

# Zoologické preparáty pro výuku přírodovědy a biologie

## 3. Osteologické preparáty

V předchozích částech našeho volně navazujícího seriálu jsme se věnovali tekutinovým (Živa 2017, 4: CIX–CX) a dermoplastickým preparátům (2018, 4: CXII–CXV). Ve třetím dílu se zabýváme osteologickými, tedy kostními preparáty. Význam slova osteologický vychází z latinského *os* – kost. Pro účel našeho sdělení jsme zahrnuli i rohy, parohy, želví krunýře a další útvary, které obsahují rohovinu.

Historie novodobé osteopreparace sahá až do 16. století, kdy jsou datovány první jednoduché metody preparace kostí. Tyto metody byly popsány latinsky v mnoha dobových literárních dílech zabývajících se studiem anatomie (např. srovnání koster zvířat a člověka). Šlo o macerování kostí horkou vodou s opatrným mechanickým očištěním měkkých tkání nebo o preparaci hnilobnými bakteriemi. Metody čištění kostního materiálu pomocí různých chemikálií, jako jsou hydroxid sodný, draselný nebo soda, se objevovaly od konce 19. století. V té době se začala používat také organická rozpouštědla (Friš 1851) a byly vyvíjeny metodiky dokonalého odmaštění kostí organickými rozpouštědly v odmašťovacích aparátech.

O vhodnosti a atraktivitě osteopreparátů ve školním vyučování není pochyb. Na celých kostrách nebo lebkách lze žákům ukázat důležité morfologické znaky, dále tvary a typy zubů, rohy nebo parohy a lze vysvětlit, jak se určuje stáří jedince v době jeho smrti, porovnávat ekologická přízpusobení, např. na lebkách hlodavce a šelmy; u ptáků můžeme srovnávat různé druhy zobáků, stavbu křídla apod. Jak uvádějí Jan Mourek a Eva Lišková (2010), je vhodné, když žáci mohou porovnat lebku nebo celou kostru člověka a modelového savce.

Pokud chceme vyrobit preparát vlastní, osteologický materiál získáme různými způsoby – např. od řezníků, z jatek, farem, od myslivců nebo chovatelů, případně v obchodních řetězcích.

### Všeobecný postup při provádění osteopreparace

Zjednodušený popis osteopreparace v několika krocích zahrnuje mechanické odstranění měkkých tkání, odkrevnění, kompletní odstranění zbytků měkkých tkání, odmaštění, bělení, montáž a konečné úpravy. Při preparaci nedoporučujeme kombinovat různé postupy ani střídat různé typy chemikálií v jednotlivých fázích preparace, mohlo by to negativně ovlivnit celkový proces a výsledek.

### Odkrevnění

Odkrevnění preparátu po hrubém odstranění měkkých tkání (obr. 1) provádíme ve studené, často měněné nebo tekoucí vodě po dobu 24–48 hod., dokud se voda stále zabarvuje krví. Je důležité, aby preparovaný exemplář neležel na dně odkrevňovací nádoby. Můžeme přidat 50 ml amoniaku nebo 50 g chloridu sodného na 10 litrů vody. Přílišné množství chloridu sodného má však negativní vliv na případnou pozdější biologickou maceraci, a proto nelze tuto metodu v takovém případě doporučit. Dlouhé, velké kosti je dobré navrtat na vhodném místě v oblasti hlavic a provést propláchnutí tekoucí vodou (pomocí kanyly a hadičky). Tato úprava usnadní i odmaštění.

### Techniky odstranění měkkých tkání

Pro dokonalé odstranění měkkých tkání je nutné zvolit vhodnou preparační techniku podle povahy kostního materiálu – podle druhu, stáří a stavu kosti nebo skeletu. Lebky srnců líčníků, parukářů se před macerací nastříkují 4% roztokem formolu s následným obmotáním paroží, aby se zabránilo rozkladným procesům.

### •Macerace bakteriemi

Nejstarší způsob spočívá v rozkladu měkkých tkání hnilobnými bakteriemi při teplotách vyšších než 35 °C. Tato metoda je velmi šetrná. Odbourává z velké části také tukovou tkáň. Proces však trvá mnoho týdnů a vyznačuje se samozřejmě výrazným zápachem, proto doporučujeme, aby



nádoba s kostrou nebo lebkou byla uložena na dobře větratelném místě mimo dosah. Tímto způsobem můžeme preparovat i velké kostry v maceračních tancích nebo pod zemí, ponořené v rybníku či umístěné jinde mimo obydlenu zástavbu.

### •Macerace pomocí chemických látek

Nejběžnější metodu představuje „var“ ve vodě nebo vodném roztoku např. 5% uhlíčitánu sodného, 1% hydroxidu draselného či 0,5% hydroxidu sodného o teplotě zhruba 60–90 °C. Během vaření je třeba sbírat masnotu plovoucí na povrchu. Tyto metody však mohou poškozovat strukturu kostí i zuby. Dále se používají enzymatické přípravky jako Albinizér, Bělotrofix nebo Vyvasol 30–50 g na 1 litr vody, které při správném použití dosahují dobrých výsledků. Méně vhodnou alternativou mohou být roztoky Cloroxu nebo Persilu v množství 70 g na 10 litrů vody, kyselina citronová, kvasný lihový ocet atd. Průměrná doba macerace varem je 45–90 min. Během varu se průběžně mechanicky odstraňují zrosolovatěle části měkkých tkání. Je vhodné nechat poté zbytky tkání ještě několik dnů dohnout při pokojové teplotě.

Pro maceraci drobných a jemných objektů se používají roztoky 30% etanolu, amoniaku v poměru 1 : 1 s vodou, 1% trypsinu v destilované vodě při teplotě 37 °C po dobu 1–3 dnů, méně často k tomu slouží antiformin, pepsin nebo papain. Doporučován bývá také chroman draselný, jednan sodný a draselný, broman sodný a draselný (Porkert 1982). Další látkou použitelnou k maceraci za pokojové teploty je 10% roztok amoniaku.

Po maceraci se většinou provádí konečné omytí kostí ve vodě. Tato technika, velmi oblíbená u myslivců, však negativně působí zejména na zuby a povrch kostí, proto by se neměla používat pro vědecké účely.

### •Preparace hmyzem

Výhodou této metody je, že nepoškozuje kosti. Nejlepších výsledků dosáhneme s kožojedem obecným (*Dermestes lardarius*). Na odstranění měkkých tkání z malých a středních koster nebo částí větších skeletů se nejčastěji používají chochani v dermestáriu vhodných rozměrů při teplotě 25–29 °C. Kolonie těchto brouků očistí materiál podle své početnosti a velikosti preparátu za několik dnů, týdnů až měsíců, neživí se srstí ani peřím (Grulich 1978).

Z dalších využitých druhů hmyzu lze uvést larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*), např. k dočištění malých částí nebo skeletů (Pecina 1974). Je ale nutná kontrola před znečištěním jejich výkaly, protože zanechávají špatně odstranitelné skvrny na kosti. Dále máme na výběr švába šedého (*Nauphoeta cinerea*), larvy mouchy domácí (*Musca domestica*) nebo jiné živočichy, např. korýše stejnonožce *Cirolana harfordi*, lasturnatky (Ostracoda) nebo také svinky obecné (*Armadillidium vulgare*).

Preparace s pomocí mravenců ve formikáriu se nepoužívá, kyselina mravenčí poškozují povrch kosti. Mezi laickou veřejností obecně rozšířený názor o vhodnosti preparace mravenčí ve volné přírodě (vložením do mraveniště) není vhodný postup, a to i z důvodu možného nežádoucího ovlivňování životního prostředí

lesních mravenců rodu *Formica*, tedy porušení Zákona o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb.

### Odmašťování

Pokud by se kost neodmastila, mohou se časem na jejím povrchu vytvořit skvrny, na které se chytá prach. Tuk, který v kosti zůstane, postupem doby oxiduje a vzniká hmota, která je již velmi těžko odstranitelná a přispívá k dlouhodobé degradaci materiálu. Odmaštění se provádí vhodným rozpouštědlem, jako je aceton, benzin nebo tetrachlormetan (Altmann a Lišková 1979). Oxidaci tuku urychlí i běžné používání peroxidu při následném bělení, což ale může poškodit i kost (viz dále). Využít se dá také 5–10% roztok xylolu při teplotě 60 °C. Z důvodu bezpečnosti práce s těkavými rozpouštědly doporučujeme pracovat s těmito látkami v digestoři, uzavřené nádobě nebo v dobře větraných prostorách.

### Bělení

Dobře macerovaná a odmaštěná kost má svou přirozenou barvu a není třeba ji nijak bělit. Někdy ale mají např. sběratelé o tuto úpravu zájem, proto metodu uvádíme pouze pro úplnost. Používání koncentrovaného 30% peroxidu vodíku, který poškozují povrch kosti, není vhodné. Optimální koncentrace roztoku pro malé kosti je do 2–5 % (Altmann a Lišková 1979), pro střední 5–7 % a velké až 10 %. Roztok peroxidu vodíku bývá vhodné alkalizovat čpavkem. Na 1 litr roztoku peroxidu přidáme 5 ml 25% roztoku amoniaku, 10% hydroxidu sodného nebo draselného (Táborský 1972) nebo roztok 50 ml 0,3% uhličitanu draselného. V některých případech použijeme roztok chlorného vápna. V domácích podmínkách lze kosti bělit též pracími prostředky s bělicí složkou. Těmi je možné dosáhnout dobrých výsledků i při odmašťování kostí nebo jejich očištění od zbytků tkání. Závěrem ale připomínáme, že chemické bělení narušuje povrch kostí.

### Montáž a konečné úpravy

Konzervaci preparátu můžeme provést u exhumovaných a křehkých kostí poškozených degradačními procesy impregnací v roztoku celoidinu, octanu amylnatého a acetonu nebo průhledného laku a ředidla v poměru 1 : 1, případně disperzního lepidla ve stejném poměru s vodou



1 Průběh odkrevnění a hrubého odstraňování měkkých tkání z exempláře straky obecné (*Pica pica*)

2 až 4 Vypreparovaná kostra kosmana zakrslého (*Callithrix pygmaea*, obr. 2), krokodýla nilského (*Crocodylus niloticus*, 3) a sýkory koňadry (*Parus major*, 4)

(Řezníček 2013). Alternativou konzervace větších lebek, např. krav a velbloudů, je použití 10% roztoku metakrylátové pryskyřice Paraloid P72 s etanolem nebo acetonem (J. Sklenář – ústní sdělení). K označení lebky je nejvhodnější černá tuš. Pro povrchové ošetření barvy kosti lze s úspěchem použít přípravky Troficare, Trofiwax nebo Trophäenschutz. Paroží můžeme dobarvit různými přípravky, lihovým mořidlem, roztokem hypermanganu nebo šťávou ze zelených slupek ořešáku. Uvolněné zuby vlepíme kyanoakrylátovým lepidlem. Případné seřiznutí trofejových lebek lze provést seřezávačem, tedy dvoudílným nastavitelným držákem s drážkami pro vedení pily. Pokud není k dispozici lebka, lze pro upevnění paroží použít upravený odlietek lebky např. z plastu, který nabízejí firmy s preparátorskými potřebami.

### Sestavování koster nebo jejich částí

Nejjednodušší postup je podle předlohy již sestavené kostry. Pokud není k dispozici,

lze vypreparovat jednu část kostry zcela a sestavit ji podle druhé, zatím pouze částečně vypreparované. Kompletaci malých a některých středních koster a jejich částí provedeme kyanoakrylátovým lepidlem nebo vhodnými tmely (obr. 2, 3 a 4). Nejprve sestavujeme kosti trupu na osní drát vedoucí páteřním kanálem s postupným připevňováním žeber. Po zavěšení již hotové části do potřebné výšky jsou kompletovány a postupně připevněny kosti končetin. Části větších skeletů můžeme na vhodných místech navrtávat a spojovat pomocí drátků a pružinek.

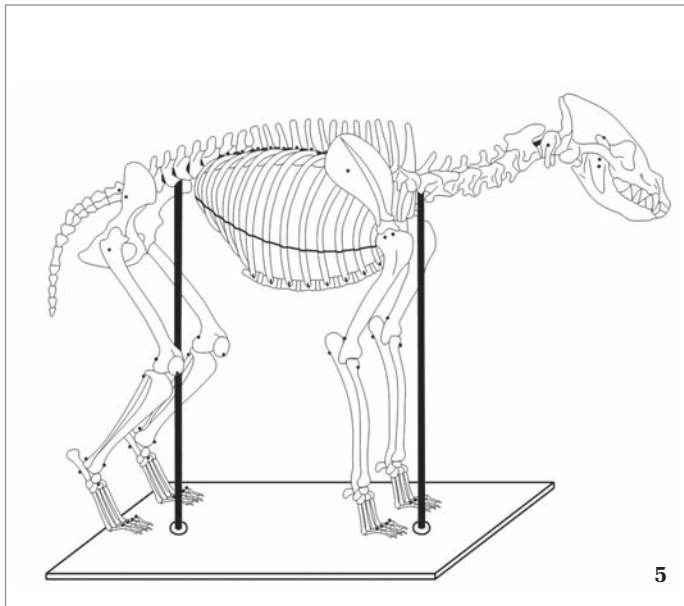
U velkých koster je třeba usadit ocelovou vzpěru umístěnou nejčastěji v oblasti hrudníku mezi předními končetinami a v pánvi (obr. 5, 6 a 7). Používá se také pásovina, silné ocelové dráty a mnohdy i opěry a závěsy. Některé končetinové kosti můžeme spojit tmelem na silikonové bázi, kolíky, dráty nebo provazy. Náhrada, např. meziobratlových plotének, může mít formu silikonu nebo plsti. Výsledný preparát se upevní na vhodnou dřevěnou desku, u větších exponátů opatřenou kolečky.

### Speciální metody osteopreparace

Mezi speciální techniky patří např. projasnění kostí podle německého anatoma Wenera Spalteholze v organických rozpouštědlech, barvení kostí alizarinem, dekalcifikace a výbrusy, nástřiky nebo zhotovování průřezových preparátů pro demonstraci vývoje a stavby kostí a koster.

Většina kostního materiálu se připravuje podobně, s drobnými odchylkami, existují však výjimky, např. preparace ryb a paryb. Kraniální skelet si zaslouží největší pečlivost a opatrnost, kvůli nebezpečí ztráty některých drobnějších kostí. Nejvhodnějším způsobem preparace rybí lebky je rozložení na jednotlivé kosti nebo skupiny kostí a jejich samostatné očištění. To lze provést mechanicky, ideálně po krátkém ponoření do horké vody, nebo pomocí larev kožojedy či potemníků. Očištěné části lebky se spojují nejlépe kyanoakrylátovým lepidlem, které umožňuje lepit vlhký materiál, a tedy celou lebku zkompletovat před případným rozeschnutím a deformací jednotlivých částí (obr. 8). Pro vytvoření preparátu celé kostry ryby doporučujeme hrubě mechanicky očistit kostru a poté použít kožojedy. Velkou výhodou až nezbytnou podmínkou je dobrá znalost anatomie ryb.





5



6

Kostru paryb tvoří chrupavka, v tomto případě jde tedy spíše o chondropreparaci. Jejím problémem není očištění kostry, které lze celkem snadno provést mechanicky po krátkém a opatrném povaření, ale uchování chrupavky v původním tvaru. Chrupavka je silně hydratovaná a její vysychání způsobuje značnou deformaci kostry. Pro konzervaci v původním tvaru se osvědčila postupná dehydratace v roztocích vody s acetonem, jehož přidáváme po 10 %, nebo lyofilizaci (stačí v běžném mrazáku), případně napouštění chrupavky roztokem Paraloidu (Stohler 1945, Ěnault 2016).

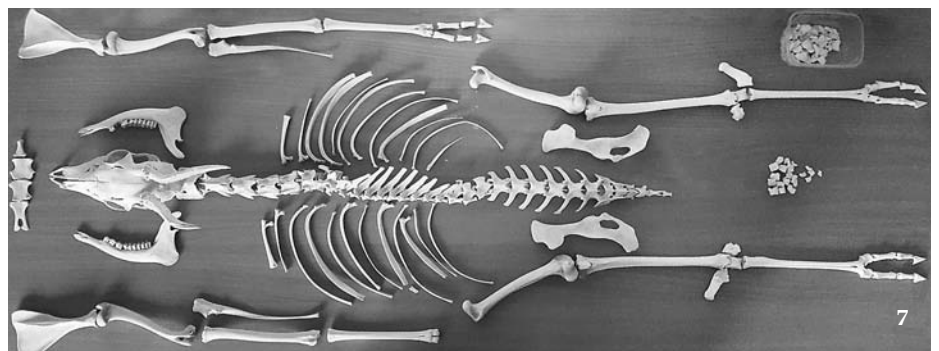
Další případ specifické preparace je želví krunýř, tedy plastron a karapax. Po mechanickém odstranění těla želvy můžeme macerovat zbytky měkkých tkání proléváním 1% roztoku hydroxidu draselného. Při ponoření celého krunýře do roztoku nebo použití kožojedů hrozí odpadání rohovinových destiček.

### Údržba preparátů

Periodická údržba kostního materiálu spočívá hlavně v jeho uchování ve vhodných podmínkách. Zašlé kosti je možné opětovně macerovat v teplé vodě s přidávkou sody, jaru nebo dithioničitanu sodného. Další možností je nátěr kosti roztokem jarové vody s 3–5 % peroxidu vodíku. Roztok nesmí přijít do styku se spojovacími kovovými částmi. Pro přebělení lze použít také bělicí pastu Trofi-BP, kterou po 12–24 hod. opláchneme vodou.

### Poškození, možnosti opravy a optimální uložení

Mezi nejčastější poškození patří mastná nečistota ulpívající na povrchu kosti, deformace drobných kostí, chybějící části skeletu, mechanicky narušené spoje nebo části kostry. Odstranění mastnoty jsme již probrali dříve. Chybějící menší části kosti je možné nahradit tmelem z bílé sádry, disperzního lepidla a vody. Po zaschnutí se odlitek přilepí směsí malířského tmelu a lepidla a po zatuhnutí se upraví povrch (Kolčava 2005). Jednodušší je zhotovení tmelu smícháním uvedeného lepidla a hladké mouky. Drobná mechanická poškození, jakými jsou uvolněné spoje a uvolnění kostí, si mohou učitelé



7



8

- 5 Schéma spojů kostry hyeny skvrnitě (*Crocuta crocuta*). Orig. J. Tauš  
 6 a 7 Kostra srnce obecného (*Capreolus capreolus*, obr. 6) a její jednotlivé části před složením (7)  
 8 Vypreparovaná lebka hlavatky sibiřské (*Hucho taimen*)  
 9 Lebka losa evropského (*Alces alces*) s paroží. Snímky z archivu autorů

opravit sami s žáky. Se složitějšími opravami, např. chybějícími kostmi nebo poškozením skeletu, je dobré se obrátit na některého ze zoologických preparátorů, kteří stav poškození zhodnotí a část skeletu nahradí buď pomocí kostního tmelu, odlitku z pryskyřice, vhodného polyuretanu, nebo jinou kostí. Restaurování poškozených částí, např. chrupavek žeber, lze provést impregnační polyvinylacetát, dvousložkové pryskyřice a modelovací hlíny. Alternativou k restaurování je zakoupení odlitků kostí nebo koster různé kvality.

Osteologický materiál uložíme optimálně ve vhodném těsném, bezprašném a suchém obalu ve skříni bez přímého



9

slunečního svitu při teplotě 16–25 °C a relativní vlhkosti 40–60 % (Fletcher 2014).

**Kolektiv spoluautorů: Tomáš Kočí, Pavel Zuber, Radek Patloka, Petr Kopija a Vladimír Čech**

Seznam použité literatury uvádíme na webové stránce Živy.