induced conditions that could have served as a certain mummification technique. However, the chemical degradation of apatite also leaves similar traces on bones as a result of low pH and humidity, but this would probably be accompanied by the activity of microorganisms, which is not the case in this instance. The research provided new insights into the ways of handling the dead in the Corded Ware culture. The present case study describes the possibilities of histotaphonomic methods, which in the near future will lead to more extensive research focusing on the relationship between the environment and the dead body in order to investigate funerary practices.

English by *David J. Gaul*