



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



**OSTRAVSKÁ**  
UNIVERZITA

# **ZÁKLADY FYZICKÉ ANTROPOLOGIE PRO BIOLOGY**

PODPORA STUDIJNÍCH PROGRAMŮ ZAMĚŘENÝCH  
NA PŘÍPRAVU BUDOUCÍCH UČITELŮ  
OSTRAVSKÉ UNIVERZITY

**MICHAL ŽIVNÝ**

STUDIJNÍ MATERIÁL

**OSTRAVA 2022**

Tvorba studijního textu byla podpořena finančními prostředky MŠMT určenými na podporu studijních programů zaměřených na přípravu budoucích učitelů.

Název:	Základy fyzické antropologie pro biology
Autor:	Michal Živný
Vydání:	první, 2022
Počet stran:	72

Jazyková korektura nebyla provedena, za jazykovou stránku odpovídá autor.

© Michal Živný  
© Ostravská univerzita

Studijní text *Základy fyzické antropologie pro biology* pokrývá svým obsahem učivo zaměřené na aplikaci poznatků z biologie (anatomie i fyziologie) člověka do oblasti biologické (fyzické) antropologie u vysokoškolských studentů biologických (neantropologických) oborů, odborných i učitelských. Skriptum představuje studentům antropologii jako komplexní vědní obor s důrazem na jeho holistický (integrální) charakter a interdisciplinární přesahy do několika dalších oborů. Podává základy obou hlavních metodických přístupů fyzické antropologie, antroposkopie a antropometrie, v obou základních bioantropologických směrech, kterými jsou somatoantropologie (tedy antropologie živého člověka) a osteoantropologie (tedy kosterní antropologie). Text skriptu může sloužit i jako návod na praktická měření lidského těla a zpracování lidských kostí v rámci laboratorních cvičení.

Cílem studijního textu není vychovat ze studentů zkušené antropology. Cílem je zejména doplnit jejich studium biologie základními poznatky z fyzické antropologie, aby byl jejich přehled o biologii člověka širší než pouze základní anatomicko-fyziologický, aby dokázali přemýšlet o člověku ze širšího než pouze z biologického pohledu, aby se seznámili s praktickými aplikacemi biologie člověka a antropologie a s jejich širokým interdisciplinárním přesahem a aby tedy bylo biologické vzdělání absolventů komplexní a ucelené. Studium základů fyzické antropologie vyžaduje dobré vstupní znalosti anatomie člověka, a to především anatomie kosterní soustavy.

*V textu skriptu se objevuje několik forem grafické úpravy písma, které se liší v požadavcích na hloubku znalostí pro účely zkoušky (ta bude upřesněna vyučujícím).*

Přeji všem studujícím co nejhladší průběh studia.

Michal Živný

## OBSAH

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 VYMEZENÍ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2 ÚVOD DO FYZICKÉ ANTROPOLOGIE .....</b>	<b>6</b>
1.2.1 Obecná charakteristika .....	6
1.2.2 Rozdělení fyzické antropologie .....	6
1.2.3 Metody fyzické antropologie .....	8
<b>1.3 ÚVOD DO ANTROPOSKOPIE .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4 ÚVOD DO ANTROPOMETRIE .....</b>	<b>9</b>
1.4.1 Obecná charakteristika .....	9
1.4.2 Orientace měřeného objektu .....	9
1.4.3 Antropometrické body .....	10
1.4.4 Antropometrické míry .....	10
1.4.5 Antropometrické instrumentarium .....	11
<b>2 SOMATOANTROPOLOGIE .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 VYMEZENÍ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 SOMATOSKOPIE .....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Úvod .....	14
2.2.2 Somatoskopie hlavy .....	14
2.2.3 Somatoskopie trupu a končetin .....	15
<b>2.3 SOMATOMETRIE TĚLA JAKO CELKU .....</b>	<b>16</b>
2.3.1 Tělesná výška .....	16
2.3.2 Tělesná hmotnost .....	18
2.3.3 Výškově-hmotnostní poměry .....	19
2.3.4 Povrch těla .....	19
<b>2.4 SOMATOMETRIE HLAVY .....</b>	<b>20</b>
2.4.1 Úvod .....	20
2.4.2 Antropometrické body .....	20
2.4.3 Antropometrické míry .....	21
2.4.4 Antropometrické indexy .....	21
<b>2.5 SOMATOMETRIE TRUPU A KONČETIN .....</b>	<b>22</b>
2.5.1 Antropometrické body .....	22
2.5.2 Antropometrické míry .....	23
2.5.3 Antropometrické indexy .....	25
<b>2.6 DALŠÍ SOMATOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY .....</b>	<b>26</b>
<b>3 OSTEOANTROPOLOGIE I: Úvod .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 VYMEZENÍ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2 ZÁKLADY THANATOLOGIE A TAFONOMIE .....</b>	<b>28</b>
3.2.1 Úvod .....	28
3.2.2 Intaktní manipulace s lidskými pozůstatky .....	29
3.2.3 Invazivní manipulace s lidskými pozůstatky .....	29
3.2.4 Destruktivní manipulace s lidskými pozůstatky .....	29
3.2.5 Rozklad měkkých tkání .....	30
3.2.6 Rozklad tvrdých tkání .....	31
<b>3.3 NEKOSTERNÍ POZŮSTATKY .....</b>	<b>33</b>
3.3.1 Úvod .....	33
3.3.2 Měkké tkáně .....	33
3.3.3 Ichnofosilie .....	35
3.3.4 Produkty metabolismu .....	37

<b>4 OSTEOANTROPOLOGIE II: Základní metody .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 VYMEZENÍ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 TECHNICKÉ ZPRACOVÁNÍ KOSTERNÍCH POZŮSTATKŮ .....</b>	<b>38</b>
4.2.1 Terénní výzkum .....	38
4.2.2 Laboratorní ošetření .....	39
<b>4.3 OSTEOSKOPIE .....</b>	<b>40</b>
4.3.1 Úvod .....	40
4.3.2 Popisné znaky .....	40
4.3.3 Anatomické variety .....	41
<b>4.4 OSTEOMETRIE LEBKY .....</b>	<b>42</b>
4.4.1 Úvod .....	42
4.4.2 Antropometrické body .....	42
4.4.3 Antropometrické míry .....	43
4.4.4 Antropometrické indexy .....	45
<b>4.5 OSTEOMETRIE POSTKRANIÁLNÍHO SKELETU .....</b>	<b>46</b>
4.5.1 Úvod .....	46
4.5.2 Antropometrické míry .....	46
4.5.3 Antropometrické indexy .....	47
<b>5 OSTEOANTROPOLOGIE III: Identifikace jedince .....</b>	<b>48</b>
<b>5.1 VYMEZENÍ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>48</b>
<b>5.2 ODHAD POHLAVÍ .....</b>	<b>48</b>
5.2.1 Definice pohlaví .....	48
5.2.2 Klasifikace pohlaví .....	49
5.2.3 Morfoskopické metody .....	50
5.2.4 Morfometrické metody .....	51
<b>5.3 ODHAD VĚKU .....</b>	<b>53</b>
5.3.1 Definice věku .....	53
5.3.2 Klasifikace věku .....	53
5.3.3 Odhad věku u dětí .....	54
5.3.4 Odhad věku u periaulturních jedinců .....	54
5.3.5 Odhad věku u dospělých jedinců .....	54
<b>5.4 REKONSTRUKCE VÝŠKY POSTAVY .....</b>	<b>55</b>
<b>5.5 ODHAD ETNICITY .....</b>	<b>56</b>
<b>5.6 SPECIALIZOVANÉ OSTEOLOGICKÉ ANALÝZY .....</b>	<b>57</b>
5.6.1 Fyzikálně-chemická analýza .....	57
5.6.2 Analýza DNA .....	59
5.6.3 Specializované odontologické analýzy .....	62
5.6.4 Další specializované analýzy .....	63
<b>Literatura .....</b>	<b>65</b>

# 1 ÚVOD

## 1.1 Vymezení problematiky

---

Antropologie (řecky *anthropos* = člověk) je věda o člověku. I když je však člověk, podobně jako všechny jiné živé organismy, primárně biologický tvor, nelze antropologii chápat pouze jako disciplínu zařaditelnou na úroveň jiných systematických biologických věd, např. botaniky, mykologie či zoologie. Člověk se od ostatních živých organismů odlišuje jednou velmi důležitou vlastností – nejde pouze o tvora biologického, ale z velmi podstatné části jde i o bytost (socio)kulturní a (socio)kulturní dimenze lidské existence výrazně zpětně ovlivňuje i jeho biologickou podstatu. Antropologie se proto zabývá člověkem v celé šíři jeho bytí (jde o tzv. *holistický* či *integrální* přístup), čímž se někdy výrazněji odchyluje od biologie samotné. V některých západních zemích je antropologie považována spíše za vědu humanitní a sociální než za vědu přírodní. Primární podstata člověka je však biologická – kultura a společnost je nadstavba vycházející z biologického základu, a totéž platí i pro antropologii. Komplexní přístup ke studiu člověka ústí v existenci dvou základních směrů antropologie – antropologie biologické (fyzické) a antropologie kulturní (resp. sociokulturní, včetně antropologie lingvistické). Oba směry se však významně prolínají a ovlivňují téměř ve všech oblastech antropologie.

## 1.2 Úvod do fyzické antropologie

---

### 1.2.1 Obecná charakteristika

Biologická (fyzická) antropologie či *bioantropologie* se zabývá člověkem z biologického hlediska. Výzkum se zaměřuje jak na recentního člověka, tak na člověka z dob minulých, tedy na lidské fosilie a fylogenezi člověka. Biologická antropologie vychází z anatomie člověka, která je základním zdrojem biologických znalostí o člověku. Rozdíl je však v tom, že zatímco anatomie se zaměřuje na základní popis lidského těla v daném místě a čase a je tedy, z tohoto úhlu pohledu, převážně statickou disciplínou, antropologie zkoumá i variabilitu tělesných znaků člověka, tedy jeho proměny z hlediska místního (regionálního) i časového a z tohoto pohledu je tedy převážně dynamickou vědou.

### 1.2.2 Rozdělení fyzické antropologie

Biologická (fyzická) antropologie je sama o sobě poměrně rozsáhlým výzkumným směrem, který se dělí do řady dílčích disciplín a jenž přesahuje svými aplikacemi do dalších oborů. Mezi hlavní tradiční odvětví fyzické antropologie patří somatoantropologie a osteoantropologie.

- **somatoantropologie:** Označuje se rovněž jako „*živá*“ antropologie či antropologie živého člověka (z řeckého *soma* = tělo). Zabývá se výzkumem živého člověka, např. měřením těla, pozorováním a popisem morfologických znaků, tvarů či anatomických variet a vyvozováním individuálních i populačních závěrů. Somatoantropologie je součástí některých dílčích či aplikovaných antropologických oborů, jako je etnická antropologie, ergonomie, forenzní antropologie (kriminalistika), vývojová biologie, sportovní antropologie a kinantropologie, je ale využívána i v různých lékařských oborech (obezitologie, pediatrie, auxologie, gynekologie, porodnictví a další).
- **osteoantropologie:** Označuje se rovněž jako *kosterní antropologie*. Zabývá se výzkumem kosterních (resp. tělesných) pozůstatků člověka (z řeckého *osteo* = kost). Cílem jejího výzkumu je, kromě získání základních informací o kostech jako takových, především co nejpresnější rekonstrukce charakteristik života jejich nositele (etnicita, pohlaví, věk, velikost těla, zdravotní stav atd.), tedy zjišťování všech dostupných informací, jež jsou „zakonzervovány“ právě v trvanlivých tělesných tkáních. Osteoantropologie je součástí některých dílčích antropologických či aplikovaných oborů, jako je např. archeologie (resp. osteoarcheologie či bioarcheologie), prehistorická antropologie, paleoantropologie a forenzní antropologie (kriminalistika).

## STRUČNÉ DĚJINY ANTROPOLOGIE

Antropologie se jako holistická disciplína, tak, jak je dnes chápána, začala formovat až v novověku (od roku 1501 – viz níže). Předchozí dějiny antropologie nicméně můžeme spojovat s dílčí historií některých oborů. Co se týká antropologie biologické, jde zejména o lékařství a anatomii. Ze starořeckých učenců je možno uvést jména jako *Hippokrates* (asi 460–370 př. n. l.), *Aristoteles* (384–322 př. n. l.) a *Hérofilos* (335–280 př. n. l.), ze starořímských lékařů *Galénos* (asi 129–216 n. l.). Ve středověku se věda a lékařství rozvíjely zprvu spíše v arabském světě, zatímco Evropa až do období renesance v tomto směru ustrnula. Co se týká antropologie sociokulturní, předchůdce můžeme vidět v popisech kulturních rozdílů mezi etnickými skupinami ve starověkých orientálních kulturách, např. v díle řeckého historika *Hérodot*a (asi 484–425 př. n. l.).

- **antropologie v 16. a 17. století:** Jde o dobu počátků antropologie jako samostatného vědního oboru. Pro historii antropologie je významným rok 1501, kdy se název tohoto vědního oboru objevil vůbec poprvé. Bylo to v titulu díla německého lékaře a teologa **Magnuse Hundta** (1449–1519) nazvaného *Antropologium de hominis dignitate* a vydaného tohoto roku v Lipsku. Na člověka je zde nazíráno jako na obraz Boží, podstatným faktem je však to, že je rozebírán nejen z hlediska biologického (anatomického a filozofického), ale i duševního a duchovního. Období 16. století je rovněž důležitým mezníkem rozvoje anatomie. V tomto smyslu je spojeno zejména se jménem vlámského anatoma **Andrieše van Wesela** (1514–1564), známějšího pod latinizovaným jménem **Andreas Vesalius**. Jeho stěžejní anatomické dílo, sedmidílná práce *De humani corporis fabrica Libri septem*, bylo vydáno roku 1543 v Basileji. Autor v něm zúročil svoje zkušenosti z pitev na italských univerzitách v Boloni a v Padově, které poopravily některé nepřesné původní představy o stavbě lidského těla. Roku 1654 vydal německý přírodovědec **Johann Sigismund Elsholtz** (1623–1688) pojednání s názvem *Anthropometria*, ve kterém se zabýval vztahem tělesných proporcí k frekvenci výskytu různých nemocí.
- **antropologie v 18. a 19. století:** Jde o dobu masivního rozvoje antropologie a zavádění standardizovaných výzkumných metod. Byla formulována evoluční teorie, která postupně vytěšňovala kreacionistické pojetí vývoje světa a člověka a významně pronikla i do antropologie. Byla učiněna řada nálezů fosilních lidských forem a probíhaly spory ohledně jejich interpretace. Recentní lidstvo začalo být odborně klasifikováno do různých biologických skupin („ras“). Německý lékař a antropolog **Ernst Platner** (1744–1818) vydal roku 1772 práci s názvem *Anthropologie für Aerzte und Weltweise*, v níž medicínu rozšiřuje o filozofickou dimenzi, čímž se přiblížil k psychosomatickému pojetí tohoto oboru. Holandský lékař a přírodovědec (zoolog, antropolog a paleontolog) **Petrus Camper** (1722–1789) definoval na hlavě (lebce) člověka tzv. lícni úhel, pomocí kterého popisoval jednotlivé lidské skupiny. Stal se tak významnou osobností v počátcích antropometrie. Německý lékař a antropolog **Johann Friedrich Blumenbach** (1752–1840) se zase zabýval popisem morfologických rozdílů mezi lidskými skupinami, čímž se stal významnou osobností v počátcích antroposkopie. Švédský anatom a antropolog **Anders Adolph Retzius** (1796–1860) zavedl roku 1840 tzv. hlavový (lebeční) index, dnes známý jako délkošířkový index, který se stal prvním definovaným indexem na hlavě a na lidském těle vůbec, dodnes významným a používaným. Francouzský lékař a antropolog **Paul Broca** (1824–1880) významně rozvinul zejména kranioometrii (měření lebky) a zavedl standardizovaný antropometrický instrumentář. Je rovněž objevitelem motorického centra řeči, které po něm bylo i pojmenováno.
- **antropologie ve 20. a 21. století:** Jde o dobu dalšího rozvoje antropologie, plynule navazující na antropologii 19. století. Dějiny antropologie nelze pro tuto dobu charakterizovat stručně, nicméně všeobecně je prohlubována interdisciplinarita (mezioborová spolupráce) a jsou zaváděny moderní výzkumné metody. Významnými počiny se stala opakovaná vydání rozsáhlých kompendií (učebnic) praktických antropologických metod, která jsou požívána antropology dodnes.
  - **Amerika:** V Americe působil na přelomu 19. a 20. století lékař a antropolog českého původu **Aleš Hrdlička** (1869–1943). Zabýval se studiem neevropských etnik v severní Americe a historií osídlování Ameriky. Formuloval teorii o jednotném původu lidstva a rovnosti lidských ras, což bylo v kontrastu se spíše rasisticky laděnými postoji v tehdejší Evropě. Roku 1918 založil světově významný odborný časopis *American Journal of Physical Anthropology* (dnes vydávaný pod názvem *American Journal of Biological Anthropology*). Roku 1920 vydal učebnici s názvem *Anthropometry* a roku 1939 učebnici *Practical Anthropometry* vydávanou poté opakovaně.
  - **Evropa:** Roku 1914 vydal švýcarský antropolog **Rudolf Martin** (1864–1925) rozsáhlou učebnici antropologických metod nazvanou *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung*. Roku 1928 vyšlo její 2. vydání. Na 3. vydání, které vyšlo roku 1957, se podílel německý lékař a antropolog **Karl Saller** (1902–1969). Roku 1988 vyšlo 4. vydání, které rozšířil a sestavil německý antropolog **Rainer Knußmann** (1936–2017) a v následujících letech opakovaně vydával pod názvem *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*.
  - **Česká republika:** Počátky vědeckého pojetí antropologie u nás sahají do poloviny 19. století. Zasloužili se o to lékař **Jan Evangelista Purkyně** (1787–1869) a jeho asistent **Eduard Grégr** (1827–1907), významný tehdejší novinář a politik, ale i lékař, jenž roku 1858 publikoval v časopise *Živa* článek *O lebkách člověčích vůbec a o slovanských zvláště*. Stěžejní osobností naší antropologie konce 19. a počátku 20. století byl lékař a antropolog, pozdější děkan Přírodovědecké fakulty a poté i rektor Karlovy univerzity v Praze, **Jindřich Matiegka** (1862–1941). Zabýval se antropologickým výzkumem lidských fosilií a prováděl u nás první velká antropometrická šetření dětí i dospělých. Významným počinem naší antropologie v první polovině 20. století bylo založení antropologického ústavu při Karlově univerzitě v Praze roku 1920 (zakladatelem byl Jindřich Matiegka) a antropologického ústavu při Masarykově univerzitě v Brně roku 1923, jehož zakladatelem byl **Vojtěch Suk** (1879–1963). Významnou osobností naší antropologie ve druhé polovině 20. století je **Vojtěch Fetter** (1905–1971), který v 50. a 60. letech prováděl rozsáhlá antropometrická šetření a roku 1967 vydal s týmem spolupracovníků obsáhlou učebnici s názvem *Antropologie*. Od druhé poloviny 20. století dochází k rozvoji řady antropologických institucí při univerzitách a muzeích, kde pracují již řady antropologů, z nichž někteří dosáhli mezinárodního věhlasu.

### 1.2.3 Metody fyzické antropologie

Pro antropologické zkoumání (posouzení) živého lidského těla i lidských kosterních pozůstatků se využívají především dva hlavní postupy – morfoskopický a morfometrický. Liší se charakterem získaných údajů a jejich objektivitou. Mohou se během konkrétního výzkumu vzájemně prolínat.

- **morfoskopie:** Jde o posouzení zkoumaného objektu (těla, kostí) pohledem, tedy vizuálně. Je to tedy postup kvalitativní a subjektivní (způsob posouzení se může měnit v závislosti na pozorovateli nebo i na čase pozorování – různí pozorovatelé nebo jeden pozorovatel v různých dobách mohou jeden a tentýž znak posoudit jinak, záleží tedy, mimo jiné, i na zkušenosti badatele). Z tohoto důvodu existuje snaha kvantifikovat vizuálně posuzované znaky tak, aby se výsledky co nejvíce objektivizovaly. Morfoskopie živého člověka se označuje jako *somatoskopie*. Jejím příkladem může být hodnocení tvaru postavy, barvy vlasů či očí, tvaru nosu či rtů a mnoha dalších charakteristik. Morfoskopie kostí se označuje jako *osteoskopie*. Příkladem je pozorování obrysu lebky, hodnocení stupně rozvoje pohlavně dimorfních znaků na kostech či sledování počtu a stavu zubů.
- **morfometrie:** Jde o měření různých veličin na lidském těle. Jsou to proto postupy kvantitativní a objektivní (správným měřením dosáhne, alespoň teoreticky, každý měřící stejného výsledku i po opakovaném měření). Metrické výsledky se vyjadřují číslem a jednotkou měřené veličiny. Morfometrie živého člověka se označuje jako *somatometrie*. Jejím příkladem může být měření výšky těla, obvodu hlavy či zjišťování tělesné hmotnosti. Morfometrie kostí se označuje jako *osteometrie*. Příkladem je měření délky dlouhých kostí, vzdáleností na lebce či objemu neurokránie, významným osteometrickým postupem je i rekonstrukce výšky těla na základě kostních měř.

## 1.3 Úvod do antroposkopie

Antroposkopie je vizuální posuzování morfoskopických znaků na lidském těle, tedy jejich popis, hodnocení a klasifikace. Antroposkopii můžeme rozdělit podle charakteru zkoumané (posuzované) části těla na somatoskopii a osteoskopii.

- *somatoskopie:* Jedná se o vizuální posuzování morfologických znaků na těle živého člověka.
- *osteoskopie:* Jedná se o vizuální posuzování morfologických znaků na lidských kostech.

Na lidském těle a jeho částech můžeme vizuálně hodnotit např. tvar, velikost (pokud ji posuzujeme relativně, bez přesného měření), stupeň rozvoje nějakého znaku, polohu (orientaci) dané anatomické struktury, barvu (např. kůže, očí či vlasů – tradičně se k tomu používají vzorníky), intenzitu nějakého znaku (např. hustotu ochlupení), vývojové (věkové) změny nebo přítomnost či nepřítomnost určitých znaků. Nejčastěji hodnoceným znakem v antroposkopii je tvar. V případě živého těla (v somatoskopii) popisujeme tvar obličeje, nosu, ucha a dalších anatomických struktur. Toho se využívá např. při popisu biologických specifíků různých lidských populací (etnik, „ras“). Pokud jde o lidské kosti (osteoskopii), hodnotí se např. obrys lebky, tvar průřezů kostí či tvar pohlavně dimorfních znaků na kostech. Těchto postupů se využívá např. při odhadu pohlaví podle kostí. Morfoskopické znaky jsou obvykle znaky kontinuální, jedna forma tedy plynule (spojitě) navazuje na druhou. Jak bylo již uvedeno v obecném pojednání o morfoskopii, vizuální posuzování je, jakožto kvalitativní hodnocení, zatíženo subjektivitou (subjektivním pohledem badatele). Využívají a využívají se proto kvantifikační metody, které mají za cíl převést vizuálně posuzované znaky do „řeči čísel“, a tak je objektivizovat. Nejen v antropologii se k tomu to účelu využívá tzv. **analýza tvaru** (geometrická morfometrie), pomocí které je tvar objektů popisován čísly a matematickými funkcemi. Výsledky analýzy tvaru umožňují srovnávat různé jedince i populace za využití statistických metod.

Pro ilustraci můžeme zmínit např. délkoošířkový index hlavy (lebky). Jde o poměr mezi největší šířkou a největší délkou hlavy (viz níže). Hodnota tohoto indexu může být u dvou různých lidí zcela totožná (pokud je poměr šířky a délky jejich hlav stejný), tvar hlavy (v tomto případě obrys hlavy v normě vertikální) však u nich může být značně odlišný. Je to proto, že hodnota indexu vyjadřuje pouze poměr dvou lineárních měř (šířky a délky hlavy), nijak však nezapočítává, jaký tvar má obrys hlavy mezi body, jimiž je délka a šířka definována. Analýza tvaru dokáže pomocí čísel rozdíly ve tvaru obou hlav stanovit.



## 1.4 Úvod do antropometrie

### 1.4.1 Obecná charakteristika

Antropometrie je měření lidského těla (jde tedy o morfometrii). Je součástí širší metodiky měření živých organismů – *biometrie* (tento pojem je však chápán širěji ve smyslu zjišťování a evidence individuálních morfologických charakteristik sloužících k identifikaci jedince, a to nejen metrických, ale i nemetrických, např. otisků prstů, skenů rohovky či digitalizovaných pohybových vzorců). Antropometrii můžeme rozdělit podle charakteru měřené části těla na somatometrii a osteometrii.

- *somatometrie*: Jedná se o měření na těle živého člověka. V případě měření hlavy se tento postup označuje jako *kefalometrie*.
- *osteometrie*: Jedná se o měření lidských kostí. V případě měření lebky se tento postup označuje jako *kranioimetrie*.

Pro úspěšné antropometrické šetření je třeba dodržet několik zásad, jejichž cílem je ujednotit postupy všech badatelů a zajistit srovnatelnost výsledků. Jedná se především o orientování měřeného objektu do nějaké standardizované (normované) polohy, zavedení tzv. antropometrických bodů, od nichž se měření odvíjí, a definování antropometrických měř.

### 1.4.2 Orientace měřeného objektu

Měření vyžaduje, aby byl měřený objekt (lidské tělo) umístěn do nějaké standardizované (normované) polohy tak, aby výsledky metrického výzkumu různých badatelů vycházely vždy ze stejných vstupních předpokladů. Těmito polohami mohou být:

- **orientace těla jako celku**: Tělo jako celek se orientuje do tzv. *základní anatomické polohy*. Jedná se o víceméně přirozenou polohu lidského těla. Tělo je ve vzpřímeném postoji, horní končetiny jsou nataženy podél těla, předloktí je supinované (dlaně jsou obráceny směrem dopředu, to však není u některých měření nutné), dolní končetiny jsou nataženy a jsou u sebe. Z této polohy vychází samotný anatomický popis těla a jeho částí (včetně orientace na lidském těle) a je využívána také pro mnohé antropologické postupy. Tělo v základní anatomické poloze můžeme pozorovat ve třech na sebe kolmých základních rovinách:
  - rovina šípová (*planum sagittale*): Jinak také rovina sagitální. Je to jakákoliv rovina, která dělí tělo na pravou a levou část, symetricky i asymetricky. Speciálním případem je rovina středová (*planum medianum*), která dělí tělo symetricky (zrcadlově) na pravou a levou část.
  - rovina čelní (*planum frontale*): Jinak také rovina frontální. Je to jakákoliv rovina, která dělí tělo na přední a zadní část. Je kolmá na rovinu předchozí.
  - rovina příčná (*planum transversale*): Jinak také rovina transversální. Je to jakákoliv rovina, která dělí tělo na horní a dolní část. Je kolmá na obě předchozí roviny.
- **orientace hlavy**: Hlava (popř. lebka) se nejčastěji orientuje do tzv. *frankfurtské horizontály*. Jde o příčnou rovinu vedenou hlavou (lebku) tak, že prochází horními okraji vchodů do zevních zvukovodů (tzv. body *porion*) a nejnižším položeným bodem na dolním okraji levé očníce (tzv. bodem *orbitale*). Je rovnoběžná s podkladem, na kterém měřený člověk stojí. Tato poloha víceméně odpovídá přirozené poloze hlavy při vzpřímeném postoji. Hlavu (lebku) můžeme potom sledovat a popisovat v šesti základních vnějších pohledech (tzv. normách):
  - *norma lateralis* – pohled z boku (napravo i nalevo)
  - *norma frontalis* – pohled zepředu
  - *norma occipitalis* – pohled zezadu
  - *norma basalis* – pohled zespodu
  - *norma verticalis* – pohled shora

### 1.4.3 Antropometrické body

V antropologii se využívá široké škály různých měr několika typů. Řada z nich je definována na základě tzv. *antropometrických bodů*. Antropometrické body jsou předem stanovené a pojmenované body na těle živého člověka nebo na kostře, od kterých se odvíjí měření různých typů měr. Antropometrické body jsou definovány několika způsoby, např.:

- anatomicky – např. bod jako vrchol hrbolku na kosti či bod jako průsečík lebečních švů
- polohově – např. nejvýše ležící bod na hlavě či bod na lebce nejvíce vyčnívající do některé ze stran
- měřením – bod jako takový neexistuje, je vyhledán až během měření (např. při měření největšího obvodu diafýzy dlouhé kosti je stanoven jako místo, kde je diafýza měřené kosti nejširší)

Nejvíce antropometrických bodů je popsáno a definováno na hlavě (jedná se o tzv. *kefalometrické* body) či na lebce (jedná se o tzv. *kranioetrické* body). Řada bodů je však stanovena i na zbytku těla, (postkraniálním skeletu), tedy na trupu a na končetinách.

### 1.4.4 Antropometrické míry

V průběhu uplynulých přibližně dvou století bylo na lidském těle a lidských kostech definováno mnoho měr (rozměrů), které se využívají k dalším antropologickým analýzám. Antropometrické míry můžeme dále dělit podle několika kritérií. Základním způsobem je jejich rozdělení na absolutní míry a relativní míry.

- **absolutní míry:** Jinak také velikostní míry. Jedná se o míry, které jsou měřitelné přímo. Dělí se dále na lineární, kvadratické, kubické, hmotnostní, popř. další míry.
  - *lineární míry:* Jde o jednorozměrné (délkové) míry, vyjadřují se proto v délkových jednotkách (mm, cm, m). Jsou definovány jako vzdálenost dvou antropometrických bodů, popř. bodu od přímky (spojnice dvou bodů) či bodu od roviny (spojnice tří bodů). Jsou to nejfrekventovanější typy měr využívaných v somatometrii i osteometrii. Lineární míry dělíme na:
    - *přímé míry:* Jsou to přímé (nejkratší) vzdálenosti dvou bodů.
    - *projektivní míry:* Jedná se o nejkratší vzdálenost bodu, přímky nebo roviny k jinému bodu, (rovnoběžné) přímce či (rovnoběžné) rovině promítanou na plochu (např. o nejkratší kolmou vzdálenost jednoho bodu k rovině). Představíme si je nejlépe tehdy, když promítáme měřenou míru z boku na stěnu.
    - *obloukové míry:* Jedná se o vzdálenosti mezi dvěma body vedené po povrchu těla či kosti. Speciálním typem obloukových měr jsou *obvodové míry* (počáteční a koncový bod je totožný, míra se tedy obloukem vrací do původního bodu).
  - *kvadratické míry:* Jinak také plochy. Jde o dvourozměrné míry, vyjadřují se proto v plošných jednotkách (např. v  $\text{cm}^2$ ). Tyto míry jsou však využívány jen velmi zřídka. Někdy se zjišťuje např. velikost povrchu těla.
  - *kubické míry:* Jinak také objemy. Jde o trojrozměrné míry, vyjadřují se proto v objemových jednotkách (např. v  $\text{cm}^3$ ). Měří se buď přímo, nebo se počítají z jiných typů měr. V antropometrii jsou tyto míry využívány opět velmi málo, ale častěji než míry plošné. Některé metody pro odhad pohlaví využívají objemu některých kostí. Nejčastěji se však zjišťuje objem (kapacita) lebeční dutiny (neurokránie).
  - *hmotnost:* Jedná se o míru vyjádřenou v hmotnostních jednotkách (g, kg). Častěji je zjišťována v somatometrii (stanovení tělesné hmotnosti). V kosterní antropologii je využití hmotnosti výjimečné, existují však téměř nevyužívané metody pro odhad pohlaví pomocí hmotnosti některých kostí.

- **relativní míry:** Jinak také poměrové míry. Jedná se o míry, které jsou měřitelné či vypočitatelné pomocí jiných (absolutních) měr. Dělíme je na:
  - **úhly:** Úhel je hodnota vyjadřující vzájemnou polohu (prostorový vztah) dvou přímek, dvou rovin, popř. roviny a přímky. V nejjednodušším případě je tedy dán vzájemnou polohou tří bodů. V antropologii jde o prostorový vztah dvou přímek (lineárních měr) vedených danými antropometrickými body, častěji však přímky (lineární míry) definované dvěma antropometrickými body a normovanou přímkou (např. některá z tělních os), popř. normovanou rovinou (např. rovina transversální či frankfurtská horizontála). Řada úhlů na kosterním materiálu se měří přímo specializovaným úhloměrem (goniometrem), některé se vypočítávají z jiných měr pomocí goniometrických funkcí (*sin*, *cos*). Měření úhlů se využívá především v kosterní antropologii, ale i v některých lékařských oborech (např. v ortopedii).
  - **indexy:** Index je poměr mezi dvěma naměřenými mírami. Indexy mohou být jednak homogenní (poměr stejného typu měr, např. poměr dvou lineárních měr), jednak heterogenní (poměr různých typů měr, např. poměr lineární míry a hmotnosti). Hodnoty indexů se nedají přímo měřit, ale musí se vypočítat z jiných měr.

### 1.4.5 Antropometrické instrumentárium

Antropometrie využívá ke své práci řady nástrojů (instrumentů). Jedná se zejména o samotné měřicí nástroje (výškoměry, délkoměry, úhloměry, váhy atd.), avšak i o nástroje pomocné, které slouží k přípravě a usnadnění měření (držáky kostí, jehlice, plastelína atd.). Klasické antropometrické instrumenty se v antropologii využívají již více než dvě století a hrají důležitou roli v antropologických výzkumech i v dnešní době. K nim se však přidávají i pokročilejší typy nástrojů, které nacházejí stále širší uplatnění jak v antropologii samotné, tak v aplikovaných oborech (lékařství, kriminalistika atd.). Jedná se např. o 3D skenery, jimiž se zaznamenává tvar povrchu objektů (kostí, ale i živého těla), jenž se digitálně převádí do počítačů, kde je dále analyzován.

Antropometrické instrumenty jsou v některých případech nástroji využitelnými čistě ve výzkumech antropologických (jde např. o osteometrické desky či některé úhloměry), jiné však nacházejí uplatnění i v jiných oborech. Jedná se zejména o některé lékařské obory (v lékařství se používají např. výškoměry, kefalometry a pelvimetry), ale i činnosti čistě technického rázu (do této kategorie patří např. šuplery či pásová měřidla).

- **držáky kostí:** Jsou to pomocné nástroje sloužící k upevnění kostí do požadované polohy, aby je bylo možno lépe a přesněji měřit. Jde tedy o instrumenty používané v osteoantropologii. Speciálním typem jsou tzv. *kraniofory*, tedy držáky lebek, které byly vyvinuty v několika typech.
- **výškoměry:** Jsou to nástroje určené pro měření výšky těla. K tomuto účelu se využívá několik postupů i nástrojů. Jde např. o nástěnné výškoměry, které jsou připevněny napevno ke zdi (popř. se může jednat o tzv. antropometrickou stěnu), nebo výškoměry přenosné. V obou případech obsahují stupnici, nakreslenou či vyrytou na pevné ploše nebo na pevné či výsuvné (teleskopické) tyči, a další komponenty.
- **délkoměry:** Jedná se o poměrně rozmanitou skupinu instrumentů sloužících k měření lineárních měr na živém těle i na kostech. Všechna tato měřidla obsahují stupnici s přesností minimálně na milimetry. Nejčastějšími nástroji tohoto typu jsou:
  - **dotyková měřidla:** Jsou to měřidla obsahující dvě symetrická a oboustranně rozevíratelná ramena a redukovanou stupnici. Měří se jimi přímé míry (nejkratší vzdálenosti dvou bodů). Podle velikosti a rozsahu stupnice je dělíme na kefalometry a pelvimetry.
    - kefalometry: Slouží k měření menších vzdáleností (do 30 cm). Přednostně se využívají ke zjišťování rozměrů na hlavě (řecky *kefalé* = hlava), lze je však použít i na jiných místech těla. Pokud jsou určeny na měření lebek, označují se jako kraniofory (latinsky *cranium* = lebka), ty však mají zahrocené konce ramen, zatímco klasické kefalometry mají konce ramen zaoblené.

- pelvimetry: Slouží k měření větších vzdáleností (do 60 cm). Přednostně se využívají ke zjišťování rozměrů na pánvi (latinsky *pelvis* = pánev), lze je však použít i na jiných místech těla, kde je potřeba větší stupnice (např. pro měření šířky ramen).
- *posuvná měřidla*: Jsou to měřidla obsahující stupnici a dvě ramena (branže), jedno pevné, druhé posunovatelné (lidově se označují jako šuplery). Využívají se k měření přímých měr (nejkratší vzdálenosti dvou bodů, popř. průměrů různých struktur). Měří s přesností na milimetr, pokud však obsahují nonius, tak s přesností na desetinu milimetru.

Speciálními typy posuvných měřidel jsou *paralelometr*, jehož ramena jsou výsuvná (používá se k měření nadušní výšky lebky), *koordinátové měřidlo*, které kromě dvou základních ramen obsahuje i třetí svisle postavené a výsuvné rameno (používá se k měření hloubkových rozměrů, zejména na kostech), a *torakometr*, což je velké posuvné měřidlo s dlouhými rameny (je určen pro měření šířky ramen a některých měr na hrudníku). Speciálním měřidlem je rovněž *radiometr*, což je dotykové měřidlo doplněné výsuvným ramenem (používá se k měření nadušní výšky lebky).
- *pásová měřidla*: Jsou to svinovatelná měřidla se stupnicí. Jsou vyrobená nejčastěji z plastu či kovu. Využívají se zejména ke zjišťování měr obloukových (obvodových). Patří k nim i klasický krejčovský metr.
- *osteometrické desky*: Jsou to ploché desky ve tvaru obdélníku olemované svislým okrajem na jedné dlouhé a jedné krátké stěně a pokryté milimetrovou stupnicí po délce i po šířce. Náleží k nim i jezdec (dřevěný či jiný špalek s pravoúhlými stěnami). Osteometrické desky se využívají ke zjišťování přímých měr na kostech, zejména měr délkových.
- **úhloměry**: Jsou to složitěji konstruované nástroje, které slouží k měření úhlů na živém těle i na kostech (označují se rovněž jako goniometry). Speciálním typem úhloměru je tzv. *mandibulometr*, který se využívá k měření úhlu mezi tělem a ramenem dolní čelisti. Používá se však i pro měření dalších rozměrů na dolní čelisti, takže se jedná spíše o kombinovaný antropometrický nástroj.

## 2 SOMATOANTROPOLOGIE

### 2.1 Vymezení problematiky

---

Somatoantropologie (z řeckého *soma* = tělo) se zabývá antropologickým výzkumem živého člověka („živá“ antropologie). Podle použitého postupu se dělí na *somatoskopii* a *somatometrii*. Oba postupy se mohou při jednom konkrétním výzkumu vzájemně prolínat a doplňovat. Zkoumání živého lidského těla je jedním z hlavních směrů biologické antropologie. Somatoantropologické postupy jsou součástí několika dílčích antropologických disciplín, využívají je však i další příbuzné obory.

- **etnická antropologie:** Zabývá se popisem lidí z různých etnických skupin (populací, „ras“). Cílem je tedy výzkum populační variability člověka a její klasifikace (třídění). Etnická antropologie není vědou čistě biologickou, ale velmi výrazně se do ní zapojuje i studium (variability) společnosti a kultury, je to tedy typický příklad holistického pojetí antropologie.
- **sportovní antropologie:** Zabývá se vlivem sportovních aktivit na stavbu a výkonnost těla a identifikací výkonných sportovců na základě jejich antropologických charakteristik. Součástí sportovní antropologie je **kinantropologie**, jinak také *antropologie pohybu* či *kineziologie* (z řeckého *kinesis* = pohyb), která se zabývá strukturou a funkcemi pohybových aktivit člověka.
- **ergonomie:** Zabývá se interakcí lidského těla a (pracovního) prostředí z hlediska fyzického i psychického s cílem optimalizovat zátěž člověka při práci a současně zefektivnit jeho pracovní výkon. Podílí se např. na navrhování pracovních nástrojů, nábytku a jejich uspořádání na pracovišti. Využívá poznatků řady biologických, technických a společenských oborů, mimo jiné somatometrie.
- **vývojová biologie:** Zabývá se proměnami lidského těla v průběhu jeho ontogenetického vývoje. Její součástí je růstová biologie (auxologie). Vývojová biologie se významně prolíná s některými lékařskými obory, zejména s pediatrií.
- **lékařství:** Somatoantropologie vstupuje i do některých lékařských oborů. Somatometrie je aplikována např. v obezitologii (měření výšky těla, hmotnosti, tělesných obvodů a tloušťky kožních řas), gynekologii, porodnictví (pelvimetrie), pediatrii, auxologii (klasické somatometrické měření celého těla) a dalších oborech, somatoskopie je neoddělitelnou součástí běžných lékařských prohlídek.
- **forenzní antropologie:** Je součástí kriminalistiky, které poskytuje důležité indicie a závěry spojené s vyšetřováním trestných činů, zejména s identifikací pachatelů i obětí. V užším smyslu jsou předmětem forenzní antropologie lidské kosterní pozůstatky obětí (v tomto případě se tedy nejedná o somatoantropologii). V širším pojetí se někdy do forenzní antropologie řadí i některé další obory, které se zaměřují na analýzu tzv. biologických stop (dalších fyzických pozůstatků přítomnosti pachatelů či obětí na místě činu), jako je např. *forenzní trichologie* (analýza lidských vlasů a lidských i zvířecích chlupů zanechaných na místě kriminálních činů či nalezených ve spojitosti s trestnými činy s cílem identifikovat jejich původce), *daktyloskopie* (analýza otisků prstů, resp. papilárních linií, jakožto jedinečných osobních identifikátorů) či analýza krevních skvrn a skvrn od jiných tělních tekutin a výměšků. Tyto obory jsou dnes častěji označovány souhrnným názvem *forenzní biologie*. Pokud je možné z biologických stop získat a analyzovat DNA, stávají se tyto objekty předmětem *forenzní genetiky*, jejíž postupy mají pro identifikaci osob stěžejní význam.

Z historického hlediska zavedl do kriminalistiky metody somatoantropologie (somatometrie) a vědecké postupy vůbec jako první francouzský antropolog **Alphonse Bertillon** (1856–1914). V 80. letech 19. století zavedl metodu evidence a identifikace pachatelů na základě 11 somatometrických měř, pojmenovanou po něm jako *bertillonáž*, kterou nahradil dosavadní zdouhavé a nepřehledné slovní popisy pachatelů. Společně s antropometrickými daty přikládal do identifikačních karet zločinců i otisky prstů (metoda, která byla v té době také v počátcích) a fotografie pořízené „*en face*“ a z profilu, čímž se současně stal i zakladatelem kriminalistické fotografie (nahradil tak dosavadní spíše „umělecké“ fotografování pachatelů). Identifikační karty byly řazeny do kartotéky podle délky hlavy. Bertillonáž se na nějakou dobu stala oficiálním (a prvním vědeckým) vyšetřovacím postupem policie a pronikla i mimo Francii, nicméně brzy ji vytlačila a nahradila právě daktyloskopie, která dokázala pachatele evidovat a identifikovat jednodušeji a rychleji.

## 2.2 Somatoskopie

### 2.2.1 Úvod

Somatoskopie je hodnocení vizuálních morfologických (morfoskopických) znaků na těle živého člověka. Takto můžeme hodnotit např. tvar, velikost (posuzujeme-li ji relativně, bez přesného měření), stupeň rozvoje nějakého znaku, polohu (orientaci) dané anatomické struktury, barvu, intenzitu nějakého znaku, vývojové (věkové) změny nebo přítomnost, či nepřítomnost určitého znaku. Nejčastěji hodnoceným znakem je tvar. „Zlatou érou“ somatoskopie bylo 19. a 20. století. Hodnocení morfologických znaků na lidském těle bylo využíváno např. v klasifikaci (třídění) lidstva na etnické skupiny („rasy“). Dnes jsou již tyto výzkumy na ústupu. Na významu ale nabývá zavádění a využívání metod pro kvantifikaci morfoskopických znaků, které zvyšují objektivitu popisu, jako je zejména *analýza tvaru* (geometrická morfometrie). Tyto postupy nacházejí uplatnění v medicíně, např. v plastické chirurgii, a ve forenzních vědách. Následující přehled představuje ukázkou některých historicky zkoumaných somatoskopických znaků a jejich hodnocení (je jich však definováno mnohem více).

### 2.2.2 Somatoskopie hlavy

#### hlava jako celek

- *tvar mozkovny v normě vertikální*: eliptický – oválný – pětiúhelníkový – romboidní – sfenoidní – sféroidní – birsoidní
- *klenutí temene z profilu*: ploché – středně klenuté – velmi klenuté
- *tvar týlu z profilu*: protažený – klenutý – střední – vysoký – velmi vysoký
- *výška hlavy z profilu*: velmi nízká – nízká – střední – vysoká – velmi vysoká
- *tvar obličeje (hlavy) zepředu*: zašpičatělý – oválný – kulatý – čtyřhranný – pětiúhelníkový

#### čelo

- *výška čela*: malá – střední – velká
- *šířka čela*: malá – střední – velká
- *profil čela*: ubíhavý – klenutý – kolmý

#### nos

- *výška nosu*: malá – střední – velká
- *šířka nosu*: malá – střední – velká
- *profil hřbetu nosu*: konkávní – rovný – konvexní – vlnitý
- *šířka hřbetu nosu*: úzká – střední – široká
- *velikost hrotu nosu*: malá – střední – velká
- *tvar hrotu nosu*: zploštělý – zaoblený – hranatý – ostrý – rozdvojený
- *směr hrotu nosu*: nahoru – vodorovně – dolů
- *šířka kořene nosu*: úzká – střední – široká
- *výška kořene nosu*: nízká – střední – vysoká
- *dolní okraj nosních křídel*: ve výši septa – pod septem – nad septem
- *délka nosních otvorů*: krátká – střední – dlouhá
- *šířka nosních otvorů*: malá – střední – velká
- *tvar nosních otvorů*: podlouhlý – oválný – kulatý – trojúhelníkový – fazolovitý

#### ústa

- *výška horního rtu*: malá – střední – velká
- *profil horního rtu*: rovný – konkávní – konvexní
- *šířka filtra*: malá – střední – velká
- *tvar filtra*: obdélníkový – trojúhelníkový – kapkovitý – bikonkávní
- *výška dolního rtu*: malá – střední – velká
- *profil dolního rtu*: rovný – konkávní – konvexní
- *tloušťka rtů*: tenké rty – střední rty – silné rty – masité rty
- *šířka rtů*: úzké rty – střední rty – široké rty
- *výška červené části horního rtu*: tenké rty – střední rty – silné rty – masité rty
- *výška červené části dolního rtu*: tenké rty – střední rty – silné rty – masité rty
- *obrys červené části horního rtu*: obloukovitý – lukovitý – rovný – konkávní – konvexní
- *obrys červené části dolního rtu*: obloukovitý – zvlněný
- *linie úst*: rovná – konkávní – konvexní – lomená – esovitá
- *koutky úst*: v rovině – nad linií úst – pod linií úst

### **brada**

- *šířka brady*: úzká – střední – široká
- *výška brady*: malá – střední – vysoká
- *tvár brady*: hranatý – eliptický – kulatý – prohloubený
- *profil brady*: vystupující širokým oválem – vystupující úzkým oválem – rovný – ustupující
- *důlek na bradě*: chybí – slabě vyznačen – silně vyznačen
- *bradová rýha*: chybí – mělká – střední – hluboká

### **oči**

- *šířka obočí*: malá – střední – velká
- *hustota obočí*: malá – střední – velká
- *vzdálenost obočí (od mediánní roviny)*: srostlé obočí – malá – střední – velká
- *tvár obočí*: přímý – obloukovitý – lomený
- *délka řas*: krátké řasy – střední řasy – dlouhé řasy
- *hustota řas*: malá – střední – velká
- *tvár řas*: rovné řasy – mírně prohnuté řasy – silně prohnuté řasy
- *postavení oční štěrbin*: rovná štěrbina – vnější koutek níže – vnější koutek výše
- *tvár oční štěrbin*: větvenitý – polovřetenovitý – mandlovitý – polomandlovitý
- *velikost oční štěrbin*: úzká – střední – široká
- *barva bělím*: bílá – žlutavá – namodralá – našedlá atd.
- *barva duhovky*: hodnotí se do různého počtu typů podle použitého vzorníku
- *struktura duhovky*: koncentrická – kryptovitá – paprscitá (a několik stupňů intenzity těchto kreseb)

### **uši**

- *přilehlost boltce*: přilehlý boltce – středně přilehlý boltce – odstávající boltce
- *umístění boltce na hlavě*: vysoké – střední – nízké
- *naklonění osy boltce*: vertikální osa – osa nakloněná dozadu – osa nakloněná dopředu
- *tvár obrysu boltce*: oválný – hranatý – zakulacený
- *plocha boltce*: rovinná – konkávní – konvexní
- *reliéf boltce*: plochý – střední – hluboký (silně modelovaný)

dále se podrobně hodnotí různé parametry jednotlivých částí boltce

### **vlasý a vousy**

- *barva vlasů*: světlá – střední – tmavá – rutilní  
(existuje však i detailnější dělení na více typů podle použitého vzorníku)
- *hranice vlasů nad čelem*: rovná – konvexní oblouk – konkávní oblouk – srdčitá
- *poloha vlasového víru*: uprostřed – vpravo – vlevo
- *orientace vlasového víru*: pravotočivá – levotočivá
- *vousy*: vytvořeny velmi slabě – slabě – středně – silně – velmi silně

## **2.2.3 Somatoskopie trupu a končetin**

- *barva kůže*: světlá – střední – tmavá  
(existuje však i detailnější dělení na více typů podle použitého vzorníku)
- *masivnost kostry*: gracilní – střední – masivní
- *délka krku*: krátký krk – střední krk – dlouhý krk
- *sklon ramen*: ramena silně skloněna – úměrně skloněna – rovná – nepatrně zvednuta
- *profil hrudníku vpředu*: silně klenutý – mírně klenutý – téměř přímý
- *délka hrudníku*: malá – střední – velká
- *tvár hrudníku*: normální – astenický – soudkovitý
- *obrys břicha z profilu*: vpadlé břicho – přímé břicho – vystupující břicho
- *tvár prsů u žen*: mísovitý – polokulovitý – konický – svislý
- *relativní délka horní končetiny*: malá – střední – velká
- *relativní délka ruky*: malá – střední – vleká
- *relativní délka prstů*: malá – střední – velká
- *vzájemný poměr II. a IV. prstu ruky*: ulnární typ (II. kratší) – stejně dlouhé prsty – radiální (IV. delší)
- *tvár prstů*: konické prsty – rozšiřující se prsty – kvadratické prsty – paličkovité prsty
- *obrys hřbetu ruky*: sbíhavý k prstům – rovnoběžný – rozbíhavý
- *poloha os dolní končetiny*: typ O (varózní) – přímá poloha – typ X (valgózní)
- *stupeň varózního a valgózního postavení os dolní končetiny*: malý – střední – velký
- *relativní velikost nohy*: malá – střední – velká
- *šířka nohy*: úzká – střední – široká
- *klenutí nohy*: vysoké – střední – nízké

## 2.3 Somatometrie těla jako celku

### 2.3.1 Tělesná výška

Tělesná výška je antropometricky definována jako nejkratší (tedy kolmá) vzdálenost od bodu *vertex* k rovině, na které při měření stojíme (*vertex* je antropometrický bod, který leží v oblasti švu mezi pravou a levou temenní kostí, tedy ve středové rovině těla). Nejedná se tedy o nejkratší vzdálenost dvou bodů, ale o nejkratší (kolmou) vzdálenost bodu od roviny. Z hlediska typologie měř se tedy jedná o projektivní míru. Tělesná výška je nejčastěji měřenou veličinou lidského těla, neboť její měření je technicky velmi jednoduchá záležitost a výsledky jsou snadno hodnotitelné a mají velkou vypovídací hodnotu nejen pro odborníky, ale i pro laiky. Tělesná výška je nejčastěji měřena ve vertikální pozici. Měří se s přesností na 1 cm.

Uvedená definice výšky těla se týká tzv. *temenopatní výšky*, kterou měříme u lidí v postnatální fázi jejich vývoje. U plodů během prenatalního vývoje, zejména v časných fázích, kdy ještě nejsou vyvinuty dolní končetiny (popř. jsou vytvořeny pouze jejich základy), se měří tzv. **temenokostrční délka** (anglicky *crown-rump length*, zkratka CRL), tedy vzdálenost od temene hlavy po kostrč. Tento rozměr odpovídá součtu délky hlavy a trupu. Temenokostrční délka naměřená pomocí zobrazovacích metod (ultrazvuku) je rovněž jednou z pomůcek pro odhad stáří plodu, neboť se charakteristickým způsobem zvětšuje v průběhu času. U dětí do dvou let měříme výšku těla (resp. spíše délku těla) v horizontální poloze (vleže). Měří se tzv. *korýtkovým bodymetrem*, deskou s pevnou zarážkou na jednom konci, podélně umístěnou stupnicí a pohyblivým jezdce (zarážkou) na druhém konci (korýtkový bodymetr tedy vzdáleně připomíná osteometrickou desku).

Při vertikálním měření stojí měřený jedinec vzpřímeně, na boso, ve stojící spojném (dolní končetiny jsou nataženy, chodidla se dotýkají mediálními okraji, paty i špičky jsou u sebe), s horními končetinami podél těla a s hlavou v přirozeném vzpřímeném postavení. Výšku těla je možno měřit různými způsoby a instrumenty. Nástroje pro měření výšky se obecně označují jako *výškoměry*. Existuje celá škála různých typů výškoměrů, od laických (podomácku vyrobených) až po profesionální. V odborné praxi (v antropologii či v lékařství) se používají jednak nástěnné výškoměry, jednak výškoměry přenosné.

- **nástěnné výškoměry:** Jde o instrumenty připevněné ke zdi. Mohou mít podobu stupnice nakreslené či jinak znázorněné přímo na upravené zdi nebo zobrazené na tyči připevněné ke zdi, popř. se může jednat o tzv. *antropometrickou stěnu* s vertikální i horizontální stupnicí. Měřený jedinec stojí vzpřímeně zády ke zdi. Zachycení výšky těla je provedeno projekcí výšky bodu *vertex* na hlavě na stupnici na zdi pomocí rovné pevné plochy rovnoběžné s podložkou. Na stupnici je poté odečtena naměřená výška. Tímto způsobem se někdy provádí jednak profesionální, jednak, a to mnohem častěji, i laické měření výšky (často s různým stupněm improvizace).
- **přenosné výškoměry:** Mohou mít podobu tyče (celistvé, sešroubovatelné z několika dílů či výsuvné – teleskopické), na které je zobrazena stupnice. Zachycení výšky těla se realizuje pomocí pevně připojeného posuvného a zajišťovacího (aretovatelného) jezdce s plochou spodní stranou položeného kolmo k tyči a nasunutého na vrchol hlavy (bod *vertex*) měřené osoby. Odečtení naměřené výšky se provádí buď vizuálně na svislé stupnici (tedy analogově), nebo pomocí digitálních měřidel zabudovaných do výškoměrů. Jedním z běžně používaných typů přenosných výškoměrů je tzv. *antropometrická tyč* (či *antropometr* – jde o samostatnou kovovou tyč se stupnicí a posuvným jezdce). Speciálním nástrojem na měření výšky těla je tzv. *stadiometr*. Výškoměry bývají někdy kombinovány s osobními váhami, popř. s dalšími instrumenty (např. analyzátory tělesného složení). Pro účely měření tělesné výšky se však využívají i specializované laserové či ultrazvukové nástroje, které neobsahují klasickou stupnici.

Tělesná výška vykazuje pohlavní dimorfismus, interpopulační variabilitu i intrapopulační variabilitu. Pohlavní dimorfismus je zřetelný ve všech lidských populacích, muži jsou v průměru asi o 8 % (resp. 5–15 %) vyšší než ženy. Interpopulační variabilita je představována rozdíly ve výšce těla mezi různými lidskými populacemi (od nízkorostlých až po vysokorostlé), které jsou vysvětlitelné jednak přirozenými (ekologickými) faktory, jednak faktory socioekonomickými (životní úrovní). Intrapopulační variabilita je představována rozdíly ve výšce těla jednotlivých individuí v jedné dané populaci, které odrážejí vliv různých vnějších faktorů na růst jednotlivých lidí, ale i zděděné geny. Z genetického hlediska je



tělesná výška (a další velikostní parametry lidského těla) typickým příkladem multifaktoriálního znaku, tedy takového, na jehož projevu se podílí jak složka endogenní (dědičnost), tak složka exogenní (vliv prostředí na růst a vývoj). Pro účely popisu růstového vývoje se využívá několik typů grafů (růstových křivek). Nejpřehlednější a běžně používanou je tzv. ICP-křivka (jinak také Karlbergův model).

#### ICP-křivka prolungačního růstu

Jedná se o křivku vyjadřující prolungační (délkový, výškový) růst těla. Na ose *x* je zaznamenán kalendářní čas (v letech) a na ose *y* výška těla (v cm). Křivka má 3 úseky (komponenty), které se liší svým průběhem (strmostí, rychlostí růstu) a odpovídají třem základním etapám dětského růstu – infantilní, dětské a pubertální.

- **fáze I:** Jedná se o tzv. infantilní období tělesného růstu (zkratka „I“ je z anglického výrazu *infancy*). Tento úsek představuje prolungační růst v průběhu přibližně prvního roku života. Křivka vyjadřující průběh růstu v této fázi je strmá, dochází tedy k velmi rychlému růstu výšky (resp. délky) těla. K nejrychlejšímu růstu dochází především v prvních 6 měsících života, kdy postnatální růst přímo navazuje na velmi rychlý růst z prenatální fáze vývoje. Na začátku této fáze (v době narození) je dítě vysoké (resp. dlouhé) nejčastěji kolem 50 cm, na konci prvního roku života dosahuje tělesná výška dítěte asi 75 cm (tedy asi o 50 % více oproti porodní délce). Růst v tomto období je ovlivněn především výživou.
- **fáze C:** Jedná se o tzv. dětské období růstu (zkratka „C“ je z anglického výrazu *childhood*). Tento úsek vyjadřuje prolungační růst přibližně od počátku druhého roku života do počátku puberty (tedy do věku 10 až 12 let, podle pohlaví a individuálních specifík). Křivka vyjadřující průběh výškového růstu je pozvolnější, růst se tedy zpomaluje (zpomalování intenzity růstu během dětství je mezi savci unikátní jev, který je v takové míře specifický pouze pro člověka). Během druhého roku života vyroste dítě asi o 11–12 cm, během třetího roku asi o 9 cm, ve 4. až 7. roce asi o 6–7 cm za rok a v dalších letech roste asi o 5–6 cm za rok, a to až do počátku puberty. Růst je v tomto období řízen růstovým hormonem produkovaným hypofýzou. Pro odhad výšky dítěte v tomto období se někdy používá následující vzorec:  $\text{výška} = (6 \times \text{věk}) + 80 \text{ (cm)}$ .
- **fáze P:** Jedná se o tzv. pubertální období růstu (zkratka „P“ je z anglického výrazu *puberty*). Tento úsek vyjadřuje prolungační růst od počátku puberty (průměrně od 10 let u dívek a od 12 let u chlapců) do ukončení růstu (16 let u žen, 18 let u mužů). Pubertální růst tedy věkově překračuje období biologické puberty (růst mírně pokračuje ještě 2–3 roky po jejím ukončení). Křivka vyjadřující průběh výškového růstu je opět strmá, tzn. růst je v této době rychlý a označuje se jako *pubertální růstový spurt* (či růstová akcelerace). Růst v tomto období řídí růstový hormon a pohlavní hormony produkované pohlavními žlázami. Mírné zrychlení růstu však nastává už přibližně 1 až 2 roky před počátkem puberty, tedy na konci dětské fáze růstu (jde o tzv. *prepubertální růst*). Toto mírné zrychlení je řízeno zvýšenou sekrecí pohlavních hormonů z kůry nadledvin. Průběh a intenzita pubertálního růstu se liší podle pohlaví:
  - *dívky:* Prepubertální zrychlení začíná již v 9 letech. Rychlý pubertální růst začíná nejčastěji v 10 letech. V dalších 3–4 letech dívky vyrostou ročně asi o 6–7 cm (někdy i více). Nejvyšší rychlosti růstu je dosaženo nejčastěji v 11 letech (12. rok života), potom rychlost růstu klesá. Růst je u dívek (žen) ukončen nejčastěji v 16 letech. Průměrná výška dospělé ženy nejmladší generace v populaci ČR se pohybuje nejčastěji v rozmezí 167–169 cm.
  - *chlapci:* Prepubertální zrychlení začíná nejčastěji v 10–11 letech. Rychlý pubertální růst začíná obvykle ve 12 letech. V dalších 3–4 letech chlapci vyrostou ročně asi o 7–8 cm (někdy i více). Nejvyšší rychlosti růstu je dosaženo nejčastěji ve 13 letech (14. rok života), poté rychlost růstu klesá. Růst je u chlapců (mužů) nejčastěji ukončen v 18 letech. Průměrná výška dospělého muže nejmladší generace v populaci ČR se pohybuje nejčastěji v rozmezí 180–182 cm.

*Z údajů z rozsáhlého populačního výzkumu uskutečněného roku 2001 na území České republiky plyne, že ve věku 10 let, kdy jsou obě pohlaví ještě ve fázi pomalejšího dětského růstu, je průměrná výška chlapců a dívek zhruba stejná, a to asi 144–145 cm. V 11 letech jsou však dívky asi o 1,5 cm vyšší než chlapci, neboť u nich již v tomto věku probíhá pubertální růstový spurt. Ve 12 letech začíná pubertální růstový spurt u chlapců, následkem čehož rozdíl ve výšce mezi oběma pohlavími klesá asi na 1 cm (dívky jsou stále vyšší než chlapci). Ve 13 letech jsou chlapci již asi o 2 cm vyšší než dívky a ve 14 letech činí tento rozdíl asi 6 cm. V dalších letech života se rozdíl mezi výškou mužů a žen ještě zvětšují. Rozdíl v průměrné výšce mužů a žen je po dosažení dospělosti asi 13 cm. Tento rozdíl je dán tím, že chlapci mají asi o 2 roky delší prepubertální růst (tudíž výška jejich postavy je na počátku růstového spurtu větší) a mají rovněž intenzivnější pubertální růst.*

Hodnoty tělesné výšky konkrétního jedince je potřeba interpretovat v kontextu populace, jíž je tento jedinec součástí, neboť jednotlivé populace se v průměrné výšce liší (i výrazněji). Způsob individuálního hodnocení výšky postavy se u dětí a dospělých liší, a to zejména z toho důvodu, že děti ještě rostou (jejich velikost se mění a v každém věku je jiná), zatímco u dospělých je růst již ukončen. U dětí se individuální výška postavy hodnotí porovnáváním růstových dat daného jedince s populačními daty, která pocházejí z různých studií. K tomuto účelu se využívají tzv. *percentilové grafy*. V případě dospělých se pro účely individuálního hodnocení tělesné výšky využívá statistických ukazatelů souvisejících s normálním rozložením (Gaussovou křivkou), které populační hodnoty tělesné výšky vykazují. Můžeme proto stanovit populační průměr (resp. medián) a směrodatné odchylky a s jejich pomocí výšku konkrétního jedince hodnotit.

## 2.3.2 Tělesná hmotnost

Tělesná hmotnost je dalším z intenzivně sledovaných parametrů lidského těla. Je opět ovlivněna jak dědičně, tak charakterem prostředí, které však v tomto případě hraje větší roli na výsledném efektu (reálné hmotnosti jedince) než v případě výšky postavy (jednotlivé individuální křivky hmotnostního růstu se od sebe více liší), a to z toho důvodu, že hmotnost daleko více než výška postavy reflektuje nutriční stav jedince (resp. jeho energetickou bilanci). Tělesná hmotnost se navíc může výrazněji měnit (růst a klesat) i během dospělosti, kdy je prolungační růst již ukončen, neboť její růst závisí na objemu měkkých tkání (zejména tukové, ale i svalové) a není omezován růstem kostí. Tělesná hmotnost se měří pomocí různých typů osobních vah (analogových i digitálních, někdy kombinovaných s dalšími měřidly), a to s přesností na 0,1 kg. Pro tělesnou hmotnost platí v podstatě stejné parametry jak individuálního, tak populačního vývoje a hodnocení jako pro tělesnou výšku. Protože vývoj hmotnosti v období dětství a dospívání do určité míry koreluje s vývojem tělesné výšky, má i křivka růstu hmotnosti podobný průběh jako ICP-křivka růstu tělesné výšky. Můžeme tedy opět popisovat infantilní, dětskou a pubertální fázi vývoje tělesné hmotnosti.

### ICP-křivka hmotnostního růstu

Jedná se o křivku vyjadřující růst hmotnosti těla. Na ose x je zaznamenán kalendářní čas (v letech) a na ose y hmotnost těla (v kg). Křivka má 3 úseky (komponenty), které se liší svým průběhem (strmostí, rychlostí růstu) a odpovídají třem základním etapám dětského růstu – infantilní, dětské a pubertální.

- **fáze I:** Tento úsek vyjadřuje hmotnostní růst v průběhu prvního roku života. Křivka je v této fázi strmá, dochází tedy k velmi rychlému růstu tělesné hmotnosti. Porodní hmotnost dítěte dosahuje v průměru asi 3500 g. V prvních několika dnech po porodu však hmotnost klesne asi o 5–10 %. Porodní hmotnosti je dosaženo znovu asi po 10 dnech od narození. Ve čtvrtém a pátém měsíci postnatálního vývoje se hmotnost dítěte zdvojnásobí a do konce prvního roku života ztrojnásobí, takže na konci prvního roku života dosahuje hmotnost dítěte asi 10 kg. Růst hmotnosti není v této fázi příliš ovlivňován podmínkami prostředí.
- **fáze C:** Tato fáze vyjadřuje hmotnostní růst přibližně od druhého roku života do počátku puberty (10 let u dívek, 12 let u chlapců), tedy v době, kdy mírně zpomaluje růst výšky postavy. Křivka vyjadřující průběh růstu hmotnosti je v této fázi rovněž pozvolnější, což je odrazem toho, že růst hmotnosti se celkově zpomaluje. Růst tělesné hmotnosti je v této fázi více ovlivňován podmínkami prostředí (výživou) a může být proto mnohem variabilnější mezi jednotlivými individui než růst tělesné výšky. Od 2. roku života až do počátku puberty přibývá dítě v průměru asi 2–3 kg za rok. Pro odhad hmotnosti dítěte v tomto období se používá vzorec:  $\text{hmotnost} = (2,5 \times \text{věk}) + 8 \text{ (kg)}$ .
- **fáze P:** Vyjadřuje hmotnostní růst od počátku puberty (tedy věk 10 let u dívek, 12 let u chlapců) do ukončení růstu (tedy věk 16 let u žen, 18 let u mužů). Křivka vyjadřující průběh růstu hmotnosti je opět velmi strmá, tzn. růst je v této době velmi rychlý. Nárůst tělesné hmotnosti může být v této fázi opět mnohem variabilnější mezi jednotlivými individui než růst tělesné výšky, neboť se na něm větší měrou projevuje vliv prostředí (zejména energetická bilance). Průběh a intenzita pubertálního hmotnostního růstu se liší podle pohlaví:
  - *dívky:* Rychlý pubertální růst hmotnosti těla začíná nejčastěji v 10 letech, přičemž během následujících 3 let dívky přibírou ročně v průměru asi 4–6 kg. Poté hmotnostní nárůst klesá. Hmotnost žen v 18 letech (tedy po ukončení růstu těla) se pohybuje nejčastěji mezi 60 a 65 kg, ale i v dalších letech se může výrazně měnit v závislosti na životním stylu.
  - *chlapci:* Rychlý pubertální růst začíná nejčastěji ve 12 letech, přičemž během následujících 3 let chlapci přibírou ročně v průměru asi 5–7 kg. Poté hmotnostní nárůst klesá. Hmotnost mužů v 18 letech (tedy po ukončení růstu těla) se pohybuje nejčastěji mezi 70 a 75 kg, ale i v dalších letech se může výrazně měnit v závislosti na životním stylu.

*Celostátní antropologické výzkumy dětí a mládeže poskytují, podobně jako u tělesné výšky, důležité údaje i pro vývoj tělesné hmotnosti, a to jak vývoj individuální, tak vývoj populační (tedy sekulární). Z výzkumu provedeného roku 2001 vyplývá, že v 10 letech mají chlapci a dívky přibližně stejnou hmotnost (asi 37–38 kg). V 11–12 letech, tedy v období pubertálního růstového spurtu, mají dívky tendenci k dosažení vyšší hmotnosti v porovnávání se stejně starými chlapci, rozdíly činí 1–2 kg (dívky tedy předeženou v tomto parametru chlapce, podobně jako v případě tělesné výšky). Od 13 let, zejména však od 14 let, rychleji narůstá tělesná hmotnost u chlapců. Rozdíl v průměrné hmotnosti dospělých mužů a žen je asi 10–15 kg a je dán opět delším prepubertálním a intenzivnějším pubertálním růstem hmotnosti u mužů. K individuálnímu hodnocení hmotnosti dětí během jejich růstu můžeme využít (podobně jako u hodnocení tělesné výšky) percentilové grafy. Pro individuální hodnocení hmotnosti dospělých zase můžeme využít statistické ukazatele normálního rozložení, tedy populační průměr (resp. medián) a směrodatné odchylky. Populační vývoj tělesné výšky sleduje dále podobné sekulární trendy jako populační vývoj tělesné hmotnosti, včetně sekulární akcelerace. Stejně tak je (byla) tělesná hmotnost sledována v populačních výzkumech, transverzálních i longitudinálních.*

### 2.3.3 Výškově-hmotnostní poměry

Tělesná hmotnost obecně koreluje s tělesnou výškou, tedy čím vyšší je daný jedinec, tím můžeme u něho očekávat i vyšší hmotnost. Protože je však hmotnost daleko více ovlivněna podmínkami prostředí (např. výživou), nemusí být vztah hmotnosti a výšky tak přímočarý. Byly proto zavedeny tzv. výškově-hmotnostní poměry, kde se hmotnost dělí první, druhou nebo třetí mocninou výšky postavy. K nejčastěji využívaným ukazatelům tohoto typu patří **body mass index** (BMI, jinak také *Queteletův index*), počítaný podle vztahu:  $BMI = \text{hmotnost (kg)} / \text{výška}^2 \text{ (m)}$ .

Hodnota BMI se během růstu charakteristickým způsobem mění. U novorozence dosahuje asi 13–14. Po dosažení prvního roku života stoupne asi na 17–18 (tělesná hmotnost roste v prvním roce života rychleji než tělesná výška v důsledku rychlého přibývání tukové tkáně). Potom hodnota BMI plynule klesá, minima (asi 15–16) dosáhne v 5–6 letech (tato fáze se označuje jako *adiposity rebound* a podléhá sekulární akceleraci – mírně se posunuje do stále mladších věkových kategorií), poté se začne opět pomalu zvyšovat. Na počátku pubertálního růstového spurtu dosáhne BMI hodnoty asi 17–18 a na konci růstu (v 16–18 letech, podle pohlaví) přibližně 22–23 (pokud není vývoj hmotnosti výrazněji narušován vnějšími vlivy). Podobně jako tělesná hmotnost se však v dospělosti, po ukončení tělesného růstu, může měnit i BMI jedince, neboť jeho hodnota je závislá právě na jeho hmotnosti.

Hodnoty BMI je potřeba hodnotit u dětí a u dospělých odlišně.

- **hodnocení u dospělých:** Pro dospělou populaci (tedy jedince po ukončení tělesného růstu) je využívána následující škála:

<16	těžká podváha
16–18	podváha
18–25	vyrovnaný stav
25–30	nadváha
30–35	obezita 1. stupně (lehká obezita)
35–40	obezita 2. stupně (střední obezita)
>40	obezita 3. stupně (těžká či morbidní obezita)

Tuto škálu hodnot však lze použít pouze u dospělých jedinců po ukončení jejich tělesného růstu, zatímco aplikace na děti by téměř vždy vedla ke zjištění podváhy.

Je nutné si uvědomit, že *body mass index* je pouze matematický vztah dvou veličin a neřeší problematiku složení těla, tedy jestli je hmotnost jedince daná více aktivní (svaly) nebo pasivní (tuk) tělesnou hmotou. Pro posouzení stavu obezity lze proto tento parametr využít pouze orientačně. Extrémně vypracovaný kulturista může mít hodnotu BMI vysokou, a přitom nemusí mít téměř žádný tuk, naopak subtilní starý člověk může mít hodnotu BMI nízkou, ale může mít slabou svalovou hmotu, zato nadměrné množství tělesného tuku, a může tak být obézní (jde o tzv. *sarkopenickou obezitu*).

- **hodnocení u dětí:** U dětí je vhodné interpretovat BMI pomocí percentilových grafů, v nichž porovnáváme konkrétní dítě s běžnými hodnotami BMI jeho vrstevníků (stejně starých dětí), tedy se standardizovanými populačními křivkami zkonstruovanými pro vybrané percentily.

### 2.3.4 Povrch těla

Povrch těla (BSA – z angličtiny: *body surface area*) je kvadratickou mírou. Jde o nejčastěji měřenou (resp. odhadovanou) veličinu tohoto typu na lidském těle. Využívá se zejména v lékařství, např. při hodnocení funkce ledvin a srdce, dávkování některých léků či stanovení rozsahu popálenin. Nelze ji měřit přímo, existuje však několik postupů, jak ji vypočítat z jiných tělesných hodnot.

vzorec dle DuBois & DuBois (1916):  $BSA \text{ (m}^2\text{)} = 0,007184 \times \text{výška (cm)}^{0,725} \times \text{hmotnost (kg)}^{0,425}$

vzorec dle Mosteller (1987):  $BSA \text{ (m}^2\text{)} = [\text{výška (cm)} \times \text{hmotnost (kg)} / 3600]^{0,5}$

Hodnoty BSA se, vzhledem k pohlavnímu dimorfizmu, liší u mužů a u žen. Za standardní BSA, k níž se vztahují některé lékařské postupy, byla roku 1928 stanovena hodnota 1,73. Ta již však z důvodu sekulárního trendu i životního stylu neodpovídá jiným somatometrickým parametrům.

## 2.4 Somatometrie hlavy

### 2.4.1 Úvod

Antropometrie (somatometrie) hlavy se označuje jako **kefalometrie** (řecky *kefalé* = hlava). Historicky byla hlava z hlediska somatometrického upřednostňována před zbytkem těla, z tohoto důvodu je na ní definováno mnohem více antropometrických bodů, měř a indexů než na trupu a na končetinách. Antropometrické body a míry na hlavě živého člověka se někdy využívají i v kranioometrii (měření lebky), některé však nejsou na lebce použitelné, neboť se týkají měkkých tkání (naopak některé kranioetrické body nejsou měřitelné na hlavě živého člověka, neboť jsou definovány anatomickými strukturami na kostech, které jsou z povrchu hlavy neviditelné). K měření hlavy se používá několik instrumentů, zejména *kefalometr* (dotykové měřidlo se dvěma pohyblivými symetrickými rameny a zaoblenými konci), ale i posuvné a pásové měřidlo. Měří se s přesností na 1 mm. Kefalometrické údaje jsou vedle tělesné výšky a hmotnosti dalšími důležitými tělesnými parametry zjišťovanými jednak na bázi individuální (pro hodnocení správného tělesného vývoje u dětí), jednak v rámci populačních výzkumů, transverzálních i longitudinálních.

### 2.4.2 Antropometrické body

Nejpoužívanějšími antropometrickými body na hlavě jsou:

#### na mozkovně

<b>nasion</b> (n)	nepárový bod ve středové rovině ležící na dně prohloubeniny mezi kořenem nosu a čelem
<b>glabella</b> (g)	nepárový bod ve středové rovině ležící v dolní části čela mezi obočími (nad kořenem nosu), který prominuje nejvíce dopředu na hlavě postavené do frankfurtské horizontály
<b>vertex</b> (v)	nepárový bod ve středové rovině ležící na temeni hlavy, který je nejvýše položeným bodem na hlavě postavené do frankfurtské horizontály
<b>opisthokranion</b> (op)	nepárový bod ve středové rovině ležící na týlu, který prominuje nejvíce dozadu na hlavě postavené do frankfurtské horizontály (jedná se o nejvzdáleněji ležící bod od glabelly)
<b>euryon</b> (eu)	párový bod ležící na laterální ploše mozkovny, který prominuje nejlaterálněji (nejvíce do strany) na hlavě postavené do frankfurtské horizontály (bod leží v zadní polovině neurokránie, za ušními boltci)

#### na obličeji

<b>gnathion</b> (gn)	nepárový bod ve středové rovině na dolní čelisti, který leží nejnižší na jejím dolním okraji
<b>zygion</b> (zy)	párový bod ležící na jařmovém oblouku, který prominuje nejlaterálněji (nejvíce do strany)
<b>orbitale</b> (or)	párový bod, který je nejnižší položeným bodem na dolním okraji vchodu do očníce (je využíván pro ustanovení hlavy do frankfurtské horizontály)
<b>gonion</b> (go)	párový bod ležící na úhlu dolní čelisti (přechodu těla a ramene, pod kůží je dobře hmatný)

## 2.4.3 Antropometrické míry

Nejpoužívanějšími mírami na hlavě jsou:

<b>největší délka hlavy (g–op)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost bodu glabella od bodu opisthokranion; měří se dotykovým měřidlem (kefalometrem), jehož jedno rameno se umístí na glabellu a druhým ramenem se na hlavě ustanovené do frankfurtské horizontály přejíždí po povrchu hlavy a s pomocí vizuální kontroly stupnice se hledá nejdelší podélná vzdálenost od glabelly
<b>největší šířka hlavy (eu–eu)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost pravého a levého bodu euryon; měří se dotykovým měřidlem (kefalometrem), jehož rozevřenými rameny se na hlavě ustanovené do frankfurtské horizontály přejíždí po povrchu hlavy a s pomocí vizuální kontroly stupnice se hledá nejdelší příčná vzdálenost (při měření stojíme za měřeným probandem)
<b>výška obličeje (n–gn)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost bodu nasion od bodu gnathion; měří se nejlépe posuvným měřidlem, jehož ramena se přiloží k oběma měrným bodům
<b>šířka obličeje (zy–zy)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost pravého a levého bodu zygon (označuje se rovněž jako bizygomatická šířka); měří se dotykovým měřidlem (kefalometrem), jehož rozevřenými rameny se přejíždí po jařmových obloucích a s pomocí vizuální kontroly stupnice se vyhledává nejdelší příčná vzdálenost
<b>šířka dolní čelisti (go–go)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost pravého a levého bodu gonion (označuje se rovněž jako bigoniální šířka); měří se dotykovým měřidlem (kefalometrem), jehož rozevřená ramena se přiloží k oběma bodům gonion, popř. posuvným měřidlem
<b>horizontální obvod hlavy</b>	horizontální obvod vedený přes body glabella a opisthokranion; měří se pásovým měřidlem, jehož začátek se přiloží k bodu glabella, poté se stáčí horizontálně těsně po povrchu hlavy směrem dozadu, dále se přes bod opisthokranion a následně po druhé straně hlavy zpět až k bodu glabella

## 2.4.4 Antropometrické indexy

Nejpoužívanějšími indexy na hlavě jsou:

**délkošířkový index hlavy (*index cranialis*)**

$\text{největší šířka hlavy (eu–eu) / největší délka hlavy (g–op)} \times 100$

Index vyjadřuje relativní délku hlavy. Kategorie hodnot jsou následující:

<i>kategorie</i>	<i>hodnota</i>
dlohohlavá (dolichocefal)	do 74,9
středněhlavá (mezocefal)	75,0–79,9
krátkohlavá (brachycefal)	nad 80,0

Délkošířkový index hlavy je nejstarším definovaným a měřeným antropometrickým indexem na hlavě (zavedl ho švédský anatom a antropolog Anders Adolph Retzius již roku 1840). Hodnota indexu ukazuje na relativní délku (resp. šířku) hlavy bez ohledu na její absolutní velikost. Kategorie hodnot tohoto indexu se někdy stanovují zvlášť pro muže a zvlášť pro ženy.

**index obličej (index facialis)**

výška obličej (n–gn) / šířka obličej (zy–zy) × 100

Index vyjadřuje relativní výšku (šířku) obličej. Kategorie jsou následující:

<i>kategorie</i>	<i>hodnota</i>
široký obličej (euryprozop)	do 84,9
střední obličej (mezoprozop)	85,0–89,9
úzký obličej (leptoprozop)	nad 90,0

**RŮST HLAVY**

Růst hlavy se označuje rovněž jako *cefalický růst*. Úzce koreluje s tzv. *neurálním růstem* (tedy růstem mozku), což odráží fakt, že hlava se zvětšuje v úzkém vztahu se zvětšováním mozku (velikost hlavy, resp. lebeční dutiny, kopíruje velikost mozku, který je jen o něco málo menší než objem lebeční dutiny). U hlavy můžeme sledovat jednak růst absolutní (měřitelný např. jejím obvodem či objemem), jednak růst relativní (resp. proporcionální, ve vztahu ke zbytku těla).

- **absolutní růst:** Velikostní a tvarový vývoj hlavy je nedílnou součástí celkového tělesného vývoje. Obvod hlavy novorozence dosahuje asi 34–35 cm (je asi o 2 cm větší než obvod hrudníku), což je asi 60 % obvodu hlavy dospělého člověka. Objem mozku (neurokránia) je u novorozence asi 350–400 cm<sup>3</sup>, tedy asi 25–30 % dospělé hodnoty. Obvod hlavy dospělého člověka je asi 55–57 cm a objem mozku (neurokránia) asi 1350–1450 cm<sup>3</sup>. Křivka růstu hlavy má jiný průběh než celková růstová (ICP) křivka tělesné výšky nebo hmotnosti. Po počátečním strmém průběhu v prvních třech až čtyřech letech života dosáhne velikost hlavy asi 90 % dospělé velikosti, poté se růst hlavy rychle zpomaluje až do dosažení konečné hodnoty (nemá tedy fázi zpomaleného růstu jako tělesná výška).

*Během prvního roku života naroste obvod hlavy asi o 11–12 cm, čímž dosáhne více než 80 % dospělé velikosti (objem mozku dosáhne asi 1000 cm<sup>3</sup>). Během druhého roku je nárůst pouze asi o 2 cm, čímž dosáhne více než 85 % dospělé velikosti (objem mozku dosáhne asi 1100 cm<sup>3</sup>). Ve třech letech dosahuje obvod hlavy kolem 90 % dospělé velikosti (objem mozku dosáhne asi 1200 cm<sup>3</sup>). Pro porovnání, výška těla dosahuje v této době pouze asi 50 % dospělé výšky. Poté už hlava roste velmi pomalu, a to až do ukončení tělesného růstu. Obvod hrudníku během raného dětství přeroste obvod hlavy. V 10 letech je jeho hodnota asi 65 cm, v 15 letech více než 80 cm.*

- **relativní růst:** Jedná se o proporcionální růst hlavy ve vztahu ke zbytku těla, tedy o poměr mezi délkou hlavy a výškou těla. Tento poměr se v průběhu dětství neustále zmenšuje. U plodu ve 3. měsíci prenatálního vývoje zaujímá hlava asi jednu polovinu délky těla, v 6. měsíci je to asi jedna třetina. U novorozence dosahuje délka hlavy asi jedné čtvrtiny délky těla. U dospělého člověka zaujímá hlava asi jednu osminu délky těla (během dospívání samotná hlava již neroste, zato výrazně roste zbytek těla).

## 2.5 Somatometrie trupu a končetin

### 2.5.1 Antropometrické body

Nejpoužívanějšími antropometrickými body na trupu a na končetinách jsou:

nepárové

<b>suprasternale</b> (sst)	nepárový bod ležící ve středové rovině na horním okraji <i>manubrium sterni</i> (na dně <i>incisura jugularis</i> ), je snadno hmatný a často rovněž viditelný
<b>xiphosternale</b> (xi)	nepárový bod ležící ve středové rovině na dolním okraji <i>corpus sterni</i> (na přechodu těla a mečovitého výběžku), je snadno hmatný
<b>mesosternale</b> (mst)	nepárový bod ležící ve středové rovině uprostřed sternu mezi body suprasternale a xiphosternale (v místě úponu 4. žebra)
<b>omphalion</b> (om)	nepárový bod ve středové rovině ležící v pupeční jamce
<b>symphysion</b> (sy)	nepárový bod ve středové rovině ležící na horním okraji spony stydké

párové

<b>thelion</b> (th)	párový bod ležící na vrcholu prsní bradavky
---------------------	---------------------------------------------

<b>akromiale (a)</b>	párový bod ležící na laterálním okraji acromia na lopatce (bod je poměrně snadno hmatný na vrcholu ramene)
<b>iliospinale (is)</b>	párový bod ležící na vrcholu <i>spina iliaca anterior superior</i> na pánevní kosti nejvíce vpředu, je snadno hmatný a často i viditelný pod kůží (výrazněji promínuje zvláště u štíhlejších jedinců)
<b>iliocristale (ic)</b>	párový bod ležící nejvíce laterálně a nahoře na <i>crista iliaca</i> na pánevní kosti, je snadno hmatný (při jeho vyhledávání najdeme nejprve bod iliospinale a pokračujeme od něho po hraně <i>crista iliaca</i> až k místu, kde nejvíce promínuje nahoru a do stran)
<b>trochanterion (tro)</b>	párový bod ležící nejvýše na <i>trochanter major</i> stehenní kosti (bod se nachází přibližně v místě, kde jsou boky měřeného jedince nejširší, často ho však nelze snadno vyhledat, protože vně bodu leží různě silná vrstva podkožního tuku, je proto potřeba použít hlubší pohmat, popř. lehčí boční úder)
<b>daktylion (da)</b>	párový bod ležící nejvíce distálně na distálním článku prstu ruky (definuje se pro každý prst, avšak nejčastěji se pro měření využívá daktylion třetího prstu, který je nejdelší)
<b>akropodion (ap)</b>	párový bod ležící nejvíce distálně na distálním článku nejdelšího prstu nohy (prvního nebo druhého)
<b>pternion (pte)</b>	párový bod ležící nejvíce vzadu na patě

## 2.5.2 Antropometrické míry

Nejpoužívanějšími mírami na trupu a na končetinách jsou:

### výškové rozměry

<b>výška vsedě</b>	nejkratší (kolmá) vzdálenost od bodu <i>vertex</i> k podložce, na které měřený sedí (jde tedy o projektní míru); měří se antropometrickou tyčí, měřený sedí na rovné ploše židle tak, že kolena jsou ohnuta v pravém úhlu, poté se zjišťuje vzdálenost bodu <i>vertex</i> od země a vzdálenost plochy židle od země, která se následně odečte od vzdálenosti bodu <i>vertex</i> od země (do rozměru se tedy započítává i hlavový úsek těla)
<b>výška bodu akromiale</b>	nejkratší (kolmá) vzdálenost mezi bodem akromiale a rovinou, na níž při měření stojíme (jde tedy o projektní míru); měří se antropometrickou tyčí, jejíž jezdec se svým hrotem přiloží k bodu akromiale
<b>výška bodu daktylion</b>	nejkratší (kolmá) vzdálenost mezi bodem daktylion 3. prstu a rovinou, na níž při měření stojíme (jde tedy o projektní míru); měří se antropometrickou tyčí, jejíž jezdec se svým hrotem přiloží k bodu daktylion 3. prstu
<b>výška bodu iliospinale</b>	nejkratší (kolmá) vzdálenost mezi bodem iliospinale a rovinou, na níž při měření stojíme (jde tedy o projektní míru); měří se antropometrickou tyčí, jejíž jezdec se svým hrotem přiloží k bodu iliospinale
<b>výška bodu trochanterion</b>	nejkratší (kolmá) vzdálenost mezi bodem trochanterion a rovinou, na níž při měření stojíme (jde tedy o projektní míru); měří se antropometrickou tyčí, jejíž jezdec se svým hrotem přiloží k bodu trochanterion

### délkové rozměry

<b>délka horní končetiny</b>	projektivní vzdálenost bodu akromiale od bodu daktylion 3. prstu; neměří se, ale vypočítá jako rozdíl mezi výškou bodu akromiale a výškou bodu daktylion
<b>délka dolní končetiny</b>	odpovídá výšce bodu iliospinale (někdy se však tato míra definuje i pomocí jiných bodů na dolní končetině, např. jako průměr výšky bodu iliospinale a výšky bodu symphysis, jenž lépe odpovídá délce dolní končetiny měřené od vrcholu hlavice stehenní kosti dolů, nebo jako rozdíl mezi celkovou tělesnou výškou a výškou vsedě)
<b>délka chodidla</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost bodů akropodion a pternion

### šířkové rozměry

<b>biakromiální šířka (a–a)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost pravého a levého bodu akromiale (míra se označuje rovněž jako šířka ramen); měří se dotykovým měřidlem, nejlépe pelvimetrem, popř. torakometrem
<b>bispinální šířka (is–is)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost pravého a levého bodu iliospinale (míra se označuje rovněž jako bispinální šířka pánve); měří se dotykovým měřidlem, nejlépe pelvimetrem
<b>bikristální šířka (ic–ic)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost pravého a levého bodu iliacristale (míra se označuje rovněž jako bikristální šířka pánve); měří se dotykovým měřidlem, nejlépe pelvimetrem
<b>bitrochanterická šířka (tro–tro)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost pravého a levého bodu trochanterion; měří se dotykovým měřidlem, nejlépe pelvimetrem, jehož ramena je potřeba podle situace více či méně přitlačit z důvodů obalení bodu trochanterion silnější vrstvou měkkých tkání
<b>rozpětí paží</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost mezi pravým a levým bodem daktylion 3. prstu při upažení; měří se na antropometrické stěně, a to tak, že proband si stoupne zády ke stěně, na níž je vyznačena stupnice, a 3. prstem jedné ruky se dotýká počátku stupnice (nulového bodu), míra se poté odečítá v místě 3. prstu druhé ruky

### obvody

<b>obvod hrudníku</b>	horizontální obvod vedený u mužů vzadu pod dolními úhly lopatek a vpředu mírně nad prsními bradavkami, u žen vzadu rovněž pod dolními úhly lopatek a vpředu přes bod mesosternale; měří se pásovým měřidlem (během měření nesmí být dosaženo ani maximálního nádechu, ani maximálního výdechu, obvod hrudníku se však rovněž měří po maximálním nádechu a maximálním výdechu, rozdíl těchto měr je tzv. amplituda hrudního obvodu)
<b>obvod břicha</b>	horizontální obvod vedený přes bod omphalion (pupeční jamku); měří se pásovým měřidlem, břicho musí být v uvolněné poloze
<b>obvod pasu</b>	horizontální obvod vedený přes nejužší místo trupu; měří se pásovým měřidlem
<b>obvod boků</b>	horizontální obvod vedený místem s nejmohutnějším vývinem hýžďového svalstva (přibližně přes pravý a levý bod trochanterion); měří se pásovým měřidlem



### 2.5.3 Antropometrické indexy

Nejpoužívanějšími indexy na trupu a na končetinách jsou:

#### relativní délka trupu

výška vsedě / tělesná výška  $\times 100$

<i>kategorie</i>	<i>muži</i>	<i>ženy</i>
krátký trup (brachykorm)	do 51,0	do 52,5
střední trup (metriokorm)	51,1–52,0	52,6–53,0
dlouhý trup (makrokorm)	nad 52,1	nad 53,1

#### relativní délka horní končetiny

délka horní končetiny / tělesná výška  $\times 100$

<i>kategorie</i>	<i>muži</i>	<i>ženy</i>
krátké HK (brachybrachion)	do 44,0	do 43,5
střední HK (metriobrachion)	44,1–44,5	43,6–44,0
dlouhé HK (makrobrachion)	nad 44,6	nad 44,1

#### relativní délka dolní končetiny

výška bodu iliospinale / tělesná výška  $\times 100$

<i>kategorie</i>	<i>muži</i>	<i>ženy</i>
krátké DK (brachyskel)	do 53,5	do 54,0
střední DK (metrioskel)	53,6–54,0	54,1–54,5
dlouhé DK (makroskel)	nad 54,1	nad 54,6

#### relativní šířka ramen

biakromiální šířka / tělesná výška  $\times 100$

<i>kategorie</i>	<i>muži</i>	<i>ženy</i>
úzká ramena	do 22,0	do 21,5
střední ramena	22,1–23,0	21,6–22,5
široká ramena	nad 23,1	nad 22,6

#### relativní šířka hrudníku

obvod hrudníku / tělesná výška  $\times 100$

<i>kategorie</i>	<i>obě pohlaví</i>
úzký hrudník	do 51,0
střední hrudník	51,1–56,0
široký hrudník	nad 56,1

#### relativní šířka pánve

bispinální šířka pánve / tělesná výška  $\times 100$

<i>kategorie</i>	<i>muži</i>	<i>ženy</i>
úzká pánev (stenopyel)	do 16,5	do 17,5
střední pánev (metriopyel)	16,6–17,5	17,6–18,5
široká pánev (eurypyel)	nad 17,6	nad 18,6

**Waist–Hip Ratio (WHR)**

obvod břicha / obvod boků

<i>kategorie</i>	<i>muži</i>	<i>ženy</i>
spíše periferní	do 0,84	do 0,74
vyrovnaná	0,85–0,89	0,75–0,79
spíše centrální	0,90–0,94	0,80–0,84
centrální	nad 0,95	nad 0,85

Periferní hodnota indexu znamená větší rozdíl mezi obvodem břicha a obvodem boků, což je obvykle dáno menším ukládáním tukové tkáně v oblasti břicha. Centrální hodnota indexu naopak znamená menší rozdíl mezi obvodem břicha a obvodem boků, což signalizuje zvýšené ukládání tukové tkáně v oblasti břicha. Čím vyšší jsou hodnoty indexu (tedy čím je jeho hodnota blíže k centralitě), tím má měřený jedinec rizikovější postavu s ohledem na negativní konsekvence vysokého množství tukové tkáně v těle. Hodnota indexu má tedy diagnostickou funkci a je přehledným ukazatelem množství podkožní tukové tkáně na břichu, tedy na rizikovém místě z hlediska predikce zdravotních komplikací nadváhy a obezity. WHR je proto vhodným doplňujícím ukazatelem k BMI, který sám o sobě přímo neinformuje o množství tukové tkáně. Množství tuku v těle (a jednotlivých typů, jako je tuk podkožní a tuk viscerální) se na profesionální bázi nejčastěji měří specializovanými přístroji založenými na elektrické bioimpedanci.

## 2.6 Další somatometrické charakteristiky

Metrické charakteristiky probírané výše, tedy parametry těla jako celku (tělesná výška a tělesná hmotnost), míry na hlavě a rozměry na trupu a na končetinách jsou mírami anatomickými (morfologickými) a nejčastěji měřenými parametry v somatoantropologii. Na lidském těle je ale možno měřit a hodnotit i jiné charakteristiky, zejména ty, které se týkají některých měkkých tkání a také fyziologie. Toto měření se využívá např. ve sportovní antropologii, ale i v některých lékařských oborech. Nejčastěji jsou předmětem těchto somatometrických výzkumů následující veličiny:

- **kardiovaskulární veličiny:** Jsou vázány na činnost srdce a cév, tedy oběhové soustavy. Jde např. o měření srdečního pulzu (počtu cyklů srdeční revoluce za minutu) či krevního tlaku v klidu i během fyzické zátěže.
- **respirační veličiny:** Jsou vázány na činnost dýchacího systému. Jedná se např. o měření dechové frekvence (počtu vdechů za minutu), vitální kapacity plic či dalších plicních (respiračních) objemů v klidu či během fyzické zátěže.
- **svalové veličiny:** Jsou vázány na svalový systém. Jedná se zejména o měření svalové síly. Využívají se k tomu tzv. *dynamometry* (resp. siloměry), specializované instrumenty s analogovou či digitální stupnicí.
- **měření kožních řas:** Jedná se o zjišťování tloušťky podkožní tukové vrstvy na různých (standardně určených) místech těla. Využívají se k tomu specializované instrumenty, tzv. *kalipery*, několika typů (s analogovou nebo digitální stupnicí). Výsledky se hodnotí pomocí percentilových grafů, popř. z nich je současně s hodnotami dalších tělesných parametrů počítáno tělesné složení.

Kožní řasy se měří na pravé straně těla. Kožní řasa se „vytáhne“ od svalového podkladu pomocí dvou prstů. Nejčastěji se měří kožní řasa nad dvojhlavým svaem pažním (na přední ploše paže v její polovině), nad trojhavým svaem pažním (na zadní straně paže v její polovině), nad čtyřhlavým svaem stehenním (na přední ploše stehna v jeho polovině), pod dolním úhlem lopatky (tzv. subskapulární řasa) a vpředu nad hřebenem kyčelní kosti (tzv. suprailiální řasa).

## 3 OSTEOANTROPOLOGIE I: Úvod

### 3.1 Vymezení problematiky

---

Osteoantropologie (z řeckého *osteo* = kost) se zabývá antropologickým výzkumem kosterních pozůstatků člověka (kosterní antropologie), můžeme ji však specifikovat i šířeji, a to jako antropologii zaměřenou obecně na lidské tělesné pozůstatky (ty nemusí být vždy pouze kosterní). Podle použitého postupu zkoumání kostí se osteoantropologie dělí na *osteoskopii* a *osteometrii*. Oba postupy se mohou během jednoho konkrétního výzkumu vzájemně prolínat a doplňovat. Pojem „lidské tělesné pozůstatky“ je míněno lidské tělo či jeho část od okamžiku smrti. V případě studia lidské kostry, tedy hlavního objektu zájmu kosterní antropologie, mluvíme o lidských kosterních pozůstatcích (jejich součástí jsou však kromě samotných kostí i zuby).

Tělesné pozůstatky, které se dostanou do rukou antropologa, mohou být forenzního (kriminálního či jinak násilného) původu, tedy relativně mladé, nebo se může jednat o pozůstatky archeologizované (historické), tedy relativně staré. Tělesné pozůstatky od svého vzniku až po jejich zkoumání antropologem obvykle procházejí řadou manipulací, jež mohou mít významný vliv na jejich charakter (např. kompletnost a zachovalost). Jedná se především o příčinu smrti, posmrtnou manipulaci s tělem zemřelého a přirozené (tafonomické) procesy působící na mrtvé lidské tělo během jeho interakce s okolím (nejčastěji během jeho uložení v zemi), ale i způsob terénního výzkumu (archeologického i forenzního) a metody antropologického zpracování. Osteoantropologické postupy jsou součástí několika dílčích antropologických disciplín, využívají je však rovněž některé další příbuzné obory.

- **osteoarcheologie:** Jedná se o odvětví archeologie, které se zaměřuje na terénní nálezy lidských i zvířecích kosterních pozůstatků a jejich exkavaci (odkryv, preparaci, dokumentaci a exhumaci). Osteoarcheologové spolupracují s kosterními antropology (osteoantropology), kteří lidské kosterní pozůstatky po exkavaci odborně zpracovávají. Profese osteoarcheologa a osteoantropologa se ale úzce prolíná a může být vázána na jednoho a téhož badatele. Pojem „osteoarcheologie“ je však často chápán úžeji jako archeologie zaměřená na kosti zvířecí (tzv. zooarcheologie), pokud tedy chceme zdůraznit zacílení na kosti lidské, musíme název upřesnit na *humánní osteoarcheologii*.
- **(pre)historická antropologie:** Zabývá se kosterními pozůstatky člověka z období holocénu (pojem „*historická antropologie*“ může být ale v odborné literatuře chápán jinak, spíše jako součást socio-kulturní antropologie). (Pre)historická antropologie je úzce spjata s osteoarcheologií. Základním cílem je popis kostí (osteoskopie), jejich měření (osteometrie), odhad pohlaví, odhad dožitého věku, odhad etnické (populační) příslušnosti a rekonstrukce velikosti těla. Pokročilými cíli jsou výzkum zdravotního stavu, výživy, migrací, příbuzenství atd. prostřednictvím řady specializovaných analýz.
- **paleoantropologie:** Jedná se o studium evolučního vývoje (fylogeneze) člověka, tedy primárně o výzkum jeho kosterních pozůstatků z období pleistocénu (v případě předků člověka i ze starších období). Využívá podobné postupy jako prehistorická antropologie. Paleoantropologii je však nutno chápat šířeji než pouze jako zaměření na fosilní kosti, a zahrnout do ní i studium dalších antropogenních pozůstatků, jež umožňují komplexněji rekonstruovat vývoj a život v evoluční minulosti. Paleoantropologie je tedy typickou integrální (holistickou) antropologickou disciplínou.
- **forenzní antropologie:** Je součástí kriminalistiky, které poskytuje důležité indicie a závěry spojené s vyšetřováním trestných činů, zejména s identifikací pachatelů i obětí. V užším smyslu jsou předmětem forenzní antropologie právě kosterní pozůstatky obětí. V tomto aspektu se forenzní antropologie prolíná s forezním (soudním) lékařstvím, které se však zabývá zejména lidskými pozůstatky obsahujícími i zbytky měkkých tkání.

Při nálezu jakýchkoliv lidských kosterních pozůstatků je potřeba nejprve rozhodnout, zda se jedná o záležitost archeologickou (v tom případě je jejich výzkum předán spádové archeologické nebo antropologické instituci), nebo o záležitost forenzní (v tom případě je jejich další osud svěřen do rukou policie a potom, podle konkrétních okolností, kriminalistickému ústavu či ústavu soudního lékařství).

## 3.2 Základy thanatologie a tafonomie

### 3.2.1 Úvod

Prvním předpokladem pro vznik lidských kosterních (resp. tělesných) pozůstatků je **smrt** jedince. Procesy okolo umírání a smrti jsou předmětem studia **thanatologie** (řecky *thánatos* = smrt). Smrt z biologického hlediska nastává poté, když dojde k ireverzibilní zástavě dechu a srdeční činnosti.

Definice přesného okamžiku smrti je však více a odborníci se na nich jednoznačně neshodnou. Těsně před smrtí může nastat tzv. *zdánlivá smrt*, kdy jsou dýchací a srdeční procesy, popř. další fyziologické jevy, tak slabé, že jsou bez přístrojů prakticky nedetekovatelné. Naopak těsně po smrti (po dobu až několika desítek hodin) může nastat tzv. *intermediární život*, kdy doznívají některé fyziologické (tzv. supravitální) procesy, jako např. svalové kontrakce (elektricky vyvolané), pupilární reakce, pohyby střev či pohyby kinocilií. Jedná se tedy o stádium mezi počátkem smrti a odumřením poslední tělesné buňky.

Tělo zemřelého (výsledek úmrtí) se označuje jako mrtvola čili *kadaver*. Z hlediska právního může smrt nastat přirozeně (následkem stáří či různých nemocí), nebo nepřirozeně (následkem nehod či násilných činů). Na základě toho se odvíjejí jednak další právní úkony spojené se zemřelým, jednak procesy rozkladu těla. Změny, ke kterým dochází během posmrtného rozkladu těla, je předmětem zkoumání oboru zvaného **tafonomie** (řecky *tafos* = smrt, *nomos* = zákonitost).

#### POSMRTNÉ ZMĚNY

Po smrti člověka dochází v určitém časovém sledu k řadě typických reakcí mrtvého těla. Jde o změny **fyzilogické** (zastavení fyziologických dějů), **fyzikální** (např. posmrtná bledost, posmrtné skvrny a chladnutí těla) a **chemické** (posmrtná ztuhlost, autolýza, hniloba, tlení). Některé procesy, zvláště ty, které nastávají brzy po smrti (tzv. časné změny) a je možné je jednoduše sledovat a měřit, jsou, zvláště ve forenzní praxi, důležité pro posouzení doby uplynulé od okamžiku smrti do nálezu těla. Jde hlavně o posmrtné skvrny, posmrtnou ztuhlost a chladnutí těla, tedy posmrtné změny fyzikálního charakteru.

- **pallor mortis** (posmrtná bledost): Jedná se o zblednutí kůže odkrváním tepen, zejména v horní části těla (vzhledem k jeho aktuální poloze). Vyvíjí se do 15–20 minut od smrti, nemá tedy pro stanovení doby od úmrtí příliš velký význam.
- **livor mortis** (posmrtná skvrna, resp. v mn. č. *livores mortis* – posmrtné skvrny): Jde o skvrny na kůži vznikající hemolýzou (rozkladem červených krvinek), průsakem krve do mezibuněčných prostor a hypostázou – gravitačním přesunem krve, jejíž proudění ustalo v důsledku zástavy srdeční činnosti, do kůže ve spodních částech těla (skvrny mohou být vzhledem k posmrtné poloze těla různě lokalizované, nejprve se objeví obvykle na bocích a na šiji). Začínají se tvořit asi hodinu po smrti. V dalších desítkách hodin se jejich charakter mění, což do jisté míry umožňuje přibližné stanovení doby smrti.
- **rigor mortis** (posmrtná ztuhlost): Jedná se o ztuhnutí hladkého a příčně pruhovaného svalstva, a to zřejmě vlivem rychlého vyčerpání ATP ve svalových buňkách, a tedy i absenci energie pro vzájemné pohyby myofilament. Jejím projevem je např. nemožnost nenásilného ohnutí končetin v kloubech. Posmrtná ztuhlost nastává (po krátké mezifázi ochabnutí svalů) asi hodinu po smrti a plně se vyvine asi do 12 hodin po smrti (začíná na obličejí a šíří se kaudálně nejprve na krk, poté na horní končetiny, trup a nakonec na končetiny dolní). Jakmile začnou být svalové buňky rozrušovány autolytickými a hnilobnými procesy, ztuhlost začne mizet, a to v opačném směru než vznikala. Za normálních podmínek okolního prostředí (při teplotě kolem 20 °C) vymizí v řádu dnů (nejčastěji za 3–4 dny). Pro stanovení doby úmrtí má značný význam.
- **algor mortis** (chladnutí těla): Jedná se o postupný pokles tělesné teploty z důvodů nefunkčnosti tělesných termoregulačních systémů (dochází tedy k vyrovnávání teploty těla s teplotou okolí po termodynamickém spádu). Začíná na končetinách a postupně se přesouvá na trup. Teplota těla se měří v rektu. Průběh chladnutí těla ukazuje na dobu od okamžiku smrti, je však časově velmi variabilní a závisí na řadě faktorů jak vnitřních (hmotnost zemřelého a množství podkožní tukové tkáně), tak zejména vnějších (teplota okolí, charakter oblečení či přikrytí, proudění vzduchu, umístění těla na vzduchu či ve vodě atd.). Za podmínek okolní teploty kolem 20 °C, lehkého oblečení a průměrného množství podkožního tuku dochází k poklesu tělesné teploty asi o 1 °C za hodinu. Pro zohlednění vnějších faktorů působících na chladnutí těla se pro přesnější stanovení doby smrti používají tzv. nomogramy s korekčními faktory.

Rozklad (dekompozice) těla je přirozený proces způsobený vymizením faktorů udržujících nestabilní organické látky ve vitální formě po smrti jedince. Jde v podstatě o mineralizaci těla (přeměnu organických látek na látky anorganické), tedy přechod tělesné hmoty z živé přírody (biosféry) do přírody neživé (litosféry, pedosféry, hydrosféry a atmosféry). Lidské tělo je tvořeno měkkými (nemineralizovanými) a tvrdými (mineralizovanými, resp. kalcifikovanými) tkáněmi. Stupeň výchozí mineralizace tkání je velmi významným faktorem ovlivňujícím jejich posmrtný rozklad, zejména jeho rychlost. Tafonomické změny (rozklad těla), které probíhají po smrti jedince, jsou ovlivněny zejména způsobem posmrtné manipulace s lidskými pozůstatky. Po naprostou většinu doby existence a evoluce rodu *Homo* (tedy za posledních téměř 3 mil. let) zřejmě neexistovala posmrtná péče o lidské tělesné pozů-

statky. Zemřelí byli ponecháni na místě své smrti napospas přírodním živlům (klimatickým vlivům, mrchožroutům atd.). Z tohoto důvodu bývají kosterní pozůstatky našich předků obvykle velmi fragmentární a nesoudržné. Teprve z doby za posledních asi 100 tis. let známe už poměrně dobře zachovalé a víceméně celistvé lidské skelety, což je dáno jednak tím, že jsou relativně mladé, a čas u nich tedy „zapracoval“ méně než na kostech ze starších období, jednak i tím, že lidé o zemřelé pečovali, čímž do značné míry eliminovali vliv přírodních faktorů na jejich zachování (tělo zasypané v zemi není výrazně narušováno klimatickými vlivy ani mrchožrouty). Záměrné pohřbívání je odrazem náboženských představ lidí o smrti a posmrtném životě, tedy i vyspělého (abstraktního, symbolického) myšlení. Během historie vyvinuly různé lidské komunity bezpočet způsobů péče a postmortální manipulace (rituální i nerituální) s tělesnými pozůstatky, ale i perimortálních manipulací s ještě živým tělem, které bezprostředně předcházely smrti (nebo byly její příčinou). Typy manipulací s lidskými pozůstatky můžeme obecně rozdělit na intaktní, invazivní a destruktivní.

### 3.2.2 Intaktní manipulace s lidskými pozůstatky

Jde o manipulaci, při které zůstává zachována integrita tělesných pozůstatků, nedochází tedy k výraznějším invazivním zásahům do těla (k jeho porušování). Intaktní tělo je však většinou podrobeno záměrným nedestruktivním zásahům, které předepisují pohřební rituály dané kultury (např. rituální mytí, balzamování či vnější úprava vzhledu jako je stříhání vlasů, zdobení a oblékání) a které mohou znamenat jistý, byť mírný stupeň porušení integrity těla.

### 3.2.3 Invazivní manipulace s lidskými pozůstatky

Jde o manipulaci, při které dochází k porušení integrity tělesných pozůstatků mechanickými, zásahy, avšak tělo si zachovává svoji víceméně kompletní základní tělesnou schránku. Můžeme rozlišovat následující typy invazivních manipulací s tělesnými pozůstatky:

- **preparace:** Jinými slovy pitva (*sekce, disekce, obdukcce*). Jedná se o typ vědeckého nebo lékařského zásahu do tělesných pozůstatků. Je různého stupně, podle cíle preparace. Klasická lékařská pitva se provádí zejména v případech nejasné příčiny úmrtí. Pokud lidské tělesné pozůstatky jeví známky násilné smrti, je nařizována pitva soudní (forenzní).
- **punkce:** Jinými slovy probodnutí těla (např. kulem). Týká se těla jako celku nebo pouze některých orgánů. Příkladem je probodávání těla (jako celku) nebo rituální probodávání srdce, které se někdy praktikovalo jako součást tzv. protivampyrických zásahů.
- **explantace:** Jedná se o vyjmutí orgánů z těla ven (opakem je implantace). Důvodem je transplantace orgánů (vyjmutí za účelem přenosu do těla živého jedince), umělá mumifikace, popř. rituální zásahy (např. tzv. protivampyrická opatření nebo rituální antropofágie). Zvláštním případem je explantace některých orgánů a jejich uložení v rituálních (viscerálních) nádobách, tzv. kanopách, či v relikviářích. Týká se to obvykle významných osobností (panovníků, svatých atd.).

### 3.2.4 Destruktivní manipulace s lidskými pozůstatky

Jde o manipulaci, při níž dochází k porušení integrity tělesných pozůstatků mechanickými, tepelnými či chemickými zásahy a kdy nastane i porušení (disartikulace) základní tělesné schránky. Jednotlivé způsoby destruktivní manipulace se liší stupněm a intenzitou, tedy tím, jaký je rozdíl mezi integritou původně neporušeného těla a tělesných pozůstatků připravených na další fázi pohřebního ritu (uložení). Můžeme rozlišovat následující typy destruktivních manipulací s tělesnými pozůstatky:

- **separace:** Jedná se o oddělení části těla od jeho zbytku. Příkladem může být amputace (oddělení končetiny) či dekapitace (oddělení hlavy). Separace části těla mohla být provedena ještě s živým tělem jako součást exekuce (hrdelního trestu), v případě posmrtné amputace či dekapitace bylo cílem zhanobení tělesných pozůstatků či opět provedení tzv. protivampyrických zásahů.

- **fragmentace:** Jedná se o násilné rozdělení lidských tělesných pozůstatků na dvě či více částí (tzv. rozčtvrcení). Většinou jde o nerituální zásahy, např. z důvodů protivampyrických opatření, antropofagie či jako součást exekucí (znetvoření popravených). Někdy se však může jednat i o součást běžného pohřebního rituálu.
- **exkarnace:** Je to oddělení svalů (*carnis* = maso) a jiných měkkých tkání od kostí, po němž následuje obvykle pohřbení samotných kostí (či jiná manipulace). Exkarnace se mohla uskutečnit dvěma základními způsoby:
  - *přirozená exkarnace:* Jde o oddělení měkkých tkání působením přírodních živlů, zejména zvířat (mrchožroutů). K přirozené exkarnaci může dojít např. po intervenci mrchožroutů na tělesné pozůstatky lidí zemřelých přirozeně, popř. i násilně ve volné přírodě. Tento způsob posmrtné péče může být v některých kulturách i součástí rituálního nakládání s lidskými pozůstatky.

Jako rituální (předpisový) způsob posmrtné péče je přirozená exkarnace praktikována např. v Tibetu, kde jsou mrtvá těla některých skupin lidí přenesena na volná prostranství (vrcholy kopců) a ponechána napospas supům, kteří je zkonsumují. Tyto zvláštní způsoby pohřbívání mrtvých se označují jako *sky burials*. Vycházejí z náboženské ideologie. Je však otázkou, zda se primárně nejedná spíše o ekologicky podmíněnou záležitost – v Tibetu existuje problém jak s klasickým pohřbíváním do země (vykopání hrobové jámy v permafrostu je obtížné), tak se spalováním mrtvých (deficit dřeva, Tibetská náhorní plošina leží nad hranicí lesa).
  - *umělá exkarnace:* Jedná se o záměrné odstranění měkkých tkání. Někdy se tento postup ulehčuje např. vařením fragmentovaného těla. Jde o zásah praktikovaný ve speciálních případech, např. jako součást antropofagie. Ze středověké Evropy jsou však známy i případy takto manipulovaných tělesných pozůstatků panovníků a dalších osob, které zemřely daleko od domova, a to jednak z důvodů umožnění pohřbení v křesťanské půdě, jednak kvůli jejich snazšímu převozu, aby se např. zabránilo rozkladu těla během dlouhého transportu v letních měsících.
- **incinerace:** Jinak také zpopelnění (dalšími názvy jsou kremace či nekrokaustie). Jedná se o jeden z nejdestruktivnějších zásahů do tělesných pozůstatků, jenž v minulosti byl a i v současnosti je velmi intenzivně praktikován v mnoha kulturních okruzích světa. Je obvykle odrazem náboženských představ dané společnosti. Výsledkem incinerace jsou spálené lidské pozůstatky různého stupně destrukce – od lehce opálených kostí (které je možno v některých případech sestavit i do anatomické polohy) až po prakticky nedetekovatelný prach.

### 3.2.5 Rozklad měkkých tkání

Měkké tkáně se, vzhledem k vysokému zastoupení nestabilních organických látek a žádné či pouze mírné mineralizaci, rozkládají relativně rychle. Z chemického hlediska dochází během rozkladu měkkých tkání hlavně ke zmenšování molekulové hmotnosti organických látek (polymery se mění na oligomery až monomery) a dále k jejich mineralizaci, tedy přeměně na látky anorganické. K rozkladu měkkých tkání přispívají jak faktory vnitřní (autolytické enzymy a mikroflóra), tak faktory vnější, a to jednak „živé“, biotické (anaerobní i aerobní mikroorganismy, nekrofágní hmyz a další organismy), jednak neživé, abiotické (teplota, vlhkost, složení půdy atd.). Během rozkladu dochází ke stírání hranic mezi buňkami, ke zkapalňování měkkých tkání, k zániku struktury původních orgánů a nakonec k vymizení rozložených měkkých tkání, tedy k tzv. **skeletizaci** těla – jeho přeměně na kosterní pozůstatky, kdy zůstávají zachovány pouze obnažené tkáně tvrdé (kosti a zuby).

Mimo skeletizaci, tedy nejběžnější způsob rozkladu těla, jehož výsledkem jsou kosterní pozůstatky, může ve specifických podmínkách nastat několik dalších možností rozkladu tělesných pozůstatků. Prvním z nich je **mumifikace**. Nastává v situaci, kdy je zastavena aktivita rozkladných mikroorganismů a kdy dojde k vyschnutí tkání, např. dlouhodobým působením suchého proudícího vzduchu, mrazem, působením chemikálií (přirozeně, např. v rašeliništích, či uměle, např. při balzamování) či kombinací více faktorů. Dalším způsobem postmortálního rozkladu je **saponifikace** (zmýdelnění). Jedná se o přeměnu tělesného tuku na látky mýdlovité povahy (z chemického hlediska jde zejména o vápenaté a hořečnaté soli mastných kyselin vznikajících během rozkladu těla hydrolýzou tělesného tuku). Tělo takto degradované se označuje jako *adipocire* („mrtvolný vosk“). K saponifikaci dochází při dlouhodobém uložení těla ve vodě či ve vlhké jílovité půdě bez přístupu vzduchu, intenzivněji nastává u mrtvol s vyšším množstvím tělesného tuku. Probíhá z povrchu těla dovnitř, v teplém období již během několika dní. Na povrchu těla se tvoří kalcifikované krusty, které se zvyrazňují po vytáhnutí těla na vzduch.

Základními rozkladnými procesy, k nimž dochází při běžné skeletizaci těla, jsou autolýza (patří ještě mezi časné změny), hnití, tlení a působení biologických činitelů (tzv. pozdní změny).

- **autolýza:** Jedná se o enzymatický rozklad buněk (samonatravení) působením vlastních autolytických enzymů uvolněných z lysozomů. Nastává ihned po smrti. Nejrychleji k ní dochází ve tkáních obsahujících vysoké množství enzymů (např. v pankreatu a žaludeční a střevní sliznici).
- **hnití:** Jinak také putrefakce či vlhký rozklad. Jde o redukční proces zapříčiněný anaerobními bakteriemi. Měkké tkáně se zkapalňují a rozkladem organických látek se tvoří hnilobné plyny ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ) a tzv. mrtvolné jedy či ptomainy (např. kadaverin či putrescin, jde o produkty dekarboxylace aminokyselin). Hnití nastává ihned po smrti a probíhá, podle charakteru okolních podmínek, několik týdnů. Hnilobné bakterie jsou jednak původu vnitřního (střevní mikroflóra), jednak původu vnějšího (vstupují do těla kůží a dýchacími cestami, popř. otevřenými ranami). Na pomezí obou typů jsou infekční mikroorganismy (infikované tělo se rozkládá rychleji). V těle se hnilobné bakterie šíří hlavně cévami. Hniloba těla se projevuje zelenavou až černozelelou barvou kůže i vnitřních orgánů (za zelenou barvou stojí sulfhemoglobin vznikající navázáním sirovodíku na hemoglobin) a hnilobným emfyzémem (opuchnutím a zpuchýřováním povrchu těla vlivem kumulace plynů v podkožním vazivu a v tělesných dutinách).
- **tlení:** Jinak také suchý rozklad. Jde o oxidační proces (v podstatě o pomalé spalování) zapříčiněný aerobními bakteriemi a plísněmi. Měkké tkáně postupně vysychají a mizí a zůstávají tkáně tvrdé zprvu povlečené zbytky vysušených měkkých tkání (např. kůže propadající se mezi žebra a do lebečních a tělních dutin nebo kloubní pouzdra a chrupavky). Tlení začíná několik týdnů po smrti (po úniku hnilobných plynů a tekutin) a probíhá obvykle několik let.
- **působení hmyzu:** Mrtvá těla jsou, vzhledem ke svému složení, nutričně bohatá, jsou proto využívána různými živočichy (a dalšími organizmy) jako zdroj potravy. To přispívá k urychlení jejich rozkladu. Důležitou roli hraje zejména *nekrofágní hmyz*, ale i další členovci, dravci, šelmy a ryby (je-li tělo v jejich dosahu). Nekrofágní hmyz využívá mrtvá těla k výživě potomstva (larev). Je lákán těkavými látkami uvolňujícími se z rozkládajícího se těla, do něhož při své aktivitě uvolňuje svoje trávicí šťávy a bakterie, které dále urychlují rozklad. V různých stádiích rozkladu a při daných podmínkách okolí (teplota, vlhkost atd.) podléhá mrtvé tělo několika tzv. *sukcesním vlnám*, kdy je postupně kolonizováno specifickým nekrofágním hmyzem. Objevují se na něm vajíčka, larvy a kukly několika druhů hmyzu typických pro danou fázi rozkladu, přičemž jednotlivé generace hmyzu se střídají velmi rychle, a to i v řádu dnů. To do určité míry přispívá ke stanovení přibližné doby smrti. Zkoumání kolonizace a úspěchu nekrofágního hmyzu na rozkládajících se mrtvolách je předmětem speciálního oboru, tzv. *forenzní entomologie* (jde o jeden z významných forenzních postupů).

### 3.2.6 Rozklad tvrdých tkání

Tvrdé tkáně se rozkládají podstatně pomaleji než tkáně měkké. Hlavním důvodem je vysoký obsah anorganické (minerální) hmoty, která je trvanlivá sama o sobě a kromě toho má ochranný vliv i na složku organickou, která se vždy, aspoň v malém množství, v tvrdých tkáních vystytuje. Základními makrokomponentami mezibuněčné hmoty tvrdých tkání jsou hydroxyfosforečnan vápenatý (hlavní anorganická látka) a kolagen (hlavní organická látka). Po smrti jsou obě komponenty degradovány tafonomickými procesy, které označujeme jako **diageneze**. Během rozkladu dochází v tvrdých tkáních k úbytku až k úplnému vymizení organické složky, ke strukturním změnám ve složce anorganické (minerální) a k jejich celkové histologické přeměně (zvýraznění porozity). Rozklad je významně ovlivňován charakterem okolního prostředí, zejména teplotou, vlhkostí a pH sedimentu, jež tělo obklopuje. Chemický charakter tvrdých tkání dovoluje za příznivých okolností jejich zachování po velmi dlouhou dobu, a to i po miliony let. Ještě lépe než kosti se zachovávají zuby, které jsou mineralizovanější než kosti. Ovšem i tvrdé tkáně se mohou při dekompozici těla rozložit výrazněji (zbude pouze silueta skeletu v zásypovém substrátu tvořená kostním fosforem a půdním manganem), popř. zcela (bez viditelných zbytků, pouze s chemickou stopou v původním zásypovém substrátu).

- **hydroxyfosforečnan vápenatý:** Jinak také *hydroxyapatit* (u živých organismů označovaný i jako *bioapatit*). V tvrdých tkáních se nachází v krystalické podobě a ve složitějších chemických komplexech. Jeho obecný vzorec je  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ .

Vápenatý kationt ( $\text{Ca}^{2+}$ ) může být minoritně substituován jinými prvky, k nimž patří zejména kationty hořčíku ( $\text{Mg}^{2+}$ ), stroncia ( $\text{Sr}^{2+}$ ), barya ( $\text{Ba}^{2+}$ ), zinku ( $\text{Zn}^{2+}$ ), olova ( $\text{Pb}^{2+}$ ) a dalších. Některé tyto prvky mají v tvrdých tkáních funkční význam (podílejí se na jejich stabilitě, např. hořčík), jiné nahrazují vápník spíše příležitostně, pokud jsou s potravou přivedeny do těla (stroncium je např. znakem orientace člověka na rostlinnou potravu, zinek na potravu živočišnou, olovo je výsledkem intoxikace). Hydroxidový aniont ( $\text{OH}^-$ ) může být substituován např. chloridovými ( $\text{Cl}^-$ ), fluoridovými ( $\text{F}^-$ ), hydrogenfosforečnanovými ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ), hydrogenuhličitanovými ( $\text{HCO}_3^-$ ) či uhličitanovými anionty ( $\text{CO}_3^{2-}$ ).

Skutečný minerál je v tvrdých tkáních komplexem různých molekulárních forem hydroxyfosforečnanu vápenatého a molekul s uvedenými substituenty. Během diagenese po smrti jedince dochází vlivem vlhkosti a kyselin vznikajících během hnití měkkých tkání k přeměně struktury krystalů hydroxyfosforečnanu vápenatého, a to jak k jejich rekrystalizaci, tak k přechodu do amorfni (nekrystalické) formy. Následkem toho se rozpadají osteony. Rozklad urychluje uložení těla v kyselém substrátu, v dřevěné rakvi (dřevo je rozkládáno bakteriemi podobně jako tělo), ale i v substrátu alkalickém, pokud během uložení nedochází k rychlému odtoku kyselin vznikajících během hnití. Také dochází ke změnám v iontovém složení. Některé prvky mají tendenci z tkání přecházet do okolí (např. vápník), jiné zase do tkání z okolí vstupují (např. železo, mangan, hliník či olovo), a to nejen ze zásypového substrátu, ale i z kovových rakví (kyseliny vznikající při hnití činností bakterií rozpouštějí kov, jehož ionty pronikají do kostí). Některé prvky zřejmě nejsou diagenetickými změnami výrazněji dotčeny (např. stroncium, baryum, hořčík či zinek).

- **kolagen:** Je to hlavní bílkovina tvrdých tkání. Konkrétně jde o kolagen I. typu (nejzastoupenější typ kolagenu v lidském těle vůbec). Je to vláknitá bílkovina, v jejímž polypeptidickém řetězci (tvořeném asi tisícem aminokyselin) převažuje glycin, prolin a lyzin. Ve tkáních tvoří pevná a dlouhá vlákna, na něž jsou vázány krystaly hydroxyfosforečnanu vápenatého. Během diagenese po smrti jedince dochází k přerušení vazeb kolagenních vláken s krystaly hydroxyfosforečnanu vápenatého a k jeho dekompozici (rozpadu jeho dlouhého polypeptidického řetězce na kratší polypeptidy, popř. až na jednotlivé aminokyseliny), a to jak k rychlé (působením střevních bakterií pronikajících do tkáně skrz Haversovy kanálky i externích mikroorganismů vstupujících skrz póry v kosti), tak k pomalé (k hydrolýze). Zbytky kolagenu se nicméně mohou v tvrdých tkáních uchovat i po velmi dlouhou dobu (i miliony let), což umožňuje jeho využití k některým analýzám.

## FOSFÁTOVÁ ANALÝZA

Jednou z mnoha přírodovědných analýz, které jsou v současnosti využívány v archeologii, je chemická analýza půdy (resp. geologických sedimentů). Zjišťuje a hodnotí chemické složení půdy ve vztahu k antropogenní činnosti. Jednou z významných analýz tohoto druhu je tzv. **fosfátová analýza**. Ta spočívá v detekci a analýze obsahu fosforu v půdě. Vychází z principu, že v místech s antropogenním působením v minulosti se nachází zvýšené koncentrace fosforu v půdě jako následek jeho pronikání z organické hmoty (mrtvých těl, uskladněné potravy, hnojišť, exkrementů atd.) do okolních sedimentů.

*Těla organismů jsou z více než 99 % tvořena tzv. makrobiogenními prvky, kterými jsou kyslík, uhlík, vodík, dusík, vápník a fosfor. První čtyři jmenované se během rozkladu organické hmoty (i lidských těl) zabudovávají do molekul rozpustných minerálních látek, které se snadno vyplavují z místa rozkladu do širokého okolí. Vápník a fosfor (nejen anorganický, který najdeme v kostech či zubech, ale i organický, vázaný např. v molekulách DNA či ATP) však v půdě přecházejí do nerozpustných minerálních komplexů, které se tak snadno neodplavují, a zůstávají tedy na místě původní antropogenní aktivity i po velmi dlouhou dobu. Obsah vápníku v sedimentech je však vysoký i za běžných okolností (bez vlivu organické hmoty) a jeho množství „přidané“ rozkládající se organickou hmotou je tak zanedbatelné a nedetekovatelné. Fosforu je však v půdě (sedimentech) podstatně méně, a proto, pokud je na konkrétním místě zjištěn jeho zvýšený obsah, pravděpodobně to indikuje dřívější přítomnost organických zbytků (lidských, zvířecích i rostlinných), tedy minulou antropogenní aktivitu.*

Fosfátová analýza se využívá i v osteoarcheologii při výzkumu pohřebišť, uplatnit se však může i ve forenzní praxi. Pomocí této analýzy je např. možné zjistit, zda hrobová jáma bez antropologického obsahu odkrytá během výzkumu původně obsahovala či neobsahovala lidské pozůstatky, tedy zda se jedná o regulérní hrob (bylo do něho tedy původně uloženo mrtvé lidské tělo – v tom případě je obsah fosforu v sedimentech jámy vyšší než v okolí), nebo jestli jde o tzv. kenotaf (symbolický hrob – obsah fosforu v jámě se neliší od jeho obsahu v okolí). U hrobů, které kosterní pozůstatky obsahují, je zase možné určit, zda do nich bylo pohřbeno původně celé tělo i s měkkými tkáněmi (v tom případě je obsah fosforu v sedimentech jámy vyšší než v okolí z důvodů jeho vyplavení z měkkých tkání) nebo jestli byly do hrobu vloženy až skeletizované lidské pozůstatky zbavené měkkých tkání (např. u sekundárních pohřbů – v tom případě se obsah fosforu v jámě neliší od okolí).



## 3.3 Nekosterní pozůstatky

### 3.3.1 Úvod

Kosti a zuby jsou naprosto dominantními částmi lidského těla, které se zachovávají (fosilizují) i velmi dlouho po smrti jedince. V určitých situacích se však mohou dochovat i jiné části těla (měkké tkáně). Jsou součástí především forenzního zájmu, ve výjimečných případech se však zachovávají i v archeologických (fosilních) kontextech. Dalšími možnými typy dokladů o existenci lidského těla jsou tzv. ichnofosilie – pozůstatky nikoliv těla jako takového, ale životních procesů. Je tedy zřejmé, že i nekosterní lidské pozůstatky mohou být zdrojem důležitých informací o životě lidí v minulosti.

### 3.3.2 Měkké tkáně

Měkké tkáně se mohou podelší dobu zachovat tehdy, pokud je nějakým způsobem omezeno působení rozkladných mikroorganismů a dalších rozkladných činitelů na mrtvé tělo. To je doprovázeno vysycháním měkkých tkání. Dlouhodobé uchování měkkých tkání během rozkladu se obecně označuje jako **mumifikace**. Měkké tkáně, mumifikované i čerstvé (tedy v počátečních fázích rozkladu), se objevují zejména ve forenzních situacích, kdy se stávají cílem šetření ze strany soudního lékařství (kosterní pozůstatky forenzního původu bez dochovaných měkkých tkání jsou obvykle předmětem šetření ze strany forenzní antropologie), najdeme je však i v archeologických kontextech (vždy ale po prodělání mumifikačního procesu). Mumifikované lidské pozůstatky (mumie) lze zkoumat podobnými metodami jako kosterní pozůstatky. Je u nich možné provádět odhad pohlaví, odhad věku či rekonstrukci velikosti těla morfoskopickými a morfometrickými metodami (buď invazivně, nebo pomocí zobrazovacích technik, jako je rentgen či CT), ale i řadu specializovaných výzkumů, jako je analýza DNA (paleogenetická analýza), výzkum mikrobiomu (paleomikrobiologická analýza), výzkum parazitů (paleoparazitologická analýza), různé typy chemických analýz, včetně toxikologického vyšetření, paleopatologický výzkum a další dílčí (paleo)analýzy. K mumifikaci (přirozené či umělé), tedy k omezení vlivu rozkladných mikroorganismů, může dojít několika způsoby (a jejich kombinacemi):

- **proudění suchého vzduchu:** Stálý proud suchého vzduchu, bez ohledu na jeho teplotu, dehydratuje měkké tkáně a omezuje vliv rozkladných mikroorganismů. Účinnější je teplý (horký) vzduch. Dehydratace nastává buď v přirozeném prostředí (např. v suchých pouštních oblastech či jeskyních), nebo v umělých prostorách, jako jsou např. větrané hrobky, ale i půdy či vytápěné místnosti. Při umělé mumifikaci se navíc vyjímají vnitřní orgány a tělo se konzervuje balzamováním.

Nejstarší doposud objevené mumifikované lidské pozůstatky jsou známy z jeskyně **Spirit Cave** (Kalifornie, USA). Jejich stáří je asi 10,5 tis. let. Jedná se o přirozeně mumifikované tělo.

*Mumie ze Spirit cave náleží muži ve věku asi 40–50 let. Byl pohřben v textilním oděvu a kožených mokasínech. Tělo bylo položeno na tkanou textilii. Měkké tkáně se zachovaly pouze na některých místech, zejména na hlavě a horní polovině těla. Jedná se zejména o zbytky kůže, vlasů, vazů, svalů a chrupavek, výjimečně i útrobních orgánů. V břišní dutině mumie byly nalezeny koprolity (fosilizované exkrementy) obsahující zbytky rybích kostí.*

Nejstarším známým početnějším souborem mumii jsou těla několika stovek jedinců patřících kultuře **Chinchorro** na severu Chile. Nejstarší z nich, mumifikované přirozeně uložením v suchých pouštních podmínkách, dosahují stáří asi 9 tis. let, nejstarší uměle mumifikovaná těla jsou zde stará asi 7 tis. let (z těl byly vyjímány vnitřní orgány, které byly poté nahrazeny rostlinnými vlákny a srstí zvířat, povrch těl byl konzervován jílem). Nejstaršími pozůstatky s pravděpodobnými doklady umělé mumifikace z území Evropy jsou kostry nalezené v údolí **Sado** v jižním Portugalsku, jedna na lokalitě **Arapouco** a jedna na lokalitě **Poças de São Bento**. Jejich stáří je asi 8 tis. let. Na kostrách sice nebyly nalezeny měkké tkáně, způsob jejich pohřbení však podle detailních tafonomických analýz pravděpodobně vyžadoval předchozí mumifikaci těl. Mumifikovaná lidská těla jsou všeobecně známa zejména z hrobek **starověkého Egypta**. Nejstarší jsou zde datována již do doby asi před 5,5 tis. lety (tedy ještě do predynastického období), kdy vznikla jako přirozené mumie po pohřbení těl v pouštních podmínkách. Na znalosti přirozené mumifikace navázala staroegyptská civilizace již v nejstarší fázi vývoje asi před 4,5 tis. lety (možná i mnohem dříve) a velmi výrazně rozvinula umělou mumifikaci mrtvých (a to nejen lidí, ale i řady druhů zvířat) v návaznosti na náboženské představy o posmrtném životě. Umělá mumifikace však byla zajišťována nejen suchým proudícím vzduchem, ale i vyjmutím vnitřních prgánů a chemickými procesy (balzamací). Z mladšího období (ze středověku a raného novověku) je z celého světa známa řada mumii patřících zejména společensky významnějším osobám (šlechticům, mnichům atd.), u nichž proběhla mumifikace uložením v suchých a větraných hrobkách.

- **vliv mrazu:** Mráz omezuje či zastavuje působení mikroorganismů a dalších rozkladných činitelů a společně s dalšími okolnostmi (proudění suchého vzduchu či anoxické podmínky) pomáhá uchovávat měkké tkáně. Týká se to nejen člověka, ale i těl dalších živočichů, které jsou občas nalézány v chladných oblastech světa (např. na Sibiři či ve vysokých horách).

Známou mumií je ledovcový muž označovaný jako **Ötzi**, který byl roku 1991 nalezen v Ötztalských Alpách na hranici Rakouska a Itálie v nadmořské výšce 3210 m. Jeho stáří je asi 5–5,5 tis. let. Mumie patří muži ve věku asi 40–50 let, který zemřel na následky střelného zranění (dokládá to kamenný projektil uvízlý v levé lopatce). Jeho mumifikace proběhla přirozenou cestou působením mrazu a konzervací těla v ledu. Je to nejstarší známá přirozená mumie z území Evropy a světově nejstarší lidský pozůstatek s dobře zachovalými útrobními orgány (i krevními buňkami). Mumie Ötziho umožnila provedení velkého množství detailních antropologických, lékařských a jiných analýz dokumentujících jeho život.

- **působení chemikálií:** Některé látky (kyseliny, toxické kovy či balzamační substance) ničí rozkladné mikroorganismy nebo tkáně přímo vysušují (různé soli). V kombinaci se specifickými horkými a suchými podmínkami (proudící suchý vzduch) byla na tomto principu založena i umělá mumifikace lidí i zvířat ve staroegyptské civilizaci, podobně však byla prováděna i v jiných kulturách a pozdějších dobách, včetně mumifikace některých politických vůdců ve 20. století. Je však známo i několik přirozených způsobů chemické mumifikace (v kombinaci s dalšími konzervačními faktory).

- **mumie z bažin:** Jsou to těla konzervovaná uložením v anoxickém a kyselém prostředí rašelinišť, které najdeme zejména v chladnějších oblastech světa. Jsou známy především ze severní Evropy (Skandinávie, Dánsko, severní Německo, Britské ostrovy), ale i ze severní Ameriky.

*Důležitou roli v konzervaci měkkých tkání v rašeliništích hraje sfagnan, komplexní kyselý polysacharid uvolňující se při rozkladu mechu rašeliníku (Sphagnum). Jeho karbonylové skupiny se vážou na aminokyseliny v kolagenu kůže a pojivových tkání a brání jeho dalšímu rozkladu, k tomu inhibují růst mikroorganismů a inaktivují bakteriální enzymy.*

Nejstarší známé tělesné pozůstatky z bažin pocházejí z **Koelbjergu** v Dánsku. Byly zde objeveny kosti muže ve věku 20–25 let staré asi 10 tis. let. Jedná se však pouze o kosti druhotně přesunutě do bažiny, původně zřejmě šlo o člověka utopeného ve vodním toku. Na lokalitě **Windover** na Floridě (USA) byly nalezeny kosterní pozůstatky 168 jedinců (mužů, žen i dětí), kteří byli záměrně do rašeliniště pohřbeni. Jejich stáří je asi 7–8 tis. let. Unikátním zjištěním bylo dochování mozkové tkáně u více než poloviny skeletů. Část obsahovala i zbytky oblečení. Nejstarší známá bažinná mumie se zachovalými měkkými tkáněmi (svaly) byla nalezena na lokalitě **Cashel** v Irsku. Patří muži ve věku 20–25 let. Pochází z doby kolem roku 2000 př. n. l. Vykazuje známky rituálního obětování a uložení do bažiny. Nejvíce popsaných mumií z bažin pochází z prvního tisíciletí př. n. l. (z doby železné). Nejznámější je mumie z **Tollundu** v Dánsku. Jde o muže ve věku asi 30–40 let. Pochází z doby kolem roku 400 př. n. l. Zachovala se u něho čepice z ovčí kůže, kožený opasek a kolem krku zbytek koženého provazu. Rozborem zbytků v žaludku bylo zjištěno, že jeho posledním jídlem byla kaše z ječmene a semínek lnu, lničky a rdesna, obsah tlustého střeva prokázal ještě zbytky ryb a rovněž vajíčka parazitů (tasemnic, škrkavek a tenkohlavců). Muž byl zřejmě rituálně obětován oběšením.

- **kalcifikované tkáně:** Jsou to měkké tkáně konzervované usazováním vápenatých (a v menší míře i hořečnatých a amonných) solí. Kalcifikace probíhá již během života jedince (premortálně), a to fyziologicky i patologicky. K fyziologickým kalcifikacím měkkých tkání patří např. mozkový písek (*corpora arenacea*) tvořící se ve vyšším věku v šišince (*epiphysis cerebri*). Můžeme k nim však počítat i chondrogenní osifikaci provázenou kalcifikací původně chrupavčitých kostí. Ve vyšším věku, zejména u mužů, mohou osifikovat (kalcifikovat) i některé další chrupavky, jako je štítná či prstenčitá chrupavka hrtanu, a ty se mohou zachovat i ve fosilním materiálu. Patologicky se vápenaté soli mohou ukládat např. do stěny cév, pleury a parenchymu ledvin, prostaty, varlete a dalších orgánů a i ty se výjimečně najdou ve fosilním (archeologickém) materiálu. Někdy však patologicky osifikují i vazy nebo části úponových šlach některých svalů, které mohou být rovněž detekovatelné ve fosilním kosterním materiálu. Velmi zvláštním a unikátním případem je tzv. *lithopedion* – kalcifikovaný plod odumřelý během mimoděložního těhotenství (kalcifikace je obrannou reakcí mateřského organismu vůči toxickému působení mrtvého těla plodu). Může mít velikost řádově jednotek, ale i desítek centimetrů. Existuje několik zdokumentovaných případů nálezu lithopedia i v archeologickém (fosilním) kontextu.

V jihoafrické jeskyni **Malapa** byly objeveny fosilie hominina druhu *Australopithecus sediba* staré asi 2 miliony let. Na kostech lebky dvou jedinců se pravděpodobně zachovaly zbytky kalcifikované kůže. Konzervaci kůže zřejmě umožnil nejprve pobyt těl v anoxických podmínkách jeskynního jezírka či bahna a následně pokrytí jeskynním syntrem (vápencem). V případě správného určení by se jednalo o nejstarší známé doložené měkké tkáně homininů.

- **tkáň konzervované kovem:** Jde o měkké tkáně chráněné před rozkladem dlouhodobým kontaktem s kovovým předmětem, např. se šperky či jinými artefakty, které měl mrtvý na povrchu těla během uložení do země. Takto zachovalé měkké tkáně jsou však fragmentární a týkají se hlavně malých částí kůže a kožních adnex (vlasů a chlupů). Největší význam má měď (buď čistá, nebo obsažená ve slitinách, jako je bronz a mosaz), neboť byla jednak hlavním kovem využívaným v minulosti k výrobě kovových předmětů, jednak pomalu koroduje (ve srovnání např. se železem). Měď koroduje kontaktem s vlhkostí (např. hrobového zásypu, ale i s vlhkou organickou hmotou rozkládajícího se těla) a během toho uvolňuje ionty, jež do organické hmoty pronikají a zpětně ji konzervují (měď je toxická pro bakterie, brání tak bakteriálnímu rozkladu).

Konzervace tímto způsobem vede ke třem způsobům zachování měkkých tkání. První je obalení celého fragmentu měkké tkáně (kůže, vlasů, chlupů) korozními produkty mědi. Takto konzervované měkké tkáně mohou obsahovat i DNA a stát se tak jejím významným zdrojem pro paleogenetické analýzy. Druhým typem je postupné nahrazení organické hmoty hmotou minerální, a to nepetržitým pronikáním korozních produktů mědi do měkké tkáně. Takto vzniklé útvary se označují jako *pseudomorfy* (jde tedy o „odlitky“ původních měkkých tkání). Třetím typem jsou pouze zachovalé otisky původních měkkých tkání na povrchu korozních produktů mědi (v případě kůže se může otisknout i její papilární terén, takovéto nálezy jsou tedy významným zdrojem studia paleodermatoglyfiky). Měď však může stejným způsobem konzervovat i měkké tkáně jiných organismů využívané pro výrobu artefaktů, např. zbytky kůže a kožešin (živočišného původu) či tkanin (rostlinného původu).

### 3.3.3 Ichnofosilie

Ichnofosilie (z řeckého slova *ichné* – pohyb) nejsou fyzickými pozůstatky těl (tkání), ale stopami po životních procesech organismů. Jsou tedy dalším možným zdrojem informací o životě v minulosti. V užším pojetí se jedná o otisky částí těla (chodidel, rukou), které vznikly zejména na základě pohybu (tzv. *trace fossils*). V širším pojetí mezi ně můžeme zahrnovat i odlitky těl a jeho částí, dermatoglyfy (otisky prstů) a další pozůstatky životních dějů jako jsou koprolity, konkrementy či zubní kámen, tedy produkty metabolické aktivity.

- **otisky chodidel:** Otisky chodidel (anglicky *foot prints*) vznikají při vtlačení chodidla do měkkého tvárného materiálu. V archeologickém kontextu (tedy ze starších dob) se zachovávají vzácně, a to zejména tehdy, pokud materiál, v němž otisk vznikl, rychle utuhnul buď za přirozených okolností (typicky např. v sopečném popelu či usazujícím se travertinu), nebo při lidských aktivitách (např. při vylévání podlahy či výrobě cihel).

Otisky chodidel různých druhů živočichů nejsou v paleontologii výjimkou a jsou známy již z dob vzdálených stovky milionů let. V případě lidské vývojové linie (či jejího příbuzenství) je možno za nejstarší doposud známý příklad považovat nálezy asi 50 otisků chodidel homininního charakteru na řecké (krétské) lokalitě **Trachilos**. Otisky jsou staré asi 6–6,1 mil. let. Vytvořil je nenámý bipední primát. Jaký je však jeho vztah k počátkům lidské vývojové linie, není jasné. Proslulým objevem je téměř stovka otisků chodidel pocházejících z lokality **Laetoli** v Tanzanii. Otisky jsou staré asi 3,6–3,7 mil. let a patří zřejmě druhu *Australopithecus afarensis*, popř. dvěma blízce příbuzným druhům australopitéků. Z doby asi před 1,5 mil. let pochází 22 otisků chodidel z lokality **Ileret** v Keni. Patří zřejmě druhu *Homo ergaster*. Několik otisků chodidel tohoto druhu je známo i z lokality **Koobi Fora** (stáří asi 1,4 mil let). Nejstarší otisky lidských chodidel nalezených na území Evropy pocházejí z mořského pobřeží u lokality **Happisburgh** ve Velké Británii. Jejich stáří je asi 850–950 tis. let. Otisky chodidel člověka heidelbergského (*Homo heidelbergensis*) byly nalezeny na lokalitě **Terra Amata** v Nice na francouzské riviéře (stáří asi 350–400 tis. let), **Roccamonfina** v Itálii (stáří asi 300–400 tis. let), na německém nalezišti **Schöningen** (stáří asi 300–350 tis. let) a na španělské lokalitě **Matalascañas**, odkud je známo více než 80 otisků otisků patřících dětem, dospívajícím i dospělým jedincům a nacházejících se na mořském pobřeží (jejich stáří asi 290–300 tis. let). Na čínské lokalitě **Qeasang** v Tibetu bylo prozkoumáno několik otisků chodidel i rukou v travertinových sedimentech starých asi 200 tis. let. Patří tedy zřejmě druhu *Homo denisoviensis*. Otisky chodidel neandrtálců (*Homo neanderthalensis*) z doby asi před 50–100 tis. lety byly prozkoumány v rumunské jeskyni **Vârtoș**, řecké jeskyni **Theopetra**, zejména však na francouzském pobřeží Atlantiku na lokalitě **Le Rozel**, kde bylo nalezeno více než 250 otisků chodidel (a několik otisků rukou) patřících 10–13 jedincům různého věku a představujících světově největší skupinu prehistorických otisků lidských chodidel. Jejich stáří je asi 80 tis. let. Další otisky chodidel pocházejí z nalezišť spojených s druhem *Homo sapiens*.

Otisky chodidel jsou rovněž objektem zájmu forenzní trasologie, oboru zabývajícího se otisky chodidel pro kriminalistické identifikační účely (forenzní trasologie je však širší obor, který se zabývá nejen samotnými otisky lidských chodidel, i otisky stop způsobených obuví, otisky jiných částí těla, ale i zvířecími těly či pneumatikami).

- **otisky rukou:** Otisky rukou (anglicky *hand prints*) mohou vznikat podobně jako otisky nohou. Zajímavým případem jsou však otisky vytvořené prostřednictvím nanesené barvy, které jsou známy z parietální výzdoby některých mladopaleolitických jeskyní. Existují dvě varianty tohoto typu otisku, jednak pozitivní otisky (palmární plocha ruky byla potřena barvou a ruka se poté otiskla na stěnu), jednak, a to častěji, otisky negativní (anglicky *hand stencils*) – ruka se nejprve přitiskla ke stěně a kolem ní bylo dispergováno barvivo (zřejmě nafoukané z úst).
- **odlitky:** Nálezy odlitků lidských těl či jejich částí jsou výjimečným jevem a archeologickou zvláštností. Umožňují do jisté míry nepřímě zkoumat i měkké části těla.

Mezi paleoantropologickými nálezy jsou známy zejména dva přirozené odlitky mozkovny. Jedna představuje součást fosilie mláděte druhu *Australopithecus africanus*, která byla nalezena na jihoafrické lokalitě **Taung** (jde o část splachnochránia doprovázenou odlitkem mozkovny, stáří tohoto nálezu je asi 2,8 mil. let). Dalším příkladem je fosilie neandrtálce (*Homo neanderthalensis*) ze slovenské lokality **Gánovce** (jedná se o samotný odlitek neurochránia doprovázený fragmenty kostí klenby lebni, jeho stáří je asi 100 tis. let). Zajímavé nálezy tohoto typu pocházejí z archeologického naleziště na místě starověkých **Pompejí** a z některých dalších míst v jejich okolí. Byly tu nalezeny dutiny v sopečném popelu pocházejícím z nedalekého Vesuvu, který během své erupce roku 79 n. l. rychle zavalil lidská těla a poté kolem nich ztvrdl. Těla se uvnitř postupně rozložila a zbyly pouze dutiny ve tvaru původního těla vyplněné kostmi a zachycující jeho momentální polohu (z hlediska tafonomie se jedná o sekundární dutiny). Řada dutin byla po nálezu experimentálně vyplněna sádkou, čímž byly vytvořeny umělé odlitky původních lidských těl.

- **otisky prstů:** Otisky prstů (anglicky *finger prints*) jsou otisky papilárních linií (papilárního terénu) nacházejících se zejména na polštářcích distálních částí prstů, ale i na rukou, dlaních, prstech a ploskách nohou. Jejich výzkumem se zabývá obor zvaný *dermatoglyfika*. Průběh papilárních linií je u každého člověka jedinečný a je podmíněn i dědičně. V archeologických kontextech, tedy ze starších období, se někdy objevují otisky vzniklé vtlačení prstu do původně měkkého tvárného materiálu, který následně utuhnul. Jedná se tedy o obdobu otisků nohou a rukou. Typicky můžeme tento typ otisků najít na keramice, tedy materiálu vyrobeném z plastické tvárné hlíny, která je přímo predisponovaná ke hledání takovýchto objektů. Zkoumání (pre)historických otisků prstů je předmětem tzv. *paleodermatoglyfiky*.

Otisky prstů byly nalezeny např. na povrchu známé mladopaleolitické gynomorfní plastiky, tzv. *Věstonické venuše*, staré asi 30 tis. let, a na dalších keramických fragmentech z **Dolních Věstonic** a **Pavlova**. Na německé lokalitě **Königsau** byly nalezeny kousky březové pryskyřice, z nichž na jednom byl otisk papilárního terénu nenadrtálce. Nález je starý asi 50 tis. let. Jednalo se o pryskyřici sloužící jako pojivo při sestavování několika komponent do vrhacího nástroje. Jak bylo výše uvedeno, otisky papilárního terénu se někdy zachovávají i v mědi konzervovaných fragmentech kůže.

Hlavním oborem, ve kterém se studium otisků prstů uplatňuje, je však *forenzní dermatoglyfika* čili *daktyloskopie*. Z řady praktických důvodů, jako je velmi dobrá dostupnost, snadná detekovatelnost a vysoká informativní schopnost papilárního terénu zejména prstů ruky je daktyloskopie jedním z hlavních postupů v kriminalistice. Využívá se zejména k přesné identifikaci osob, především pachatelů trestných činů, ale i neznámých obětí, a také pro uchování biometrických údajů obyvatel pro účely běžné úřední identifikace. Vysokého stupně dědivosti struktury papilárních linií lze však využít i v paternitních sporech.

---

#### DAKTYLOSKOPIE

Daktyloskopie se zabývá zkoumáním a praktickým využitím poznatků o papilárních liniích, zejména v oblasti kriminalistiky (jde v podstatě o synonymum slova dermatoglyfika). Identifikační schopnost otisků prstů (resp. papilárního terénu) je známa již několik tisíciletí. Na počátku jejich moderního vědeckého zkoumání stál český lékař **Jan Evangelista Purkyně** (1787–1869). Do kriminalistiky zavedl daktyloskopické postupy bratranec Charlese Darwina, anglický antropolog **Francis Galton** (1822–1911), a to roku 1894. V daktyloskopickém šetření se analyzují prostorové a plošné otisky prstů.

**Prostorové (3D) otisky prstů** jsou otisky ve tvárném materiálu (nevypálená keramická hlína, plastelína atd.). **Plošné (2D) otisky prstů** jsou otisky na rovném povrchu (kovovém, skleněném, plastovém atd.). Mohou být dvojího typu, a to odvrstvené a navrstvené. Odvrstvené otisky vznikají otiskem prstu na povrch pokrytý vrstvičkou prachu nebo tekutinou (např. krví či barvou), kdy na papilárních liniích část tohoto materiálu ulpí, dotykem se tak odstraní z původního povrchu a tím zanechá negativní otisk. Navrstvené otisky vznikají přenesením materiálu nacházejícího se na povrchu bříšek prstů na jiný povrch. Může to být jednak materiál cizí, např. prach, krev či barva, kterého se prst předtím dotknul, jednak materiál tělesný, tedy pot (ten neustále vytváří mikroskopické kapičky přímo na vrcholech papilárních linií), popř. i kožní maz přenesený na prsty předchozím dotykem na jiných částech těla s výskytem mazových žláz (samotná bříška prstů mazové žlázy neobsahují). Vznikají tak otisky pozitivní, které mohou být viditelné i neviditelné (tzv. latentní).

Ve forenzní (kriminalistické) praxi jsou nejčastějšími hodnocenými typy otisků plošné navrstvené latentní potně-tukové otisky. Latentní (ale i viditelné) otisky prstů se zviditelňují pomocí různých fyzikálních a chemických metod. Používají se k tomu např. speciální daktyloskopické prášky (jemný hliníkový prášek, saze, mletý grafit, železné piliny atd.), které se na otisk nanášejí jemným štětcem, přičemž adheřují na potně-tukovou stopu otisku. Někdy se používají také prášky fluorescenční, které následně umožňují zviditelnění otisku pomocí ultrafialového záření. Zviditelněné otisky se dokumentují fotograficky pomocí speciálních filtrů a následně snímají pomocí speciálních daktyloskopických fólií.

### 3.3.4 Produkty metabolismu

Příkladem produktů metabolických aktivit, které se mohou zachovat po smrti jedince, jsou koprolity, kokrementy a zubní kámen. Dlouhodobé přetrvání je důsledkem jejich minerální povahy. Jsou zdrojem dalších významných informací o životě daného jedince.

- **koprolity:** Jde o fosilizované exkrementy, tedy fyziologické odpadní produkty metabolismu. Jedná se spíše o vzácné nálezy, které mohou doprovázet nálezy jiných lidských pozůstatků i dokladů antropogenních aktivit. Koprolity informují zejména o složení potravy, neboť obsahují potravní zbytky, buď fyzické (ve formě makrofosilií i mikrofosilií) nebo chemické (produkty chemického rozkladu potravy). Mohou však obsahovat i vejíčka parazitů, zbytky střevního mikrobiomu (jeho DNA) a rovněž lidskou DNA, čímž se stávají jejím dalším zdrojem mimo samotné kosti a zuby.

Ve španělské jeskyni **El Salt** byly nalezeny koprolity neandrtalců (*Homo neanderthalensis*) staré asi 50 tis. let. Byly v nich chemicky prokázány metabolity živočišné i rostlinné potravy. Z jeskyně **Paisley** v Oregonu (USA) jsou známy koprolity staré asi 14–15 tis. let (patří tedy druhu *Homo sapiens*). Byla z nich extrahována lidská DNA. Jak již bylo uvedeno, koprolity byly nalezeny i v břišní dutině mumie z jeskyně **Spirit Cave** v Kalifornii (USA) staré asi 10,5 tis. let. Obsahovaly fragmenty rybích kostí, tedy doklady potravy.

- **kokrementy:** Jde o mineralizované usazeniny tvořící se v dutinách a kanálcích některých orgánů (liší se tak od kalcifikovaných měkkých tkání). Jsou to produkty patologických procesů. Patří k nim zejména *cholelity* (tzv. žlučové kameny, vznikají ve žlučníku a ve žlučovodech) a *urolity* (tzv. močové kameny, mohou vznikat v rozsahu celého močového traktu, od ledvin až po močovou trubici). Mohou se však vyskytovat i v prostatě (prostatolity), vývodech slinivky (pankreatolity) a vývodech slinných žláz (sialolity), do jisté míry je k nim však možno počítat i zubní kámen. Kokrementy jsou v základu tvořeny vápenatými solemi (zejména fosforečnanem a šťavelanem vápenatým) doplněnými solemi hořečnatými či amonnými a některými organickými látkami (v případě močových kamenů kyselinou močovou, v případě kamenů žlučových cholesterolem a bilirubinem). Kokrementy se někdy jako vzácné objekty nacházejí i ve fosilním (archeologickém) materiálu.
- **zubní kámen:** Zubní kámen (*calculus*) je mineralizovaný (zvápenatělý) zubní plak. Pokrývá zejména oblasti zubního krčku. Tvoří se neustále srážením minerálů ze slin. Jeho výskyt a objem je individuální a závisí na několika přirozených faktorech i na prevenci. Hlavní složkou zubního kamene jsou obvykle minerální látky. Jedná se zejména o různé formy fosforečnanu vápenatého. Část je tvořena i organickým materiálem, jehož většinu představují buňky mikroorganismů (různé bakterie, *Archaea* i kvasinky), malou část vytváří i nebuněčné organické látky (bílkoviny, tuky a další). Zubní kámen obsahuje i mikrozbytky potravy, čímž se stává důležitým zdrojem poznatků o stravě lidí v minulosti, a to i v minulosti vzdálené (je znám zubní kámen a jeho mikroobsah i u lidských fosilií starých stovky tisíc let).

## 4 OSTEOANTROPOLOGIE II: Základní metody

### 4.1 Vymezení problematiky

---

Výzkum lidských tělesných (kosterních) pozůstatků začíná obvykle jejich objevem v terénu. Následuje jejich exkavace, preparace, dokumentace a exhumace a dále laboratorní ošetření (čištění, lepení, rekonstrukce, dokumentace). Tím jsou pozůstatky připraveny k odborné expertíze. Jak již víme, osteoantropologie využívá dvou základních výzkumných přístupů, a to osteoskopii a osteometrii. *Osteoskopie* je hodnocení vizuálních morfologických (morfoskopických) znaků na lidských kostech. Využívá se např. při morfoskopickém odhadu pohlaví a odhadu věku, ale i při hodnocení etnicity a obecně v rámci komparativních populačních studií. Naproti tomu *osteometrie* se zabývá měřením lidských kostí. Výsledky osteometrických výzkumů nacházejí uplatnění např. při morfometrickém odhadu pohlaví a odhadu věku, ale využívají se i pro účely rekonstrukce výšky postavy či v rámci analýzy jiných metrických charakteristik, včetně jejich porovnávání mezi různými populacemi.

### 4.2 Technické zpracování kosterních pozůstatků

---

#### 4.2.1 Terénní výzkum

Výzkum kosterních pozůstatků se odvíjí nejčastěji od dvou možných způsobů jejich nabytí – archeologického a forenzního. Archeologický způsob je získání kosterních pozůstatků archeologickými výzkumy, které poskytují fosilizovaný kosterní materiál pocházející z dřívějších dob. Forenzní způsob je získání kosterních (někdy však i jiných) lidských pozůstatků v souvislosti s kriminalistickými případy, jde tedy o recentní kosterní materiál. V následujícím textu se budeme zabývat převážně metodami výzkumu kosterních pozůstatků získaných archeologickými výzkumy. Postup je obvykle následující:

- **prospekce:** Jedná se o vyhledávání lidských kosterních pozůstatků v terénu. Nejběžnějšími postupy vyhledávání jsou postupy archeologické. Aktivní vyhledávání lidských kosterních pozůstatků čistě pro vědecké účely je však v archeologii v dnešní době spíše výjimečné, protože většina archeologických výzkumů je záchranných, tzn. nutných, např. jako předstupeň stavebních prací, kdy hrozí zničení archeologické situace.
- **exkavace:** Jedná se o vykopávání kosterních pozůstatků uložených v zemi. Každý záměrně uložený lidský skelet je výsledkem určitého typu pohřebního ritu (souboru rituálních předpisů) z minulých dob. Ten zahrnoval většinou vykopání hrobové jámy, uložení lidských pozůstatků do vykopané jámy (někdy spolu s hrobovou výbavou různého charakteru) a její následné zasypání. Každý takový výkop zanechává v terénu více či méně zřetelné stopy. První fází archeologických výkopů je obvykle odkryv povrchové nadložní vrstvy, která je v současnosti využívána např. zemědělskou či jinou činností, až na úroveň podloží, a to za použití spíše hrubší techniky (bagru, krumpáče). Následuje začištění povrchu podloží tak, aby se objevil obrys hrobové jámy (výplň hrobové jámy má strukturu i barvu obvykle odlišnou od okolního intaktního terénu, což ji do určité míry půdorysně zviditelňuje). Poté se začne jemnějšími technikami odkrývat hrobový zásyp, a to až na úroveň, kdy se začnou objevovat kosterní pozůstatky.
- **preparace:** Jedná se o jemný odkryv samotných kosterních pozůstatků pomocí preparačních nástrojů (obvykle špachtle, nožíku a štětce). V této fázi je žádoucí, aby se na výzkumu podílel i antropolog, který má detailnější znalosti o stavbě lidského skeletu než archeolog a dokáže předvídat a odhalit i atypické součásti těla (např. drobné nadpočetné kosti, žlučové kameny či jiné zvláštnosti, které mohou mít pro antropologa vysokou vypovídací hodnotu), popř. odlišit jednotlivá těla ve vícečetných archeologických kontextech. Antropolog může v této fázi rovněž získat některá antropologická data *in situ*, která by se kvůli další manipulaci s kosterním materiálem mohla ztratit.

- **dokumentace:** Jedná se o velmi důležitou součást odkryvu kosterních pozůstatků. Exkavace jako typ archeologického postupu je destruktivní metoda, která trvale „zničí“ veškeré kontextuální informace, je proto nutné vše co nejlépe zdokumentovat. Archeologové a antropologové využívají několik způsobů dokumentace, které se vzájemně doplňují.
  - *písemná dokumentace:* Jde o slovní popis archeologické situace. Využívá se spíše jako doplněk následujících dokumentačních metod.
  - *kresebná dokumentace:* Zjištěná archeologická situace se zakreslí do schématu (plánu), obvykle ve formě milimetrového papíru. Dokumentuje se jednak půdorysný (horizontální) pohled, jednak profil (vertikální pohled). V případě kosterních pozůstatků se dokumentuje většinou pouze půdorysný pohled. Archeologická situace se zakresluje v dohodnutém měřítku, což je 1 : 10 pro kosterní pozůstatky a 1 : 20 pro ostatní archeologické objekty (jeden plán však musí být zakreslen v jednotném měřítku). Plán musí obsahovat několik důležitých údajů, a to zejména název lokality, konkrétní umístění objektu (hrobu) na lokalitě, jméno exkavátora (popř. jeho pomocníků), datum exkavace, měřítko a údaje o orientaci vzhledem ke světovým stranám.
  - *fotografická dokumentace:* Fotografie odkrytých kosterních pozůstatků jsou jednak celkové, jednak detailní (v případě potřeby). Podobně jako kresebné dokumenty musí obsahovat popis (např. formou tabulky umístěné ke kostem a čitelné na fotografii) a měřítko (ke kostře se umístí dílkovaná barevná tyč, tzv. trasírka, se známou velikostí dílků), popř. orientaci vzhledem ke světovým stranám (ke kostře se umístí šipka směřující k severu).
  - *metrická dokumentace:* Cílem je přesné geometrické a geografické umístění archeologické situace (objektu, hrobu). Poloha každého objektu se určí třemi na sebe kolmými osami –  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Osy  $x$  a  $y$  značí umístění v ploše a odvíjí se obvykle od předem stanoveného, tzv. nulového, bodu (někdy se zkoumaná plocha pro lepší orientaci rozdělí do stejně velkých čtverců). Osa  $z$  značí vertikální umístění objektu, tedy nadmořskou výšku (měří se s přesností na cm).
  - *orientace:* Jde o zaznamenání směřování archeologického objektu vzhledem ke světovým stranám. Vyjadřuje se buď názvem světové strany, nebo přesněji azimutem (0–360°). U lidských kosterních pozůstatků se orientace stanovuje vždy ve směru hlava–nohy (orientace ve směru Z–V, resp. azimut 270°, znamená, že hlava, resp. lebka, je umístěna v západní a nohy ve východní části hrobové jámy). Orientace koster v hrobech v minulosti obvykle nebyla náhodná a měla v řadě kultur důležitý rituální význam.
- **exhumace:** Jedná se o odběr vypreparovaných kosterních pozůstatků z hrobové jámy. Obvykle se odebírají postupně jednotlivé kosti, v některých případech se však kostra odebere (obvykle po předchozí fixaci) *en bloc* i s kusem zeminy (např. jedná-li se o vzácné kosti, kdy při další manipulaci hrozí jejich rozpad, a tím i únik cenných informací). Odebrané kosti se ukládají do prodyšných obalů. I v této fázi je žádoucí přítomnost antropologa, který přímo na místě roztřídí kosterní pozůstatky tak, aby se později lépe a efektivněji zpracovávaly, a u vícečetných hrobů od sebe dokáže odlišit pozůstatky jednotlivých individuí a odhadnout vzájemné vztahy mezi nimi, což může mít opět vysokou vypovídací hodnotu.

## 4.2.2 Laboratorní ošetření

Po exkavaci a exhumaci jsou lidské kosterní pozůstatky obvykle převezeny na specializované antropologické pracoviště, kde jsou podrobeny dalšímu odbornému zkoumání. Před tím je však nutné provést několik laboratorních kroků, jejichž cílem je připravit kosti pro odborný výzkum. Postup je obvykle následující:

- **čištění:** Kosterní pozůstatky se před dalším zpracováním musí obvykle vyčistit, tzn. zbavit přebytečné hlíny či jiných nánosů. Postup čištění se odvíjí od stavu kostí a jejich důležitosti. Běžně se kosti myjí pod tekoucí vodou a očišťují zubním kartáčkem a preparační jehlou. Poté se musí nechat dokonale vysušit. U důležitých kostí (např. velmi starých, vzácných nebo patřících význam-

ným osobnostem), u nichž by mytí ve vodě mohlo způsobit jejich poškození, se očištění provádí např. jenom použitím škrabky, nožíku nebo hadříku. Pokud máme v plánu odebrat vzorky kostí pro pozdější analýzu DNA, je to nutné provést ještě před mytím kostí, nejlépe však ještě před jejich exhumací, aby se zabránilo kontaminaci jakoukoliv recentní DNA.

- **lepení:** Pokud to situace vyžaduje (např. budoucí antropologický výzkum), fragmentární kosti se slepí vhodným typem lepidla nebo tmelu. Cílem lepení je tedy rekonstrukce (defragmentace) kosterních pozůstatků. Slepují se však pouze ty fragmenty, které vznikly mechanickým odlomením. Obvykle se neslepují ty části, které ani za života jedince nebyly pevně spojené (např. synostózou) nebo které se oddělily během postmortálního rozpadu (např. zuby v zubních lůžkách, lebeční kosti spojené švy či nepřirostlé epifýzy dlouhých kostí). Tyto části je však možné spojit provizorně za účelem lehčí manipulace při antropologickém zkoumání.
- **označení:** Někdy se jednotlivé zkoumané kosti označí dohodnutým kódem, který je v případě potřeby dokáže identifikovat a správně zařadit. Výhodou tohoto postupu je i to, že kost lze identifikovat při náhodném pomíchání s jinými kontexty.
- **konzervace:** V některých případech předchází další manipulaci s kosterními pozůstatky a antropologickému vyhodnocení konzervace, a to proto, aby si kosti zachovaly integritu po delší dobu. Týká se to především těch kostí, které by se mohly v budoucnu snadno rozpadat, čímž by ztratily svou vypovídací nebo i historickou hodnotu. Ke konzervaci se používají speciální fixační činidla.
- **dokumentace:** Před vlastním antropologickým výzkumem je vhodné zaznamenat zachovalost a kompletnost zkoumaných kosterních pozůstatků. K tomuto účelu se využívá slovní nebo grafický popis, kdy se zachovalé části skeletu vybarví v předem připraveném schématu kostry. Je vhodné použít různá schémata pro různé věkové kategorie, zvláště pro kostry dětí, které vykazují řadu specifíků oproti skeletům dospělých jedinců.

## 4.3 Osteoskopie

---

### 4.3.1 Úvod

Osteoskopie je hodnocení vizuálních morfologických (morfoskopických) znaků na lidských kostech. Na kostech hodnotíme nejčastěji tvar, velikost (pokud ji posuzujeme relativně, bez přesného měření) a stupeň rozvoje nějakého znaku, ale také vývojové (věkové) změny nebo přítomnost či nepřítomnost nějakého znaku. Osteoskopické hodnocení se využívá např. při morfoskopickém odhadu pohlaví podle kostí či při odhadu věku podle kostí nebo při popisu a hodnocení anatomických variet (epigenetických znaků) či patologických projevů na kostech. Podobně jako v případě somatoskopie nabývá i v osteoskopii na významu zavádění a využívání metod pro kvantifikaci morfoskopických znaků, které zvyšují objektivitu popisu, jako je zejména *analýza tvaru* (geometrická morfometrie). Popisné znaky na lidských kostech (tedy osteoskopické znaky) můžeme rozdělit do dvou neúplně oddělitelných kategorií – znaky popisné a anatomické variety.

### 4.3.2 Popisné znaky

Jedná se o znaky, které se vyskytují jako formy projevu běžných anatomických struktur. Posuzujeme u nich zejména jejich tvar, velikost a stupeň rozvoje. Hodnoty těchto posuzovaných parametrů na sebe víceméně plynule (kontinuálně) navazují. Princip je podobný jako při hodnocení tohoto typu znaku na těle živého člověka v rámci somatoskopie. Některé z těchto znaků jsou pohlavně dimorfní, u každého z pohlaví mají tedy typickou hodnotu svého projevu, nicméně i tak existují přechodné, a tedy pohlavně nezařaditelné, formy. Využívají se při morfoskopickém odhadu pohlaví (najdeme je zejména na pánevních kostech a na lebce). Následující přehled představuje ukázkou některých kontinuálních osteoskopických znaků a jejich hodnocení na lebce a postkraniálním skeletu (je jich však definováno mnohem více).



#### na lebce

- *obrys mozkovny v norma verticalis*: elipsoidní – ovoidní – pentagonoidní – romboidní – sfenoidní – birsoidní
- *obrys mozkovny v norma occipitalis*: klínovitý – bombovitý – domkovitý – stanovitý
- *arcus superciliaris*: chybí – naznačený – střední – vyklenutý – prominující
- *margo supraorbitalis*: velmi ostré – ostré – přechodné – slabě zaoblené – zaoblené
- *vstup do očnice*: okrouhlý – vodorovně obdélníkovitý – kosočtverečný – šikmo obdélníkovitý – lichoběžníkovitý – elipsovitý – obráceně lichoběžníkovitý
- *apertura piriformis*: trojúhelníkovitá – úzce oválná – srdcovitá – eliptická – kruhová
- *fossa canina*: není vytvořena – mělká – střední – zřetelná – hluboká
- *glabella*: plochá – slabě naznačena – střední – výrazná – masivní
- *profil nosních kostí*: konvexní – přímý – konkávní
- *nazofrontální přechod*: přímý – patrný zářez – hluboký zářez
- *sklon čela*: svislý – téměř svislý – mírně ustupující – středně ustupující – silně ustupující
- *protuberantia occipitalis externa*: hladká – slabě vyznačená – střední – výrazná – velmi výrazná
- *prominence horní čelisti*: výrazně prognátní – prognátní – mezognátní – ortognátní – výrazně ortognátní
- *processus mastoideus*: velmi malý – malý – střední – velký – velmi velký

#### na postkraniálním skeletu

- *acromion*: obdélníkovitý – čtvercovitý – trojúhelníkovitý – kyjovitý
- *horní okraj lopatky*: horizontální – lehce zdvižený – strmý
- *margo medialis lopatky*: normální – konvexní – konkávní
- *incisura ischiadica major*: velmi široká (tvar otevřeného V) – široká – přechodná – úzká – velmi úzká (tvar obráceného J)
- *foramen obturatum*: trojúhelníkovitý – přechodná forma – oválný
- *pars lateralis kosti křížové*: hypobazální – homobazální – hyperbazální

### 4.3.3 Anatomické variety

Jedná se o znaky, které se vyskytují jako minoritní alternativy běžných anatomických struktur. Anatomickými varietami jsou však pouze v případě, že nevykazují klinické projevy a neovlivňují zdraví jedince (někdy se sice mohou vyskytovat u jistých patologických stavů, samy o sobě však patologiemi nejsou). U těchto znaků posuzujeme zejména jejich binaritu – přítomnost, či absenci. Ve většině případů je anatomickou varietou přítomnost neobvyklého znaku, popř. zmnožení běžné anatomické struktury. Někdy je však anatomickou varietou absence znaku, který se jinak běžně na kostech vyskytuje. Anatomické variety se označují také jako **epigenetické znaky**. Souvisí to s tím, že se u nich předpokládá (a někdy byl i doložen) multifaktoriální typ dědičnosti, tedy jednak dědičný základ (geny), jednak vliv prostředí. Předpoklad dědičnosti znaků se někdy využívá k hodnocení možných příbuzenských vztahů mezi kosterními pozůstatky jedinců nalezených v souvisejících hrobových situacích, např. v rámci jednoho pohřebiště nebo ve vícečetných či skupinových hrobech, které mohou patřit příslušníkům jedné rodiny či širší příbuzenské jednotky. Rovněž se někdy zkoumají vztahy mezi výskytem anatomických variet a konkrétními lidskými populacemi.

---

#### PŘÍKLADY ANATOMICKÝCH VARIET

##### na lebce

Na lebce bylo popsáno velké množství anatomických variet. Nacházejí se prakticky na každé lebeční kosti. Řada z nich se týká zejména oblastí desmogenní osifikace, tedy kostí klenby lební a švů. Nejčastějšími anatomickými varietami jsou:

- **nadpočetné švy**: Jsou to pozůstatky embryonálního vývoje kostí klenby lební. Jednotlivé ploché kosti vznikají z několika osifikačních center. Během časných fází vývoje dochází ke spojování několika původně samostatných osifikačních základů v definitivní kosti. Nadpočetné švy jsou tedy perzistujícími spoji původně samostatných osifikačních základů. Na šupině čelní kosti je to *sutura metopica* (do dospělosti perzistující pozůstatek původní *sutura frontalis*, která dělí čelní kost na pravou a levou). Vyskytuje se u několika procent lidí. Rovněž temenní kost může být někdy napravo i nalevo rozdělena na dvě části švem probíhajícím horizontálně, vertikálně nebo diagonálně. Šupina týlní kosti může být rozdělena horizontálně probíhajícím švem *sutura occipitalis transversa*, přičemž horní část se stává samostatnou kostí označovanou *os incae* (podle častého výskytu u původních obyvatel Ameriky). Tato kost se může vyskytovat v kompletní podobě, stejně ale může být i rozdělena dalšími vertikálními švy na dvě, tři či čtyři samostatné části.
- **švové kůstky** (*ossa suturarum*): Jde o drobné kůstky zavzaté do průběhu jednotlivých švů. Vznikají samostatnou osifikací malých okrsků uvnitř původních vazivových spojů kostí klenby lební. Mají různý tvar i velikost a může jich být i větší počet. Do podobné kategorie můžeme zařadit např. *ossiculum bregmaticum*, malou plochou kost na styku *sutura coronalis* a *sutura sagittalis*, která vzniká ze samostatného osifikačního centra v přední fontanelle. Podobným případem je *ossiculum lambdae*, kůstka vznikající osifikací zadní fontanely na styku *sutura lambdaidea* a *sutura sagittalis*.

- **variabilita švů v oblasti pteria:** Jde o místo kontaktu kostí čelní, temenní, spánkové a klínové v přední části laterální plochy klenby lební. Nejčastěji je vytvořen šev mezi kostí temenní a klínovou (anatomická norma), může se však vytvořit šev mezi kostí čelní a spánkovou (anatomická varieta). Někdy v tomto místě vznikne samostatná kůstka *ossiculum epiptericum*.

#### na postkranialním skeletu

Na postkranialním skeletu byla rovněž popsána řada anatomických variet. Nacházejí se na osovém skeletu i na kostech končetin. Na páteři se můžeme setkat např. se dvěma typy variet, tzv. kranializací a kaudalizací.

- **kranializace:** Jde o morfologický posun nejkraniálnějšího obratle daného úseku páteře kraniálním směrem. První krční obratel se může pevně připojit k bázi lební (k týlní kosti). Tento stav se označuje jako *assimilatio atlantis* (tato varieta však hraničí s patologií). První hrudní obratel se může morfologicky přiblížit krčnímu obratlům, první bederní obratel hrudním obratlům a první křížový obratel bederním obratlům. Posledně jmenovaná situace je poměrně častá a označuje se jako *lumbalizace prvního sakrálního obratle* (bederní páteř má tak 6 obratlů, křížová kost je tvořena pouze 4 obratli).
- **kaudalizace:** Jde o morfologický posun nejkaudálnějšího obratle daného úseku páteře kaudálním směrem. Poslední krční obratel se může morfologicky přiblížit hrudním obratlům, poslední hrudní obratel bederním obratlům a poslední bederní obratel křížovým obratlům. Posledně jmenovaná situace je poměrně častá a označuje se jako *sakralizace pátého bederního obratle* (bederní páteř má tak 4 obratle, křížová kost je tvořena 6 srostlými obratli).

## 4.4 Osteometrie lebky

### 4.4.1 Úvod

Antropometrie (osteometrie) lebky se označuje jako **kranimetrie** (latinsky *cranium* = lebka). Lebka byla historicky, podobně jako hlava, z hlediska osteometrického upřednostňována před postkranialním skeletem, z tohoto důvodu je na ní definováno více antropometrických bodů než na kostech trupu a končetin. Jak bylo uvedeno, antropometrické body a míry jsou často společné pro lebku i pro hlavu živého člověka, některé body definované na hlavě však nejsou na lebce použitelné, neboť se týkají měkkých tkání (naopak některé kranimetrické body nejsou měřitelné na hlavě živého člověka, neboť jsou definovány anatomickými strukturami z povrchu hlavy neviditelnými). K měření lebky se používá několik instrumentů, zejména *kranimetr* (dotykové měřidlo se dvěma pohyblivými symetrickými rameny a zahrocenými konci – v tom se liší od kefalometru, jehož ramena mají konce zaoblené), posuvné měřidlo a pásové měřidlo. Měří se s přesností na 1 mm.

### 4.4.2 Antropometrické body

Nejpoužívanějšími antropometrickými body na lebce jsou:

#### na neurokrániu

<b>nasion (n)</b>	nepárový bod ve středové rovině ležící na švu mezi nosní a čelí kostí
<b>glabella (g)</b>	nepárový bod ve středové rovině ležící v dolní části čelní kosti (nad kořenem nosu), který promínuje nejvíce dopředu na lebce postavené do frankfurtské horizontály
<b>bregma (b)</b>	nepárový bod ve středové rovině ležící na kontaktu <i>sutura sagittalis</i> a <i>sutura coronalis</i>
<b>vertex (v)</b>	nepárový bod ve středové rovině ležící na <i>sutura sagittalis</i> , který je nejvýše položeným bodem na lebce postavené do frankfurtské horizontály
<b>lambda (l)</b>	nepárový bod ve středové rovině ležící na kontaktu <i>sutura sagittalis</i> a <i>sutura lambdoidea</i>
<b>opisthokranion (op)</b>	nepárový bod ve středové rovině ležící na týlní kosti, který promínuje nejvíce dozadu na lebce postavené do frankfurtské horizontály (jedná se o nejvzdálenější bod od glabelly)

<b>opisthion (o)</b>	nepárový bod ve středové rovině ležící na zadním okraji <i>foramen occipitale magnum</i>
<b>basion (ba)</b>	nepárový bod ve středové rovině ležící na předním okraji <i>foramen occipitale magnum</i>
<b>euryon (eu)</b>	párový bod ležící na laterální ploše neurokránie, nejčastěji na temenních kostech (někdy na horní části šupiny kosti spánkové či v oblasti <i>sutura squamosa</i> ), který prominuje nejlaterálněji na lebce postavené do frankfurtské horizontály (bod leží v zadní polovině neurokránie)
<b>porion (po)</b>	párový bod ležící na spánkové kosti, na horním okraji <i>porus acusticus externus</i>
<b>coronale (co)</b>	párový bod ležící na nejlaterálnější části <i>sutura coronalis</i>
<b>frontotemporale (ft)</b>	párový bod na dolní laterální části čelní kosti, který leží na nejmediálnějších částech horních spánkových čar ( <i>lineae temporales superiores</i> ) zasahujících ze spánkové kosti na kost čelní
<u>na splachnokránii</u>	
<b>gnathion (gn)</b>	nepárový bod ve středové rovině na dolní čelisti, který leží nejnižší na jejím dolním okraji
<b>zygion (zy)</b>	párový bod ležící na jařmovém oblouku, na němž prominuje nejvíce laterálně (do strany)
<b>orbitale (or)</b>	párový bod, který je nejnižší položeným bodem na spodním okraji očnice, obvykle v jeho laterální části (bod je využíván pro ustanovení lebky do frankfurtské horizontály)
<b>gonion (go)</b>	párový bod ležící na úhlu dolní čelisti (přechodu těla a ramene)

#### 4.4.3 Antropometrické míry

Nejpoužívanějšími mírami na lebce jsou:

<b>největší délka lebky (g–op)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost bodu glabella od bodu opisthokranion; měří se dotykovým měřidlem (kraniometrem), jehož jedno rameno se umístí na glabellu a druhým ramenem se na lebce ustanovené do frankfurtské horizontály přejíždí po povrchu lebky a s pomocí vizuální kontroly stupnice se hledá nejdelší podélná vzdálenost
<b>největší šířka lebky (eu–eu)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost pravého a levého bodu euryon; měří se dotykovým měřidlem (kraniometrem), jehož rozevřenými rameny se na lebce ustanovené do frankfurtské horizontály přejíždí po povrchu lebky a s pomocí vizuální kontroly stupnice se hledá nejdelší příčná vzdálenost
<b>výška lebky (b–ba)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost bodu basion od bodu bregma; měří se dotykovým měřidlem (kraniometrem), jehož jedno rameno se umístí na bod basion a druhé na bod bregma
<b>délka lební báze (n–ba)</b>	přímá (nejkratší) vzdálenost bodu basion od bodu nasion; měří se dotykovým měřidlem (kraniometrem) nebo posuvným měřidlem
<b>nadušní výška lebky (b⊥po)</b>	projektivní vzdálenost bodu porion od bodu bregma (vzdálenost kolmice spuštěné od bodu bregma ke spojnici obou bodů porion); mě-

ření tohoto rozměru je technicky obtížnější, měří se specializovanými měřidly (radiometrem – dotykové měřidlo s výsuvným ramenem či paralelometrem – posuvné měřidlo na stojanu s výsuvnými rameny), může se však zjišťovat i nepřímou, a to výpočtem podle Pythagorovy věty (přeponou je vzdálenost bodu porion od bodu bregma, první odvěšnou je polovina vzdálenosti mezi oběma body porion, druhou odvěšnou je samotná nadušní výška lebky, kterou vypočítáme)

<b>čelní tětíva</b> ( $n-b$ )	přímá (nejkratší) vzdálenost bodu bregma od bodu nasion; měří se posuvným měřidlem
<b>čelní oblouk</b> ( $n \cap b$ )	oblouková vzdálenost bodu bregma od bodu nasion; měří se páso- vým měřidlem vedeným po povrchu čelní kosti
<b>temenní tětíva</b> ( $b-l$ )	přímá (nejkratší) vzdálenost bodu lambda od bodu bregma; měří se posuvným měřidlem
<b>temenní oblouk</b> ( $n \cap b$ )	oblouková vzdálenost bodu lambda od bodu bregma; měří se páso- vým měřidlem vedeným po povrchu temenních kostí (resp. podél <i>sutura sagittalis</i> )
<b>týlní tětíva</b> ( $l-o$ )	přímá (nejkratší) vzdálenost bodu opisthion od bodu lambda; měří se posuvným měřidlem
<b>týlní oblouk</b> ( $l \cap o$ )	oblouková vzdálenost bodu opisthion od bodu lambda; měří se páso- vým měřidlem vedeným po povrchu týlní kosti
<b>mediánní oblouk</b> ( $n \cap o$ )	oblouková vzdálenost bodu opisthion od bodu nasion; měří se páso- vým měřidlem vedeným po povrchu čelní, temenní a týlní kosti, jde tedy o součet čelního, temenního a týlního oblouku
<b>transverzální oblouk</b> ( $po \cap po$ )	oblouková vzdálenost pravého a levého bodu porion vedená přes bod bregma; měří se páso- vým měřidlem vedeným po povrchu spánko- vých a temenních kostí
<b>nejmenší šířka čela</b> ( $ft-ft$ )	přímá (nejkratší) vzdálenost pravého a levého bodu frontotemporale; měří se posuvným měřidlem, jehož ramena se přiloží k oběma měř- ným bodům
<b>největší šířka čela</b> ( $co-co$ )	přímá (nejkratší) vzdálenost pravého a levého bodu coronale; měří se dotykovým měřidlem (kranimetrem), jehož ramena se přiloží na oba body coronale, popř. posuvným měřidlem
<b>výška obličeje</b> ( $n-gn$ )	přímá (nejkratší) vzdálenost bodu nasion od bodu gnathion; měří se nejlépe posuvným měřidlem, jehož ramena se přiloží k oběma měř- ným bodům, při měření je však potřeba upevnit dolní čelist do pří- slušných kloubních jamek na spánkové kosti pomocí asi 2–3 mm silné vrstvy plastelíny
<b>šířka obličeje</b> ( $zy-zy$ )	přímá (nejkratší) vzdálenost pravého a levého bodu zygion (tzv. bi- zygomatická šířka); měří se dotykovým měřidlem (kranimetrem), je- hož rozevřenými rameny se přejíždí po povrchu jařmových oblouků a s pomocí vizuální kontroly stupnice se aktivně hledá nejdelší příčná vzdálenost
<b>šířka dolní čelisti</b> ( $go-go$ )	přímá (nejkratší) vzdálenost pravého a levého bodu gonion (tzv. bi- goniální šířka); měří se dotykovým měřidlem (kranimetrem), jehož rozevřená ramena se přiloží k oběma bodům gonion, popř. posuvným měřidlem

<b>horizontální obvod lebky</b>	horizontální obvod vedený přes body glabella a opisthokranion; měří se pásovým měřidlem, jehož začátek se přiloží k bodu glabella, poté se stáčí horizontálně přímo po povrchu lebky směrem dozadu, dále se vede přes bod opisthokranion a následně po druhé straně hlavy zpět k bodu glabella
<b>transverzální obvod lebky</b>	vertikální obvod vedený pravým a levým bodem porion a bodem bregma; měří se pásovým měřidlem, jehož začátek se přiloží k bodu porion na jedné straně lebky, poté se stáčí přímo po povrchu lebky směrem nahoru k bodu bregma, od něhož se vede, opět přímo po povrchu lebky, k druhostrannému bodu porion a následně přes bázi lební zpět k výchozímu bodu porion
<b>lebeční kapacita</b>	<p>jedná se o objem dutiny neurokránie (odpovídá tedy přibližně objemu mozku, který je o něco menší); měří se buď přímo, v tomto případě pomocí vyplnění lebky sypkým materiálem (je to přesnější metoda), nebo nepřímo, pomocí rovnic, do kterých se dosadí vybrané lebeční míry zjištěné klasickým antropometrickým měřením (je to méně přesná metoda), je však možné využít i počítačového měření pomocí 3D skenů lebky</p> <p>U přímého měření lebeční kapacity se nejprve v lebce ucpou nějakým vhodným tmelem všechny otvory, kterými by se mohl materiál používaný k měření sypat ven (jde zejména o otvory v očnici). Vynechá se pouze velký týlní otvor, kterým se následně do lebky nasype sypká hmota (nejlépe se k tomu hodí sezamová nebo hořčičná semínka) až po okraj, přičemž se musí dobře sklepat a stlačit. Po dostatečném vyplnění lební dutiny se uvedený materiál přesype do odměrného válce, opět se v něm dobře sklepe a stlačí, a odečte se hodnota objemu.</p>

#### 4.4.4 Antropometrické indexy

Nejpoužívanějšími indexy na lebce jsou:

##### **délkošířkový index lebky** (*index cranialis*)

$\text{největší šířka lebky (eu-eu)} / \text{největší délka lebky (g-op)} \times 100$

Index vyjadřuje relativní délku lebky. Kategorie hodnot jsou následující:

<i>kategorie</i>	<i>hodnota</i>
dlouholebá (dolichokran)	do 74,9
střednělebá (mezokran)	75,0–79,9
krátkolebá (brachykran)	nad 80,0

Délkošířkový index lebky je nejstarším definovaným a měřeným indexem na lebce. Jeho hodnota ukazuje na relativní délku (šířku) hlavy bez ohledu na její absolutní velikost. Kategorie hodnot tohoto indexu se někdy stanovují zvlášť pro muže a zvlášť pro ženy.

##### **index obličeje** (*index facialis*)

$\text{výška obličeje (n-gn)} / \text{šířka obličeje (zy-zy)} \times 100$

Index vyjadřuje relativní výšku (šířku) obličeje. Kategorie jsou následující:

<i>kategorie</i>	<i>hodnota</i>
široký obličej (euryprozop)	do 84,9
střední obličej (mezoprozop)	85,0–89,9
úzký obličej (leptoprozop)	nad 90,0

## 4.5 Osteometrie postkraniálního skeletu

### 4.5.1 Úvod

Na postkraniálním skeletu se zjišťuje podstatně více měr a indexů než na těle (trupu a končetinách) živého člověka. Důvodem je zejména fakt, že samotné kosti jsou příhodnější pro detailní měření než povrch trupu a končetin živého člověka (kosti mají řadu povrchových struktur, od kterých se měření odvíjí). Na kostech postkraniálního skeletu však nejsou stanoveny konkrétní antropometrické body a jednotlivé míry jsou definovány slovním opisem, zejména polohou (měří se např. od nejzazších bodů na proximálním nebo distálním konci kosti, od středu diafýzy, od nejlaterálněji ležícího bodu na okraji kosti a od vrcholu nějakého výběžku). Rovněž, na rozdíl od hlavy (lebky), téměř neexistují analogie v mírách definovaných na postkraniálním skeletu a na trupu či končetinách živého člověka. K měření na postkraniálním skeletu se využívá zejména posuvné měřidlo, pásové měřidlo a osteometrická deska.

### 4.5.2 Antropometrické míry

Nejpoužívanějšími mírami na postkraniálním skeletu jsou:

#### největší délky kostí

jde obvykle o nejdelší vzdálenost mezi proximálním a distálním koncem, kterou lze naměřit, a to buď vzdálenost přímou, nebo projektivní (vzdálenost dvou paralelních rovin kolmých na podélnou osu kosti a procházejících nejproximálnějším a nejdistančnějším bodem kosti; měří se nejčastěji na osteometrické desce

Největší délky dlouhých kostí končetin se využívají zejména za účelem morfometrického odhadu pohlaví a pro rekonstrukci výšky postavy.

#### délka v přirozeném postavení

měří se na femuru, u něhož se jedná o projektivní vzdálenost od nejproximálněji ležícího bodu na hlavici k rovině procházející nejdistančnějšími body na mediálním a laterálním kondylu; měří se na osteometrické desce

Délky ostatních dlouhých kostí v přirozeném postavení odpovídají přibližně největším délkám těchto kostí, protože dlouhé kosti u živého člověka v základní anatomické poloze směřují téměř kolmo k zemi. Výjimkou je právě femur, který má přirozeně valgózní postavení („do X“), kost tedy distálním směrem zahýbá mírně mediálně. Přirozené délce stehna proto neodpovídá největší délka femuru, ale právě jeho délka v přirozeném postavení.

#### délka diafýz

měří se u dlouhých kostí dětí a nedospělých jedinců (u těchto věkových kategorií nejsou ještě k diafýzám pevně přirostlé epifýzy, ve fosilním materiálu jsou proto diafýzy odděleny); měří se obvykle posuvným měřidlem

Délky diafýz dlouhých kostí končetin se využívají k odhadu věku u dětí a nedospělých, u nichž se kosti zvětšují spolu s postupujícím věkem.

#### průměry diafýz

měří se na několika místech, a to ve středu diafýzy či v místech největšího rozvoje některých anatomických struktur (u ulny a radia je to v místech největšího rozvoje mezikostního okraje, u femuru v místech největšího rozvoje *linea aspera*); měří se posuvným měřidlem

#### obvody diafýz

měří se na několika místech, a to ve středu diafýzy, v místech největšího rozvoje určitých anatomických struktur (u ulny a radia v místech největšího rozvoje mezikostního okraje, u femuru v místech největšího rozvoje *linea aspera*) či v místech největšího či naopak nejmenšího obvodu diafýzy; měří se pásové měřidlem

**rozměry kloubních ploch**

měří se zejména na hlavicích dlouhých kostí, nejčastěji na humeru a na femuru, a to jako vertikální průměr hlavice (měří se posuvným měřidlem), horizontální průměr hlavice (měří se posuvným měřidlem) a obvod hlavice (měří se pásovým měřidlem), popř. na jiných kostech, např. na pánevních kostech, kde se zjišťuje vertikální a horizontální průměr acetabula (měří se posuvným měřidlem)

Rozměry kloubních ploch se využívají zejména při morfometrickém odhadu pohlaví.

### **4.5.3 Antropometrické indexy**

Nejpoužívanějšími indexy na postkraniálním skeletu jsou tzv. *indexy robusticity*, jinak také dél-kotlouštkové indexy. Obvykle se počítají jako poměr obvodu diafýzy (měřený buď v jejím středu, nebo v nejužším místě) a délky kosti. Čím vyšší je hodnota indexu, tím je kost robustnější. Muži mají kosti v průměru robustnější než ženy.

## 5 OSTEOANTROPOLOGIE III: Identifikace jedince

### 5.1 Vymezení problematiky

---

Hlavním cílem antropologického výzkumu lidských pozůstatků je identifikace jedince, tedy stanovení jeho **biologického profilu** a odhalení maxima možných informací o jeho životě. Identifikace až na úroveň jména je záležitostí spíše forenzních kosterních pozůstatků, zatímco u pozůstatků historických je to věc okrajová a týká se především významných osobností. V případě historických a prehistorických kosterních pozůstatků „anonymních“ jedinců se zaměřujeme na zjišťování všech dostupných informací, které nám kosti a zuby mohou poskytnout. Na prvním místě se osteoantropolog snaží odhadnout základní biologické determinanty člověka (demografické údaje), tedy jeho **pohlaví** a **dožitý věk** a dále **velikost těla** (výšku postavy), v případě potřeby i etnicitu (populační příslušnost). Následně je možno specializovanějšími analýzami zjišťovat další informace o životě daného jedince.

K dalším údajům zjišťovaným výzkumem kostí patří **zdravotní stav** (přímo podle kostí, pokud se na nich manifestuje, popř. na základě paleomikrobiologického rozboru nebo analýzy DNA), **příčina smrti** (pokud se manifestuje na kosterních pozůstatcích), **potravní preference** (podle mikroabrazí na zubech, analýzy zubního kamene či chemické analýzy kostí), **příbuzenství** (podle výskytu některých anatomických variet nebo na základě analýzy DNA či proteomu), **migrace** (podle chemické analýzy kostí), **fyzické charakteristiky měkkých tkání** (např. barva vlasů, podle analýzy DNA), **sérologické parametry** (analýza krevních antigenů), **datování** (resp. geologické stáří, které se zkoumá na základě chemické analýzy kostí) a další.

Cílem specializovaných analýz je rekonstruovat způsob života lidí v minulosti – charakterizovat prostředí, v němž žili, potravu, kterou jedli, nemoci, kterými trpěli, rekonstruovat sociální podmínky atd. Uvedené analýzy jsou součástí moderního interdisciplinárního oboru, tzv. *bioarcheologie*.

### 5.2 Odhad pohlaví

---

#### 5.2.1 Definice pohlaví

Pohlaví je jedna ze základních biologických determinant člověka a stěžejní demografický údaj. Diferenciaci pohlaví během ontogeneze můžeme u člověka sledovat na několika hierarchicky uspořádaných úrovních, které je nutné reflektovat pro další interpretace.

- **genetické pohlaví:** Jde o základní biologickou úroveň pohlaví danou sestavou (kombinací) pohlavních chromozomů. Kombinace XY (přítomnost chromozomu Y) značí genetické pohlaví mužské, kombinace XX (absence chromozomu Y) genetické pohlaví ženské.
- **gonadální pohlaví:** Je to úroveň pohlaví daná přítomností pohlavní žlázy. Varle značí gonadální pohlaví mužské, vaječník poukazuje na gonadální pohlaví ženské. V naprosté většině případů souhlasí gonadální pohlaví s pohlavím genetickým, ale mohou se vyskytnout odchylky.
- **genitální pohlaví:** Jedná se o úroveň pohlaví danou přítomností pohlavních orgánů (genitálií), tedy primárních pohlavních znaků (vývodných cest pohlavních a kopulačních orgánů, tedy mimo pohlavní žlázy). Opět v naprosté většině případů souhlasí genitální pohlaví s pohlavím genetickým i gonadálním, mohou se však vyskytnout rozmanité poruchy diferenciací vnějších pohlavních orgánů vedoucí k přechodným (intersexuálním) tvarům, tzv. *pseudohermafroditismu*.
- **somatické pohlaví:** Jde o úroveň pohlaví danou přítomností sekundárních pohlavních znaků, tedy všech tvarových a funkčních rozdílů mezi mužem a ženou mimo primární pohlavní znaky, tedy pohlavní orgány. Jde např. o pohlavní rozdíly ve velikosti těla, v proporcích postavy, distribuci tuku a svalové hmoty, v rozvoji ochlupení, o pohlavní rozdíly ve velikosti a aktivitě útrobních orgánů. Somatické rozdíly mezi muži a ženami se vyvíjejí na základě působení pohlavních hormonů během puberty a dospívání. Somatické pohlaví opět v naprosté většině případů koresponduje s pohlavím genetickým, gonadálním a genitálním, ale mohou se vyskytnout vývojové odchylky.



Až do počátku puberty nejsou mezi jedinci mužského a ženského pohlaví z hlediska somatického pohlaví výraznější rozdíly (chlapci i dívky mají podobnou postavu i výkonnost), liší se pouze v předchozích třech pohlavních úrovních. Puberta je období, kdy vlivem pohlavních hormonů dojde k diferenciaci somatického pohlaví (a vyšších úrovní pohlaví) a kdy se tedy vyvinou sekundární pohlavní znaky.

- **psychické pohlaví:** Je to úroveň pohlaví daná způsobem myšlení a prožívání. Překračuje již biologické úrovně pohlaví. Opět ve většině případů souhlasí s úrovněmi předchozími, avšak mohou nastat odchylky projevující se variabilitou sexuální identifikace.
- **sociální pohlaví:** Jde o úroveň pohlaví danou pohlavní sociální rolí jedince ve společnosti, tedy tím, jak je jedinec společností vnímán a za jaké pohlaví je považován. Sociální pohlaví má význam např. při hodnocení kosterních pozůstatků z archeologických kontextů.

Protože tvarové a velikostní rozdíly mezi mužskými a ženskými kostmi vznikají během puberty vlivem pohlavních hormonů jako sekundární pohlavní znaky, zjišťujeme v případě odhadu pohlaví na základě kostí somatickou úroveň pohlaví. Z toho však také vyplývá, že pohlaví lze s větší jistotou determinovat pouze na kostech lidí, kteří již prošli pubertálními změnami a u nichž se tedy již vyvinuly sekundární pohlavní znaky. Použije-li však badatel k určení pohlaví analýzu DNA, zjišťuje genetickou úroveň pohlaví. Snaží-li se např. archeolog odhadnout pohlaví kostry v hrobě na základě složení hrobové výbavy, jde v tomto případě o zjišťování sociální úrovně pohlaví (např. náušnice v hrobové výbavě značí obvykle ženské pohlaví kostry, meč naopak mužské pohlaví). Různé přístupy nám tedy poskytují informace o různých pohledech na pohlaví jako takové. Všechny úrovně pohlaví jsou u naprosté většiny lidí shodné, mohou se však vyskytnout různé odchylky. To je třeba mít na paměti při hodnocení sociálního pozadí lidské společnosti na základě studia kosterních pozůstatků.

### 5.2.2 Klasifikace pohlaví

U člověka, podobně jako u naprosté většiny ostatních živých organismů, je vyvinuta *bipolární (binární) sexualita* – existence dvou pohlaví. Protože je však kosterní antropologie vědou retrospektivní bez možnosti přímého potvrzení správnosti výsledků zpětnou vazbou zúčastněného pohledu, je správnější používat pojem „odhad“ pohlaví namísto častějšího „určení“ pohlaví, neboť skutečné pohlaví nositele zkoumaných kosterních pozůstatků neznáme a to, co zjistíme studiem kostry, je vždy ovlivněno určitou mírou spolehlivosti a pravděpodobnosti. Takto zjištěné pohlaví musíme proto považovat pouze za odhad. Kosterní antropolog si tedy nevystačí pouze s pojmy muž a žena, ale využívá více kategorií vyjadřujících i míru pravděpodobnosti správného odhadu, např.

- |                                   |                                                       |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| • <b>velmi pravděpodobně muž</b>  | jde s vysokou mírou pravděpodobnosti o muže           |
| • <b>pravděpodobně muž</b>        | jde s vyšší mírou pravděpodobnosti o muže             |
| • <b>spíše muž</b>                | jde spíše o muže než o ženu                           |
| • <b>indiferentní pohlaví</b>     | nelze se jednoznačně přiklonit ani k muži, ani k ženě |
| • <b>spíše žena</b>               | jde spíše o ženu než o muže                           |
| • <b>pravděpodobně žena</b>       | jde s vyšší mírou pravděpodobnosti o ženu             |
| • <b>velmi pravděpodobně žena</b> | jde s vysokou mírou pravděpodobnosti o ženu           |

Je však možné použít podle potřeby i stupnici pro ještě jemnější odlišení pravděpodobnosti odhadu pohlaví, např. stupnici procentuální. Pojem *indiferentní pohlaví* (tedy nerozlišitelné pohlaví) znamená, že na zkoumaném skeletu jsou zachovány alespoň některé hodnotitelné pohlavně dimorfní znaky, ale jejich hodnoty leží mezi mužskými a ženskými hodnotami, nelze se tedy s větší jistotou přiklonit ani k jedné, ani k druhé variantě pohlaví. To je potřeba odlišovat od *pohlaví nehodnotitelného*, kdy na zkoumaném skeletu nejsou přítomny kosti s hodnotitelnými pohlavně dimorfními znaky (nebo jsou ve špatném stavu zachovalosti). Pro správnost výsledků odhadu pohlaví je důležité použít co nejvíce adekvátních metod, aby bylo možno jednotlivé dílčí výsledky porovnávat a konfrontovat. Základním pravidlem tohoto postupu však je nesnažit se odhadnout pohlaví kosterních pozůstatků za každou cenu, zvláště u skeletů, jejichž analýza poskytuje indiferentní hodnoty u většiny metod.

### 5.2.3 Morfoskopické metody

Jedná se o odhad pohlaví na základě vizuálního posouzení pohlavně dimorfních znaků na kostech, tedy tvarových rozdílů mezi mužskými a ženskými kostmi. Každý pohlavně dimorfní znak má svoji váhu – spolehlivost, s jakou je schopen determinovat pohlaví. Pohlavně dimorfní znaky na kostech se hodnotí obvykle stupněm rozvoje ve škále od -2 do 2, přičemž:

-2	=	hyperfemininní charakter znaku
-1	=	femininní charakter znaku
0	=	indiferentní (nerozlišitelný) charakter znaku
+1	=	maskulinní charakter znaku
+2	=	hypermaskulinní charakter znaku

Přesnost odhadu je tím větší, čím více pohlavně dimorfních znaků, zejména těch s vyšší váhou, je na zkoumaných kostech přítomno. Je však nutné mít na paměti, že se jedná o kvalitativní, tedy subjektivní metody a přesnost odhadu pohlaví závisí také na zkušenosti badatele. Nejčastěji se pro účely morfoskopického odhadu pohlaví využívají ty části skeletu, které vykazují nejmarkantnější a nejlépe viditelné pohlavní rozdíly, tedy lebka a pánevní kosti (přednost dáváme pánevním kostem).

#### Hodnocení lebky

Při pohlavní diagnóze lebky se využívají především tyto pohlavně dimorfní znaky:

<i>znak</i>	<i>váha</i>	<i>muž</i>	<i>žena</i>
glabella	3	prominuje	hladká
arcus superciliaris	3	prominuje	hladký
processus mastoideus	3	velký a masivní	malý a nízký
relief planum nuchale	3	silné svalové úpony	hladký
protuberantia occipitalis externa	2	silně prominuje	hladká
tubera frontalia et parietalia	2	chybí	vyznačeny
sklon čela	1	ubíhající	kolmý
horní okraj očníce	1	oblý	ostrý
os zygomaticum	2	nízká, hladká	vysoká, s reliéfem
mandibula	3	robustní	gracilní
angulus mandibulae	1	silný (evertovaný)	tenký
protuberantia mentalis	2	prominuje	malá

Jak vyplývá z této tabulky, nejvyšší vypovídací hodnotu (váhu) má stupeň rozvoje glabelly, nadočnicových oblouků, bradavkového výběžku, svalového reliéfu šíjové plochy týlní kosti a robusticita mandibuly, tedy znaky, které *odrážejí mohutnější vývoj svalové hmoty u mužů*.

#### Hodnocení pánevních kostí

Při pohlavní diagnóze pánevních kostí se využívají především tyto pohlavně dimorfní znaky:

<i>znak</i>	<i>váha</i>	<i>muž</i>	<i>žena</i>
sulcus praeauricularis	3	chybí	hluboký
incisura ischiadica major	3	tvar J	tvar V
angulus subpubicus	2	ostrý úhel	tupý úhel
corpus ossis ischii	2	tenký	silný
foramen obturatum	2	trojúhelníkovitý	oválný

V tabulce jsou uvedeny pouze nejmarkantnější pohlavní rozdíly na pánevních kostech. Ty jsou odrazem *odlišné funkce pánve u mužů a u žen* – u mužů má pánev funkci připojení volné dolní končetiny k trupu (jedná se o kost pletence dolní končetiny), u žen má navíc funkci porodního kanálu. Právě porodní adaptace ženské pánve jsou hlavním základem pro tyto tvarové odlišnosti.

- **sulcus praeauricularis:** Jde o žlábek probíhající podél horního raménka *incisura ischiadica major* na přední ploše kyčelní kosti (pod *facies auricularis*). Jedná se o místo úponu silných vazů (*ligamenta sacroiliaca anteriora*), které zpevňují křížokyčelní kloub. Během porodu dochází k rupturám těchto vazů a k vnitřnímu krvácení v oblasti jejich úponu, což vede k „vyleptání“ hlubšího žlábku krví. Často se tu, jako následek porodních traumat, objevují i hluboké jamky řetízkovitě jdoucí za sebou. Z těchto změn však nelze odhadnout počet porodů, které žena během svého života uskutečnila. Také z toho vyplývá, že uvedené znaky se objevují na kostech žen, které již alespoň jednou rodily (což však pro tradiční lidské společnosti, jejichž pozůstatky jsou zkoumány nejčastěji, znamenalo prakticky každou ženu starší 20 let). V některých případech však můžeme znaky podobné poporodním najít i na pánevních kostech mužských.
- **incisura ischiadica major:** Jedná se o hluboký zářez na zadním okraji pánevní kosti (při přechodu kosti kyčelní a kosti sedací). U mužů má zářez tvar obráceného písmene J, u žen širokého otevřeného V. Jeho tvar není ovlivněn tím, jestli žena rodila nebo nerodila (odlišný tvar zářezu je odrazem odlišné biomechaniky pánve u obou pohlaví). Ne na všech pánevních kostech je však tvar zářezu na první pohled jednoznačný.
- **angulus subpubicus:** Jedná se o úhel, který svírají dolní ramena kostí stydkých pod stydkou spojou. Je odrazem odlišné šířky pánve u obou pohlaví – mužská pánev je úzká (má krátké horní rameno stydké kosti), proto je i tento úhel menší (ostřejší), zatímco ženská pánev je široká (má dlouhé horní rameno stydké kosti), proto je i úhel v tomto případě větší (otevřenější).

## 5.2.4 Morfometrické metody

Osteometrické údaje využíváme k odhadu pohlaví zejména v případě, není-li možné využít metod morfoskopických. Jejich využití je založeno na existenci pohlavního dimorfizmu ve velikosti těla, tedy na předpokladu, že muži, tedy i jejich kosti (a téměř všechny rozměry na jejich kostech), jsou větší než ženy a jejich kosti (a téměř všechny rozměry na jejich kostech). Platí to až na výjimky pro všechny rozměry na lidském skeletu. Metody pro morfometrický odhad pohlaví pracují s hodnotami naměřenými na kostech referenční populace tvořené jedinci se známým pohlavím (pro vývoj metod, tedy zjišťování konkrétních pohlavních rozdílů, bývají využívány rozsáhlé sbírky lidských kostí jedinců se známým pohlavím uložené v některých antropologických institucích po celém světě).

### Průměrné hodnoty

Některé metody pro morfometrický odhad pohlaví na kostech pracují s průměrnými mužskými hodnotami, průměrnými ženskými hodnotami a se směrodatnými odchylkami ( $\sigma$ ) u obou průměrů naměřených na kostech z kosterních sbírek. Potom platí, že:

počet $\sigma$	hodnota pro mužský průměr	hodnota pro ženský průměr
-3 $\sigma$	ultrahypomaskulinní	ultrahyperfemininní
-2 $\sigma$	hypomaskulinní	hyperfemininní
-1 $\sigma$	maskulinní	femininní
+1 $\sigma$	maskulinní	femininní
+2 $\sigma$	hypermaskulinní	hypofemininní
+3 $\sigma$	ultrahypermaskulinní	ultrahypofemininní

Každá morfometrická metoda pro odhad pohlaví byla vytvořena na základě měření kostí konkrétní lidské populace (či konkrétního souboru referenčních kostí), přičemž jednotlivé světové populace se ve velikostech těla, a tedy i ve velikostech kostí, liší. Proto je potřeba před vlastním výzkumem kriticky vybírat metodu, kterou použijeme pro naše zkoumané kosti. Obecně platí, že pro morfometrický odhad věku je lepší využívat šířkové rozměry kostí (průměry a obvody diafýz a kloubních ploch), které odrážejí jejich robusticitu, než rozměry délkové. Tento postup lépe odliší pohlaví u malých mužů a velkých žen, tedy jedinců, kteří svou velikostí výrazněji překračují populační průměry.

### Příklad

Měření délky stehenních kostí v referenčním souboru se známým pohlavím byly zjištěny tyto údaje:

- muži: průměr 452,5 mm ± 23,8 mm
- ženy: průměr 415,8 mm ± 23,0 mm

Hodnota za ± znamená rozsah jedné směrodatné odchylky. O naší kosti, která patří podobné populaci jako kosti z referenčního souboru, potom platí následující:

- Bude-li dlouhá 481 mm, spadá do hypermaskulinních a ultrahypofemininních hodnot, budeme ji tedy interpretovat jako *velmi pravděpodobně mužskou*.
- Bude-li dlouhá 468 mm, spadá do maskulinních a ultrahypofemininních hodnot, budeme ji tedy interpretovat jako *pravděpodobně mužskou*.
- Bude-li dlouhá 452 mm, spadá do průměrných maskulinních a hypofemininních hodnot, budeme ji tedy interpretovat jako *spíše mužskou*, nebudeme však výsledek brát příliš vážně.
- Bude-li dlouhá 432 mm, spadá do femininních i maskulinních hodnot a leží tedy v zóně překryvu, přibližně stejně daleko od mužského i ženského průměru. Budeme ji tedy interpretovat jako *indiferentní* (pohlavně neurčitelnou).
- Bude-li dlouhá 416 mm, spadá do průměrných femininních a hypomaskulinních hodnot, budeme ji tedy interpretovat jako *spíše ženskou*, nebudeme však výsledek brát příliš vážně.
- Bude-li dlouhá 399 mm, spadá do femininních a ultrahypomaskulinních hodnot, budeme ji tedy interpretovat jako *pravděpodobně ženskou*.
- Bude-li dlouhá 389 mm, spadá do hyperfemininních a ultrahypomaskulinních hodnot, budeme ji tedy jako *velmi pravděpodobně ženskou*.

### Diskriminační rovnice

Některé metody pro morfometrický odhad pohlaví na kostech pracují s diskriminačními rovnicemi. Při využití tohoto postupu se naměřená hodnota (nebo více hodnot) dosadí do matematicky zkonstruované rovnice, přičemž výsledné číslo má určitý definovaný vztah k pohlaví. Tato metodika pracuje s tzv. dělicím bodem, což je taková výsledná hodnota, která odděluje mužské hodnoty od ženských. Některé rovnice jsou sestaveny tak, aby dělicím bodem byla 0 (potom platí, že hodnoty vyšší než 0 jsou mužské a hodnoty nižší než 0 jsou ženské, nebo naopak). Jiné rovnice jsou koncipovány tak, že dělicím bodem může být jakékoliv jiné číslo, kladné i záporné. V obou případech platí, že čím vzdálenější je výsledek výpočtu naší diskriminační rovnice od dělicího bodu, tím je odhad pohlaví spolehlivější. Někdy jsou určité hodnoty ± kolem dělicího bodu definovány jako indiferentní (zóna překryvu), je tu tedy spíše dělicí oblast intervalu hodnot než jediný dělicí bod.

### Příklad

Pro odhad pohlaví metrikou hlezenní kosti byla zkonstruována tato diskriminační rovnice:

$$Y(\text{pohlaví}) = 0,42002 \times (\text{délka kosti}) + 0,41096 \times (\text{šířka kosti})$$

Dělicím bodem je číslo 38,469, přičemž hodnoty vyšší znamenají mužské pohlaví (hodnoty mimo zónu překryvu jsou pro výsledek vyšší než 43,1) a hodnoty nižší značí pohlaví ženské (hodnoty mimo zónu překryvu jsou pro výsledek nižší než 34,9). Potom platí následující:

- Bude-li výsledek naší rovnice 44,851, bude kost s *největší pravděpodobností mužská*.
- Bude-li výsledek naší rovnice 41,985, bude kost *spíše mužská*.
- Bude-li výsledek naší rovnice 38,397, určíme kost jako pohlavně *indiferentní*.
- Bude-li výsledek naší rovnice 37,044, bude kost *spíše ženská*.
- Bude-li výsledek naší rovnice 33,124, bude kost s *největší pravděpodobností ženská*.

## 5.3 Odhad věku

### 5.3.1 Definice věku

Dožitý věk je, vedle pohlaví, jednou ze základních biologických determinant člověka a stěžejní demografický údaj. Než se začneme zabývat konkrétními metodami antropologického odhadu věku na základě kosterních pozůstatků, je potřeba definovat, co pojem „věk“ znamená. Na tuto tělesnou charakteristiku se můžeme dívat z několika úhlů pohledu:

- **chronologický věk:** Jinak také věk kalendářní. Jde o počet časových jednotek (měsíců, let), které uplynou od narození člověka do jeho smrti. Chronologický věk je nezávislý na jakýchkoliv okolních faktorech (přírodních i sociálních).
- **biologický věk:** Jinak také fyziologický věk. Jde o stupeň opotřebení fyziologických, chemických a psychologických parametrů těla. Je velmi výrazně ovlivněn podmínkami, ve kterých člověk žije (výživa, pracovní zátěž, zdraví a nemoci atd.). Prostředí může biologické stárnutí zpomalovat, nebo urychlovat, a to i různým tempem v jednotlivých fázích života. Pro kosterního antropologa hrají nejdůležitější roli při (morfoskopickém i morfometrickém) posuzování biologických parametrů ty části těla, jež může přímo zkoumat, a těmi jsou kosti (kostní věk) a zuby (zubní věk). Antropologové na nich sledují takové věkové markery, které co nejvíce korelují s chronologickým věkem.

Obecně platí, že čím je věk člověka vyšší, tím víc klesá přesnost jeho antropologického odhadu. U dětí do 5 let můžeme odhadnout věk s přesností přibližně jednoho roku (do věku 3 let uvádíme věk obvykle v měsících), do 10 let odhadneme věk s přesností asi na 2 roky, do 15 let s přesností asi na 3 roky. Problém je přesnost odhadu věku u dospělých jedinců. Na základě současných poznatků neumožňují antropologické metody pro odhad věku dospělých zařadit jedince do příliš úzkého věkového rozmezí. Do věku asi 25 let, kdy se ještě uzavírají růstové zóny v kostech, je možné věk odhadnout poměrně přesně. Nad tento věk již vyvstávají s přesnějším odhadem biologického věku problémy. Někteří antropologové doporučují věk nad 30 let dále nerozdělovat, někteří vyčleňují alespoň kategorii starších 60 let, někteří člení dospělý věk pouze na dvě relativní kategorie, a to na mladší a starší (hranicí mezi nimi je věk přibližně 40 let).

### 5.3.2 Klasifikace věku

Věk je klasifikován do jednotlivých kategorií podle několika kritérií, biologických (přirozených) i sociokulturních. Využívají se k tomu jak rovnoměrné (tzv. ekvidistantní), tak nerovnoměrné (tzv. non-ekvidistantní) věkové kategorie.

- **rovnoměrné věkové kategorie:** Jde o kategorie, které mají stejný věkový rozsah (počet let). Jsou proto statisticky lépe přehledné a zpracovatelné. Věk můžeme dělit do jednoletých věkových kategorií, do pětiletých věkových kategorií, do desetiletých věkových kategorií atd. Nejčastěji jsou využívány právě tyto jmenované věkové rozsahy.
- **nerovnoměrné věkové kategorie:** Jde o kategorie, které se liší svým rozsahem (počtem let), především co se týká dětského věku. Rozsah těchto kategorií odráží to, k čemu věkové třídy slouží – jiné používá demografie, jiné ekonomie, jiné antropologie. Antropologové používají nejčastěji následující věkové kategorie:

○ infans I	0–0,5 roku
○ infans II	0,5–6 let
○ infans III	7–13 let
○ juvenis	14–19 let
○ adultus I	20–29 let
○ adultus II	30–39 let
○ maturus I	40–49 let
○ maturus II	50–59 let
○ senilis	60 let a více

### 5.3.3 Odhad věku u dětí

V případě dětí přibližně do věku 15 let se k odhadu věku využívají zejména následující metody:

- **hodnocení zubní erupce:** Jedná se o posouzení stavu prořezávání mléčného a trvalého chrupu jako celku, popř. o posouzení stupně vývoje zubů. K tomu slouží kresebná schémata. Tato metoda je vhodná zejména do věku 10 (popř. až 15) let, tedy po dobu, kdy lze na chrupu zaznamenat viditelný vývoj. Metoda odhadu věku podle zubní erupce se považuje za jednu z nej přesnějších metod pro determinaci věku, je však omezena pouze na dětské věkové kategorie.
- **hodnocení velikosti kostí:** Velikost kostí se zvětšuje spolu s růstem těla, tedy v korelaci s věkem. Toho se využívá právě v odhadu věku podle velikosti zkoumaných kostí. Z definice metody však vyplývá, že její použitelnost je omezená pouze na dobu viditelného a zaznamenaného růstu jedince, tzn. přibližně do věku kolem 15 let. Nejčastěji se využívá *hodnocení délky diafýz dlouhých kostí* (epifýzy nejsou během růstu ještě přirostlé) podle referenčních tabulek zkonstruovaných na základě měření kostí dětí se známým věkem. Jedná se o poměrně přesnou metodu odhadu věku.

### 5.3.4 Odhad věku u periaulturních jedinců

V případě kosterních pozůstatků periaulturních jedinců (dospívajících a časně dospělých), tedy lidí přibližně ve věku 15–25 let, se k odhadu věku využívá zejména **hodnocení maturace kostry**. Jedná se o posouzení stavu přirůstání epifýz a apofýz k diafýzám (tedy stavu osifikace růstových chrupavek). Tento proces probíhá v určitém časovém schématu. K osifikaci růstových chrupavek však dochází pouze v poměrně krátkém období života jedince (nejvíce mezi 15. a 25. rokem), proto je metoda využitelná jen u omezeného množství kosterních pozůstatků.

### 5.3.5 Odhad věku u dospělých jedinců

V případě dospělých jedinců se k odhadu věku využívají zejména následující metody:

- **hodnocení zubní abraze:** Jde o posouzení stupně obrusu okluzních ploch zubů. Metoda vychází z předpokladu, že s věkem se obrus zubů jejich neustálým používáním postupně zvětšuje. Tato metoda však není příliš přesná, protože stupeň obrusu zubů může odrážet řadu faktorů, které se mohou u konkrétních lidí lišit (jde např. o tvrdost přijímané potravy, množství abraziv v potravě, náchylnost zubní skloviny k abrazi, zdravotní stav a charakter zubů v protilehlé čelisti).
- Zubní abraze byla u dřívějších populací intenzivnější než u současných lidí žijících v moderní společnosti. To je dáno jednak lepší péčí o chrup v dnešní době, jednak i tím, že dříve lidé jedli potravu s vyšším obsahem abraziv (např. písku v pečivu, který pocházel z mouky vyrobené na pískovcových mlýnských kamenech).
- **hodnocení lebečních švů:** Švy jsou typ vazivového spojení kostí (syndesmózy), během života však dochází k jejich postupné osifikaci (obliteraci), kdy se mění v synostózy. K tomu dochází v určitém časovém schématu, posouzením stupně obliterace je proto možné odhadovat věk. Tato metoda je však poměrně nepřesná, protože věk obliterace jednotlivých švů i jejich úseků je poměrně variabilní a odlišná u mužů a u žen. Odlišně také obliterují švy na vnější (exokraniální) a vnitřní (endokraniální) ploše klenby lební. Hodnocení endokraniální obliterace se považuje za přesnější.
- **hodnocení reliéfu stydkých plošek:** Povrch stydkých plošek (*facies symphysiales*) na přilehlých částech stydkých kostí ve sponě stydké vykazuje věkové změny tvaru reliéfu (hrbolky, jamky, kostní výrůstky atd.). Jejich hodnocení je však, zejména ve vyšším věku, poměrně obtížné.
- **hodnocení rozsahu dřevné dutiny:** Jde o posouzení rozsahu dřevné dutiny dlouhých kostí končetin. Nejčastěji se k tomu využívá proximální konec humeru a femuru. V mládí zasahuje spongiózní kostní tkáň hluboko do diafýzy, v průběhu života však ustupuje směrem ke koncům kostí (do epifýz). Tento znak je možné hodnotit buď u poškozených kostí, u nichž je přirozeně vidět dovnitř, nebo u snímků kostí pořízených zobrazovacími metodami (např. rentgen či CT).

## 5.4 Rekonstrukce výšky postavy

Odhad (rekonstrukce) výšky postavy na základě kostí je jednou z nejvýznamnějších identifikačních procedur v osteoantropologii. Jak již víme, výška těla je projektivní míra, která je u živého člověka definována jako nejkratší (kolmá) vzdálenost od nejvýše (nejkraniálněji) ležícího bodu na hlavě (od antropometrického bodu *vertex* ležícího na švu mezi pravou a levou temenní kostí) a rovinou, na níž při měření stojíme. U kosterních pozůstatků však tento postup z důvodů nesoudržnosti skeletu jako celku aplikovat nelze (možností je pouze změření délky skeletu v hrobě ještě před jeho exkavací), je tedy potřeba používat aproximačních postupů na základě dostupných rozměrů některých kostí. Nejlepších výsledků je dosahováno při využití délky humeru a femuru.

Historie metod pro odhad výšky těla na základě velikosti (délky) kostí sahá do první poloviny 19. století (s předstupněm již ve druhé polovině 18. století). Francouzští lékaři a antropologové se tehdy zabývali stanovením poměrů mezi výškou těla a délkou dlouhých kostí na pitevní materiálu (jde o tzv. **poměrovou metodu**). Byly zavedeny tabulky obsahující vzestupně seřazené hodnoty výšky těla změřené na pitvaných tělech, přičemž ke každé kategorii výšky byly přiřazeny průměrné délky jednotlivých dlouhých kostí (jednalo se o průměry vypočítané ze všech jedinců spadajících svou výškou do dané kategorie výšky, což však vede k chybným odhadům výšky těla u jedinců s podprůměrnou i nadprůměrnou délkou kostí v dané kategorii výšky). Nejpoužívanější metodiku tohoto typu zavedl francouzský antropolog *Léonce Manouvrier* (1850–1927), jehož tabulky se pro odhad výšky těla využívaly až do 70. let 20. století.

V dnešní době se při odhadu výšky těla podle kostí využívá nejčastěji následujících postupů:

- **anatomická metoda:** Při tomto postupu se stanoví tzv. kosterní délka, která se pomocí speciálních rovnic přepočítá na výšku těla (z důvodu započítání zakřivení páteře a měkkých tkání, které se na skutečné výšce těla do určité míry podílejí). Kosterní délka se vypočítá jako součet vybraných vertikálních měr na kostech, které leží v ose výšky těla.

K výpočtu kosterní výšky se používá výška lebky (vzdálenost bodů basion a bregma), výška přední plochy čepovce (tedy těla i *dens axis*, je v něm zahrnuta i výška nosiče), výška přední plochy těla třetího krčního až pátého bederního obratle, výška přední plochy těla prvního křížového obratle (měřená na přední ploše křížové kosti), délka femuru v přirozeném postavení, délka tibie a výška spojené a do anatomické polohy umístěné kosti patní a kosti hlezenní.

Počátky anatomických metod sahají již do konce 19. století, metoda se však rozvíjí i po roce 2000. Je vhodná z toho důvodu, že přináší poměrně přesné výsledky, je však ze zřejmých důvodů závislá na dobrém zachování všech uvedených kostí, což je u fosilního materiálu ve většině případů iluze (existují sice postupy dopočítávání některých chybějících segmentů kostry, ale ty ze stejných důvodů opět nelze většinou použít).

- **regresní metoda:** Jde o matematický postup, a to využití lineární regrese. Naměřenou délku kosti dosadíme při využívání této metody do speciálně zkonstruované regresní rovnice, jejíž výsledek nám ukazuje odhad výšky těla s určitým intervalem přesnosti. První regresní rovnice byly vytvořeny již na konci 19. století, široce byly zaváděny prakticky po celé 20. století. Rovnice jsou počítány vždy na jedné konkrétní (referenční) populaci. Při odhadu výšky těla je tedy potřeba vybírat takové rovnice, které byly vytvořeny na populaci co možná nejpodobnější námi hodnocené populaci. Pokud obě populace korespondují, jedná se o poměrně přesnou metodu, pokud jsou však referenční a hodnocená populace rozdílné, mohou ve výsledku odhadu nastat i výrazné nepřesnosti. Regresní rovnice jsou rovněž vytvořeny zvlášť pro muže a zvlášť pro ženy.
- **metoda organické korelace:** Byla zavedena v 90. letech 20. století na základě rozsáhlých metaanalýz regresních metod. Jejím výstupem je opět rovnice podobná rovnici regresní, avšak zkonstruovaná jiným statistickým postupem. Nevýhodou je obecně menší přesnost výsledku oproti regresní metodě (pokud byla použita na identické referenční a hodnocené populaci), nicméně velkou výhodou je relativní přesnost této metody, pokud ji použijeme bez ohledu na populační příslušnost hodnocených jedinců i bez ohledu na pohlaví. Příkladem jsou rovnice využívající největší délku humeru (H) a femuru (F) podle metodiky švédského antropologa Torsteina Sjøvolda:

*pro humerus:*  $\text{výška} = 4,62 \times H + 19,00 \pm 4,89 \text{ (cm)}$

*pro femur:*  $\text{výška} = 2,71 \times F + 45,86 \pm 4,49 \text{ (cm)}$

## 5.5 Odhad etnicity

Recentní člověk, tedy druh *Homo sapiens*, vykazuje poměrně výraznou interpopulační morfologickou variabilitu (diverzitu). Jednotlivé lidské populace dnešního světa se liší v řadě znaků, jako je barva kůže, průměrná velikost těla, proporcionalita těla, robustičita těla, struktura vlasů, proporcionalita hlavy, tvar obličeje a v mnoha dalších, nejen anatomických znacích. Výrazná interpopulační variabilita lidstva je dána zejména jeho širokým geografickým rozšířením (z původní africké „pravlasti“ osídlil anatomicky moderní člověk v posledních asi 200 tis. letech prakticky všechny osídlitelné oblasti světa), a tedy jeho eurýkním charakterem s mnoha různými regionálními adaptacemi na velmi rozdílné přírodní podmínky jednotlivých oblastí světa. Existují snahy klasifikovat lidskou biologickou variabilitu do různých typů populací (etnických skupin, „ras“).

Na první pohled viditelné rozdíly mezi jednotlivými lidskými populacemi upoutávaly pozornost lidí od pradávna a jsou popísány již ve starověkých spisech. Pozorování a výzkum lidských populací postupně vedly ke klasifikaci populační variability ve formě tzv. ras. Vědeckým počátkem těchto studií byly zejména práce německého lékaře a antropologa *Johanna Friedricha Blumenbacha* (1752–1840), který zkoumal právě morfoskopické znaky různých lidských forem. Postupně byly vyčleněny tři základní rasy, a to bílá (europoidní či kaukazoidní), černá (negroidní) a žlutá (mongoloidní). Rasové studie však skutečné biologické rozdíly mezi jednotlivými tzv. rasami nadhodnocovaly a překrucovaly, což se projevilo nejen v jejich biologickém, ale i psychologickém, sociologickém a kulturním aspektu, a nezdá se, že vedlo k politické hierarchizaci „ras“, tedy k tzv. rasismu se všemi jeho negativními historickými následky. Jedním z prosazovatelů rovnosti lidských ras byl mimochodem americký lékař a antropolog českého původu *Aleš Hrdlička* (1869–1943).

Problémem je však to, že tzv. populační („rasová“) příslušnost je všeobecně hodnocena pomocí izolovaných a na první pohled viditelných znaků, zejména barvy kůže, jejichž význam je však pouze adaptační (adaptace na regionální klimatické podmínky) a nemají vliv na jiné parametry lidského těla než právě na adaptaci (tedy rozhodně ne např. na inteligenci). Z odborného hlediska, tedy z pohledu vědeckého studia lidské populační variability, jsou rozdíly mezi lidmi v rámci jedné populace v řadě znaků vyšší, než jsou jejich rozdíly mezi populacemi, tedy variabilita intrapopulační je vyšší než variabilita interpopulační. Tímto prakticky ztrácí pojem „rasa“ své biologické opodstatnění. Vysoká variabilita mezi populacemi i uvnitř populací je rovněž na jedné straně zvyrazňována, na druhé straně ale i stírána mísením jednotlivých populací, které probíhá již řadu tisíciletí a jehož výsledkem je řada populací s přechodnými znaky mezi typickými morfologickými znaky velkých původních populací. Populační rozdělení lidstva tedy v žádném případě není diskrétní řadou biologických forem, ale pozvolnou řadou mnoha přechodných typů. Nicméně pro některé účely mají typické populační znaky přece jenom význam. Týká se to především forenzní antropologie (kriminalistiky), kde může být odhad populační příslušnosti v některých případech důležitým informativním markerem. K odhadu etnické příslušnosti se využívá zejména lebka, na které je popsáno nejvíce morfologických rozdílů. Hodnotí se jak morfoskopické, tak morfometrické znaky.

### ETNICKÉ ROZDÍLY NA LEBCE

Na kostech lidí z každé etnické skupiny se nacházejí některé typické znaky, které se však nemusí objevit vždy. Následující přehled ukazuje ty nejdůležitější, které najdeme na lebce.

- **europoidní znaky:** Lebka je dlouhá, úzká a vysoká. Sagitální profil neurokránie je zaoblený. Obličej a alveolární výběžky čelistí jsou málo prognátní (dopředu prominující). Zuby horní a dolní čelisti mají nůžkovitý skus (hrany horních řezáků přesahují dopředu přes hrany dolních řezáků). Zuby jsou úzké. Očnice jsou zaoblené, meziočnicové septum je úzké, nosní kůstky jsou úzké, vchod do nosní dutiny je úzký. Lícni kosti jsou malé a ubíhající.
- **negroidní znaky:** Lebka je dlouhá, úzká a nízká. Sagitální profil neurokránie je oploštělý (vlivem tzv. post-bregmatické deprese). Obličej a alveolární výběžky čelistí jsou výrazně prognátní (dopředu prominující), zuby horní a dolní čelisti mají proto výrazný nůžkovitý skus (hrany horních řezáků přesahují dopředu přes hrany dolních řezáků). Zuby jsou široké. Očnice jsou obdélníkovité, meziočnicové septum je široké, nosní kůstky jsou úzké, vchod do nosní dutiny je široký. Lícni kosti jsou malé a ubíhající.
- **mongoloidní znaky:** Lebka je kratší, široká a středně vysoká. Sagitální profil neurokránie je klenutý. Obličej a alveolární výběžky jsou mírně prognátní (dopředu prominující). Zuby horní a dolní čelisti mají klešovitý skus (horní a dolní řezáky se svými hranami dotýkají). Okraj horních řezáků je na linguální straně zesílen, řezáky proto mají typický „lopatovitý“ tvar. Očnice jsou zaoblené, meziočnicové septum je úzké, nosní kůstky jsou široké, vchod do nosní dutiny je srdčitý. Lícni kosti jsou široké a prominují dopředu a dolů (někdy až na úroveň dolního okraje maxily), obličej je proto plochý.



## 5.6 Specializované osteologické analýzy

### 5.6.1 Fyzikálně-chemická analýza

Jednou z možností studia kostí a zubů je zkoumání jejich chemického složení a změn pomocí fyzikálních a chemických metod. Tyto výzkumy přinášejí zajímavé informace ze života lidí v minulosti, jako jsou potravní preference, migrace (mobilita) či sociální status, využívají se však i pro účely datování kosterních pozůstatků a dalších antropogenních aktivit v minulosti. Kostní tkáň a zubní tkáň patří mezi tkáň pojivové a opěrné (jinak také tvrdé tkáň). Jsou tedy tvořeny jednak buňkami, jednak mezibuněčnou hmotou, která u nich, podobně jako u jiných pojivových tkání, objemově převažuje. V případě kostní tkáně je mezibuněčná hmota tvořena asi 50 % anorganických (minerálních) látek, asi 30 % organických látek a asi 20 % vody. U zubních tkání je zastoupení minerálních látek ještě vyšší (zubní cement jich obsahuje asi 60 %, zubovina asi 70 % a sklovina dokonce až 96 %, čímž je vůbec nejmineralizovanější tkáň v lidském těle).

- *makrokomponenty tvrdých tkání:* Základními makrokomponentami mezibuněčné hmoty tvrdých tkání jsou hydroxyfosforečnan vápenatý (hlavní anorganická látka) a kolagen (hlavní organická látka). Po smrti jsou obě komponenty degradovány diagenetickými procesy (součást tafonomických procesů). Hlavní prvky, které makrokomponenty tvoří, tedy vápník, fosfor a běžné izotopy uhlíku, kyslíku a dusíku, jsou tedy z chemického hlediska majoritními elementy tvrdých tkání.
- *mikrokomponenty tvrdých tkání:* Kromě výše uvedených prvků najdeme ve tvrdých tkáních malá množství dalších prvků a jejich izotopů. Jak bylo řečeno, vápník je v molekule hydroxyfosforečnanu vápenatého občas substituován jinými, podle jejich množství, tzv. *stopovými*, prvky. Některé jsou esenciální (mají biologické funkce, např. hořčík a zinek), jiné neesenciální (bez biogenních funkcí, např. olovo), popř. je jejich potenciální biogenní funkce nejasná (stroncium). Běžné izotopy uhlíku, kyslíku a dusíku v minerální i organické hmotě jsou zase někdy stopově substituovány minoritně zastoupenými izotopy (stabilními i radioaktivními). Právě charakter (množství, poměr) stopově se vyskytujících elementů má ve tvrdých tkáních určitou informační hodnotu. Zdrojem stopových prvků a izotopů je atmosféra (vzduch), hydrosféra (voda) a litosféra (geologické podloží). Mezi tělem živého organismu a jeho okolím probíhají otevřené dynamické interakce, jejichž nedílnou součástí je výměna látek a energií (metabolismus) – na jedné straně jednotlivé prvky (izotopy) do organismu neustále několika metabolickými cestami vstupují, na druhé straně z něho neustále jinými metabolickými cestami odcházejí. Živé organismy jsou tedy přímou součástí geochemických cyklů (koloběhů) všech biogenních prvků.

Rostliny a jiné „fotosyntetizující“ organismy jakožto producenti asimilují oxid uhličitý a přijímají vodu s minerálními látkami. Jsou tedy primárními příjemci biogenních prvků ze vzduchu, z vody i z geologického podloží. Prvky se následně ukládají v rostlinných tkáních. Těla rostlin se poté ve formě potravy dostávají do těl primárních konzumentů, např. herbivorních živočichů (ale i člověka), kde se opět začleňují do jejich tkání. Primární konzumenti se následně ve formě potravy dostávají do těl sekundárních konzumentů, např. karnivorních živočichů (k nimž patří opět částečně i člověk), kde se rovněž začleňují do tělesné stavby, a tak to může pokračovat dále do organismů vyšších trofických úrovní. Konzumenti, primární či sekundární, ale i vyšší, však mohou přijímat do svého těla formou potravy a vdechovaného vzduchu prvky obsažené ve vodě, ve vzduchu i v geologickém podloží přímo, bez předchozího „přechodu“ těly rostlin či organismů nižších trofických úrovní.

Hlavním zdrojem vstupu prvků a jejich izotopů do lidského těla je potrava a vdechovaný vzduch. Z důvodů otevřenosti těla vůči okolí podíl řady prvků a jejich izotopů v lidském těle do jisté míry reflektuje jejich podíl v okolním prostředí. Týká se to i kostní tkáně a zubů. Tyto struktury tedy dokážou z důvodů své trvanlivosti „zakonzervovat“ chemické signály po dlouhou dobu a poodhalit tak některé aspekty ze života jedince a charakteru prostředí, ve kterém žil.

Středem zájmu fyzikálně-chemických analýz tvrdých tkání jsou z uvedených důvodů zejména mikrokomponenty tvrdých tkání (stopové prvky a izotopy), které mají vztah k různým lidským aktivitám a metabolickým procesům. Nejčastěji se na základě fyzikálně-chemických analýz tvrdých tkání hodnotí potravní strategie a migrace, popř. sociální status, dále se tyto analýzy používají k datování.

- **potravní strategie:** Výskyt některých prvků a jejich izotopů v těle do jisté míry odráží typ a strukturu konzumované potravy. K její rekonstrukci se využívá zejména dvou chemických postupů, a to stanovení obsahu některých prvků a hodnocení poměru stabilních izotopů.

- **hodnocení obsahu prvků:** K typu konzumované potravy má vztah hlavně obsah stroncia (Sr), barya (Ba), zinku (Zn), selenu (Se) a boru (B). Tyto prvky se vyskytují v tvrdých tkáních minoritně. Některé uvedené prvky jsou esenciální stopové prvky důležité pro fungování těla, jiné však biologický význam nemají a do těla se dostávají příležitostně, jsou-li obsaženy v potravě.

**Stroncium** je prvek bez známého biologického významu pro lidské tělo. Je obsaženo zejména v rostlinách, které je přijímají z půdy. Z nich se dostává do konzumentů, u nichž se akumuluje v kostech (není tedy obsaženo v masě). Vyšší obsah stroncia v lidských kostech tedy znamená orientaci na rostlinnou stravu (tedy nižší trofickou úroveň člověka). Kromě obsahu samotného stroncia se sleduje i jeho poměr s vápníkem, který je vyšší v rostlinné potravě než ve zdrojích živočišných. **Zinek** je stopový prvek důležitý pro fungování lidského těla (je součástí řady enzymů). Vyskytuje se zejména v měkkých živočišných tkáních. Vysoký obsah zinku v lidských kostech tedy reflektuje orientaci na konzumaci masité stravy (tedy vyšší trofickou úroveň člověka). Spolehlivější výsledky ohledně potravního příjmu přináší společné sledování zastoupení stroncia a zinku v lidských kostech namísto jejich izolovaného studia.

- **hodnocení poměru stabilních izotopů:** Jde o analýzu minoritně se v přírodě vyskytujících stabilních izotopů některých prvků a jejich poměrů s majoritními izotopy téhož prvku. K typu konzumované potravy mají vztah zejména izotopy dusíku, uhlíku a síry obsažené v organické složce kostní tkáně (zejména v aminokyselinách kostního kolagenu) a v zubní sklovině.

V případě **dusíku** jde o stanovení izotopů  $^{15}\text{N}$  (minoritní) a  $^{14}\text{N}$  (majoritní). Detekuje se jejich poměr, tedy  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ . Ten např. umožňuje rozlišit preferenci rostlinné (nizkoproteinové) a masité (vysokoproteinové) stravy. Odhaluje tak opět trofickou úroveň konzumenta (primární konzument čili herbivor *versus* sekundární konzument čili karnivor). Slouží rovněž k rozlišení orientace konzumenta na terestrické nebo marinní zdroje potravy. V případě **uhlíku** se jedná o stanovení izotopů  $^{13}\text{C}$  (minoritní) a  $^{12}\text{C}$  (majoritní). Detekuje se jejich poměr, tedy  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ . Slouží k rozlišení orientace konzumenta na terestrické či marinní zdroje potravy nebo na přednostní konzumaci rostlinných produktů založených na C3 či C4 rostlinách. Spolehlivější výsledky ohledně rekonstrukce potravních preferencí poskytuje společná analýza izotopů uhlíku a dusíku, resp. poměr izotopů  $^{13}\text{C}/^{15}\text{N}$ . V případě **síry** se jedná o stanovení izotopů  $^{34}\text{S}$  (minoritní) a  $^{32}\text{S}$  (majoritní). Detekuje se jejich poměr, tedy  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ . Analýza izotopů síry se využívá ke stanovení orientace na sladkovodní či mořské zdroje potravy.

- **sociální status:** Na sociální postavení lidí v tradičních společnostech může poukazovat např. typ přijímané potravy. U bohatších lidí byla např. dostupnější masitá potrava, na niž poukazují některé výše uvedené prvkové a izotopové analýzy (jde tedy o interpretaci výsledků potravní rekonstrukce v sociálním kontextu). Je však také známo, že známkou vyššího sociálního statusu může být i vyšší obsah olova v tvrdých tkáních jako následek používání drahého nádobí s glazurou obsahující olovo, vodovodů vyrobených z olovených trubek či slazení vína octanem olovnatým, tedy s aspekty, které jsou historicky spjaté s bohatší vrstvou společnosti.

- **migrace:** Migrace čili mobilita je pohyb lidí za určitým účelem (např. za potravou či za prací). Podle frekvence ji můžeme rozdělit na rezidenční a sezónní.

- **rezidenční mobilita:** Je to jednorázový pohyb člověka z jednoho místa na druhé. Je možné ji detekovat tehdy, porovnáme-li obsah určitých izotopů v zubní sklovině a v kostní tkáni. Sklovina mineralizuje v časných fázích života a poté se nemění, uchovává tedy izotopový signál z prvních let života. Kostní tkáň se však během života přeměňuje (remodeluje), uchovává tedy izotopový signál z posledních několika let života jedince. Pokud se tedy liší obsah izotopů ve sklovině a v kostní tkáni, znamená to, že daný člověk se narodil na jiném místě, než kde zemřel.

K detekci rezidenční mobility se využívají stabilní izotopy **stroncia**. Jedná se o izotopy  $^{87}\text{Sr}$  (minoritní) a  $^{86}\text{Sr}$  (majoritní). Detekuje se jejich poměr, tedy  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ . Izotop  $^{87}\text{Sr}$  vzniká v přírodě velmi pomalým rozpadem radioaktivního izotopu rubidia  $^{87}\text{Rb}$ . V horninách se tedy jeho obsah liší v závislosti na geologickém stáří – čím je hornina starší, tím obsahuje více izotopu  $^{87}\text{Sr}$ . S ohledem na znalost obsahu izotopu  $^{87}\text{Sr}$  v různých oblastech světa (izotopové mapy) je možno do jisté míry pohyb člověka během života vystopovat (tedy určit, odkud mohl přijít). Pokud se obsah izotopu  $^{87}\text{Sr}$  v zubní sklovině a v kostní tkáni neliší, mohl člověk žít v době narození i úmrtí v jedné oblasti, stejně tak se ale mohl pohybovat mezi regiony se stejným izotopovým signálem (tedy mezi oblastmi bez izotopového gradientu).

- *sezónní mobilita*: Jde o pravidelný pohyb lidí podle ročního (či jiného) období, tedy nejčastěji o migraci mezi dvěma místy pobytu (např. letním a zimním). Je možno ji detekovat tehdy, porovnáme-li obsah určitých izotopů např. v jednotlivých vrstvách zubní skloviny (ve směru přírůstků), ve sklovině více zubů vyvíjejících se postupně, popř. v sezónních vrstvách („letokruzích“) zubního cementu. Izotopy detekované v tomto typu analýz mají vztah k potravní preferenci, a tedy i k sezónním změnám dostupnosti potravy (jde zejména o  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  a  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ). Analýzy sezónních migrací se pomocí izotopů provádějí u zvířecích kostí a zubů.
- **datování**: Jedná se o zjišťování (geologického) stáří kosterních pozůstatků a dalších objektů, které byly nalezeny společně s nimi. K datování pomocí tvrdých tkání se využívají zbytky polypeptidických řetězců kolagenu zachované ve tkáních. Hodnotí se několika postupy na základě poločasu přeměny některých chemických komponent.
  - *radiometrické datování*: Jde o stanovení obsahu radioaktivních izotopů některých prvků. Velký význam má zejména hodnocení obsahu radioaktivního izotopu uhlíku  $^{14}\text{C}$  (v přírodě minoritního) a jeho poměru ke stabilnímu izotopu  $^{12}\text{C}$  (v přírodě majoritního) v zachovalých organických zbytcích, např. v uhlících z ohnišť, v rostlinných makrozbytcích či v tvrdých živočišných tkáních, včetně lidských kostí a zubů. Protože je izotop  $^{14}\text{C}$  radioaktivní, dochází k jeho postupnému rozpadu a se stoupajícím stářím se tedy jeho obsah v datovaném vzorku snižuje.  
  
Protože živé organismy, včetně člověka, jsou vůči svému okolí otevřené a dynamicky-rovnovážné systémy, je v nich během života poměr obou izotopů uhlíku stálý a shodný s okolním prostředím (část radiativního izotopu z těla přirozeným rozpadem stále mizí, neustále se však obnovuje dalším „přítokem“ z neživé přírody). Po uhynutí organismu již k novému přítoku do těla nedochází, naopak množství izotopu  $^{14}\text{C}$  vlivem radioaktivního rozpadu už pouze klesá. Poločas rozpadu je asi 5730 let, za tuto dobu dojde k poklesu množství v organických zbytcích na polovinu původního množství, za dalších 5730 let na čtvrtinu původního množství, za dalších 5730 let na osminu původního množství atd. Na základě znalosti poměru izotopů  $^{12}\text{C}$  a  $^{14}\text{C}$  v přírodě a obsahu zbytku izotopu  $^{14}\text{C}$  ve zkoumaném organickém materiálu (v našem případě ve zbytcích kostního či zubního kolagenu) je tedy možné stanovit přibližné stáří datovaného vzorku. Metoda je však, vzhledem k délce poločasu rozpadu, využitelná do minulosti vzdálené maximálně kolem 40–50 tis. let, v materiálu ze starších dob už je izotopu  $^{14}\text{C}$  prakticky neměřitelné množství.
  - *racemizační datování*: Jedná se o stanovení poměru mezi levotočivým (L) enantiomerem a pravotočivým (D) enantiomerem aminokyselin nacházejících se ve zbytcích polypeptidických řetězců kostního či zubního kolagenu. Všechny proteinogenní aminokyseliny jsou za života levotočivé. Již za života se některé pomalu transformují (tzv. racemizují) v pravotočivé formy, hlavní fáze této přeměny však nastává až po smrti jedince, kdy racemizace probíhá spontánně, a to tak dlouho, dokud nenastane ve směsi aminokyselin rovnováha (tedy kdy se podíl obou forem, D a L, usnanoví zhruba na 50 %). Poločas přeměny se u jednotlivých aminokyselin liší, řádově však dosahuje tisíců let. Tímto způsobem tedy lze datovat fosilní materiál až do stáří přibližně 100 tis. let. Metoda však není příliš přesná, neboť rychlost racemizace je závislá na teplotě okolí, která se často mění, a nemusí být vždy správně odhadnuta.

## 5.6.2 Analýza DNA

DNA se vyskytuje prakticky v každé části lidského těla, včetně kostní tkáně a většiny tkání zubních (kromě skloviny, která je nebuněčná). Fosilní DNA z kostí a zubů (ale i z mumifikovaných tkání, z koprolitů, i DNA „vyluhovaná“ do geologických sedimentů) se označuje jako starobylá (popř. fosilní) DNA (*ancient DNA*, zkratka aDNA). Jde jednak o mitochondriální DNA (mtDNA), jednak o jadernou DNA (nDNA), autozomální i gonozomální. DNA se jako organická látka po smrti relativně rychle rozkládá, jednak endogenně, působením autolytických enzymů uvnitř buněk, jednak exogenně, vlivem různých environmentálních faktorů (mikroorganismů, hmyzu, chemických látek v okolí těla, pH, vlhkosti a teploty). V kostech a v zubech se DNA zachovává díky jejich histologickému charakteru a slabšímu přístupu destrukčních faktorů poměrně dlouhou dobu (i stovky tisíc let). V kostech je to zejména v kompaktní kostní tkáni dlouhých kostí, kde je hustší koncentrace osteocytů, tedy i DNA, a kde má ochranný vliv i kostní kolagen a hydroxyapatit. V zubech se DNA zachovává ještě lépe, a to především v dentinu, který je chráněn tvrdou a výrazně mineralizovanou sklovinou.

Pokud je plánováno provedení analýzy DNA z lidských kosterních pozůstatků odkrývaných během archeologického výzkumu, měly by být práce na její izolaci započaty již přímo v terénu, na samotné archeologické lokalitě. Zajištěna by měla být zejména sterilita celého procesu, která má zabránit kontaminaci či dalšímu poškození DNA. Posledních několik centimetrů zásypu nad kostrou by proto mělo být odkrýváno instruovaným pracovníkem oblečeným v ochranném oděvu a pracujícím se sterilními pomůckami. Během této fáze by se k místu odkryvu neměl přibližovat nikdo bez ochranného oděvu. Odebrané vzorky musí být hned po jejich exhumaci umístěny do sterilních igelitových sáčků a bezprostředně poté odvezeny do laboratoře. Při transportu by měly být zachovány takové podmínky, aby nedošlo k dalšímu zbytečnému poškození DNA (tedy nižší teplota, nízká vlhkost a ochrana před slunečními paprsky).

DNA se v kostech a zubech zachovává pouze ve velmi krátkých úsecích, řádově ve stovkách bp, a ne- zřídka se nedochová vůbec. Vzhledem k dnešním technickým možnostem její izolace a laboratorní rekonstrukce (mechanismem PCR amplifikace) ji však je možno i v případě velmi fragmentárního zachování využít k řadě specializovaných analýz. Od 90. let 20. století je aDNA využívána k determinaci pohlaví, ke genealogickým studiím (k určení příbuznosti osob), k identifikaci osob, ve fylogenetice (ke studiu fylogenetických vztahů mezi lidskými populacemi) a k rekonstrukci fyzických znaků.

- **determinace pohlaví:** Určení pohlaví jedince podle DNA izolované z kostí se využívá k účelům ověření správnosti morfologického odhadu pohlaví, zejména však ke zjištění pohlaví jedinců, u nichž není morfologický odhad možný, tedy zejména u dětských skeletů. Na rozdíl od morfologického odhadu, kdy zjišťujeme somatické pohlaví, je výsledkem analýzy DNA určení genetické úrovně pohlaví, tedy přítomnosti pohlavních chromozomů. Vzhledem k možnostem zachování aDNA však nelze počítat s tím, že budou izolovány celé pohlavní chromozomy, pro účely analýzy aDNA se proto hledají pouze fragmenty genů (sekvence) pocházejících z pohlavních chromozomů.

Historicky prvním genem, který byl použit pro paleogenetické určení pohlaví, je gen pro **amelogenin** (jeden z proteinů zubní skloviny). Tento gen se nachází na chromozomu X i Y, obě formy se však mírně liší. Detekce tohoto genu ve fosilním materiálu a jeho následné laboratorní zpracování tedy vede k prokázání dvou amplifikačních produktů v případě mužských kostí a jednoho v případě kostí ženských. Problém však může nastat v případě, že se gen na chromozomu Y nepodaří i přes jeho přítomnost zachytit, což vede k chybnému určení vzorku jako ženského. Dalším využívaným genem je **SRY** (*sex-determining region Y*), který se vyskytuje výhradně na chromozomu Y a iniciuje diferenciaci varlat v časných fázích prenatálního vývoje. Jeho přítomnost je tedy známkou mužského genetického pohlaví kostního vzorku (mužské pohlaví se tedy určí přímo), zatímco jeho neprokázání může být způsobeno jednak ženským genetickým pohlavím kostního vzorku (to se tedy určí nepřímo), jednak chybnou detekcí (při neúspěšné PCR amplifikaci). Dnes se k určení pohlaví na kostech využívá několik dalších genů a sekvencí DNA pocházejících z pohlavních chromozomů.

- **genealogie:** Genealogie se zabývá studiem pokrevních příbuzenských vztahů mezi osobami. Tradičním výzkumným postupem je *genealogie historická*, které studuje příbuzenské vztahy na základě písemných pramenů (např. matrik). *Biologická genealogie* je založena na studiu biologických ukazatelů příbuznosti, a to např. morfologických (podobnost obličeje, v případě kosterních pozůstatků výskyt některých epigenetických znaků, ale i podobnost dermatoglyfů), sérologických (studium krevních antigenů, hlavně ABO, Rh a MHC, na principu „vylučující“ dědičnosti) a samozřejmě ukazatelů genetických. *Genetická genealogie* využívá analýzy polymorfních úseků na nekódujících částech vlákna DNA (aDNA i mtDNA).

Lidská DNA obsahuje jednak kódující oblasti, které jsou poměrně konstantní a u všech lidí víceméně shodné, a nekódující oblasti, které mají vysokou mutabilitu (neexprimují se do fenotypových znaků a nepůsobí na ně tedy selekční tlak, májí proto slabší opravné systémy proti změnám v DNA), a tedy i velkou variabilitu – existují v řadě forem („alel“). Pro genealogické účely se využívají zejména tzv. **STR markery** (z angličtiny *short tandem repeats* – krátké tandemové repetice), v nichž se několikrát za sebou opakuje stejná sekvence malého množství nukleotidů (oligonukleotidů). Vyskytují se v jaderné DNA a je jich známo několik stovek.

Osobně specifická kombinace (sestava) určitého počtu polymorfních úseků DNA se označuje jako *haplotyp*. Konkrétní podoba haplotypu představuje osobní DNA profil. Haplotypy se dědí mezi rodiči a jejich potomky. Studium pokrevní příbuznosti je založeno na principu podobnosti, tedy čím jsou si haplotypy dvou lidí podobnější, tím jsou si tito lidé pokrevně příbuznější. Ve forenzní praxi se toho využívá např. v paternitních sporech, v případě antropologie či bioarcheologie potom v hodnocení možných příbuzenských vztahů mezi kosterními pozůstatky jedinců ze souvisejících hrobových situacích (nalezených např. v rámci jednoho pohřebiště nebo ve vícečetných či skupinových hrobech, které mohou patřit příslušníkům jedné rodiny či širší příbuzenské jednotky).

- **identifikace:** Identifikace osob na základě DNA se týká zejména forenzních postupů. Využívá se při ní podobného principu determinace jako u genetické genealogie, tedy analýzy polymorfních úseků DNA a porovnávání haplotypů. Neporovnávají se však dvě různé osoby, ale haplotyp (DNA profil) osoby (podezřelého nebo oběti trestního činu) s DNA profily archivovanými v policejních databázích nebo pocházejícími z biologických stop zajištěných na místě činu.
- **fylogenetika:** Jedná se o obor zkoumající příbuznost mezi lidskými populacemi a jejich fylogenetickou minulost. Je možno ji označit i jako *populační genealogii*. Využívá se při ní tzv. *ancestry-informative markers* (AIM), polymorfních úseků v nekódujících i kódujících oblastech DNA, v nichž dochází k jednoduchým spontánním mutacím, zejména bodovým (substituce, inserce a delece), a to vzácně (jednou za mnoho generací). Uvedené markery se zkoumají hlavně na unilineárně dědičných částech DNA, tedy na mitochondriální DNA a gonozomální DNA chromozomu Y.

V případě mitochondriální DNA se jedná o tzv. **HVR markery** (z angličtiny *hypervariable regions* – hypervariabilní oblasti). V případě autozomální (zejména však gonozomální) DNA jde o tzv. **SNP markery** (z angličtiny *single nucleotide polymorphisms*), kterých se v celém genomu nachází odhadem několik milionů.

Populačně specifická kombinace (sestava) určitých ancestry-informative markers se označuje jako *haploskupina*. Populace specifikovaná určitou haploskupinou (obsahující její ancestry-informative markers) se vlivem geografické disperze postupně štěpí do dílčích geograficky oddělených subpopulací a v každé se časem objeví nové specifické mutace. Mutace společná pro všechny subpopulace vzniklé štěpením mateřské populace je tak starší než mutace vyskytující se pouze u jedné z dceřiných subpopulací. Na základě tohoto principu je možné do jisté míry sledovat štěpení vývojových linií jednotlivých haploskupin a dobu a směr jejich šíření. Při fylogenetických studiích se proto hodnotí geografické rozšíření haploskupin (fylogeografie) a frekvence recentních nositelů konkrétních haploskupin, kteří si uchovávají v DNA svoji genetickou historii, v jednotlivých populacích světa. Pro přesné stanovení časového rozdílu mezi mutacemi se hledají nejlepší kalibrační postupy umožňující co nejpřesnější stanovení mutační doby (tzv. molekulární hodiny).

- Využití DNA pro účely fylogenetiky začalo roku 1987 studiem současné (nativní) mitochondriální DNA. Provedl ho tým genetiků z univerzity v Berkeley (USA) – Allan Wilson, Rebecca Cannová a Mark Stoneking, kteří zjistili, že všichni současní lidé jsou potomky jedné ženy, tzv. „mitochondriální Evy“, která žila asi před 140–290 tis. lety v Africe.
  - V 90. letech 20. století byly provedeny první srovnávací výzkumy DNA chromozomu Y (tedy gonozomální DNA) a poté řada dalších. Výsledky ukazují, že poslední společný mužský předek, tzv. „gonozomální Adam“, žil před více než 300 tis. lety (původní odhady byly daleko nižší).
  - Počátky výzkumu fosilní (starobylé) DNA sahají do 80. let 20. století. Historicky nejstarší starobylá DNA byla extrahována roku 1984 z fragmentu vyschlé podkožní svaloviny a vaziva na 140 let starém preparátu vymřelé zebry kvagy uloženém v muzeu v německé Mohuči. Výsledky byly použity pro jednoduchou fylogenetickou analýzu (porovnání příbuznosti s některými savci, včetně člověka). Již roku 1985 byla prozkoumána také lidská starobylá DNA extrahovaná z egyptských mumii, z nichž nejstarší pochází z doby asi před 2400 lety. Roku 1988 byla izolována starobylá DNA z mozku bažinné mumie nalezené na Floridě a staré asi 7 tis. let.
  - Roku 1989 byla úspěšně izolována a amplifikována starobylá DNA z lidských kostí z několika nalezišť starých od 300 do 5–6 tis. let. V 90. letech 20. století byla provedena řada dalších úspěšných výzkumů starobylé DNA z kostí. Analýza neandrtálské mitochondriální DNA byla poprvé úspěšně provedena týmem genetiků z mnichovské univerzity (Svante Pääbo, Matthias Krings) roku 1997 na fosiliích starých více než 40 tis. let. Roku 2008 byla kompletně zmapována neandrtálská mitochondriální DNA, krátce nato začala být mapována i nukleární (autozomální) DNA neandrtálců.
  - Roku 2010 byla prozkoumána mitochondriální i autozomální DNA z fragmentárních kostí nalezených v Denisově jeskyni v Rusku (jejich stáří je více než 50 tis. let), čímž byl poprvé genetickou cestou objeven nový lidský druh do té doby nepopsaný na základě fosilií (tzv. denisované).
  - Roku 2014 byla prozkoumána mitochondriální DNA z fosilních kostí člověka heidelbergského z jeskyně Sima de los Huesos v komplexu Atapuerca ve Španělsku. Jejich stáří je asi 400–500 tis. let, což posunulo možnosti paleogenetického zkoumání do mnohem hlubší minulosti. Roku 2016 byly výsledky doplněny i o analýzy jejich jaderné DNA.
- **rekonstrukce fyzických znaků:** Geny kódují fenotypové znaky. Spojitost řady znaků s konkrétními geny je známa. Na základě struktury genu (resp. alely) pro daný znak je tedy možno do určité míry předpovídat charakter fyzických znaků člověka z minulých dob i v případě, není-li možné ho zjistit přímo z kosterních pozůstatků, např. jsou-li příliš fragmentární nebo se týkají měkkých tkání, které se ve fosilním materiálu, až na výjimky, nezachovávají.

Charakter některých měkkých tkání, ale i fyziologických parametrů, byl na základě studia genů z fosilní DNA odhalen např. u neandrtálců (*Homo neanderthalensis*). Bylo např. zjištěno, že měli rezavé vlasy, byli schopni vnímat hořkou chuť a pravděpodobně i používat artikulovanou řeč. U blízkých příbuzných neandrtálců, tzv. denisovanů (*Homo denisovensis*), byla prokázána existence genu EPAS1, který zajišťuje adaptaci na život ve vysokých nadmořských výškách s nižším obsahem kyslíku ve vzduchu a který tito lidé dokonce předali během hybridizace s expandujícími anatomicky moderními lidmi dnešním tibetským populacím. Na základě poměrně dobře prozkoumaného genomu denisovanů byly však rovněž předpokládány některé aspekty jejich tělesné stavby, které není možné zjistit z důvodů neexistence jednoznačných reprezentativně dochovaných fosilií tohoto druhu. Jedná se např. o dlouhé, nízké a široké neurokranium (širší než u neandrtálců), ubíhající čelo a dlouhý zubní oblouk (delší než u neandrtálců). Pravděpodobnost vysoké přesnosti této rekonstrukce zřejmě potvrzují některé domnělé fosilie tohoto druhu.

### 5.6.3 Specializované odontologické analýzy

Zuby jsou vedle kostí nejčastějšími součástmi lidského těla, které, díky vysokému obsahu minerálních látek, fosilizují a zachovávají se tak po dlouhou dobu (jsou ještě odolnější a trvanlivější než samotné kosti a někdy jsou jediným typem fyzického pozůstatku, který se z daného jedince zachová). Je tedy možné je využít k řadě antropologických analýz. Jak již víme, makroskopické zkoumání zubů se používá např. k odhadu věku (u dětí podle erupce, u dospělých na základě jejich abraze). Zdravotní stav zubů ukazuje na životní podmínky a další aspekty života jedince. Zuby mají rovněž někdy význam při forenzní identifikaci. Fyzikálně-chemická analýza se využívá např. k detekci stopových prvků a izotopů za účelem výzkumu potravních preferencí a rezidenční i sezónní mobility. Kromě toho se na zubech provádějí i specializované mikroskopické analýzy.

- **analýza povrchových stop:** Jedná se o výzkum defektů nacházejících se na povrchu zubní skloviny. Jejich prvním typem jsou *abraz* (obrusy), které vznikají mechanickým zpracováváním potravy, a to jednak makroabraze (setřelé plošky), jež se tvoří postupně a dlouhodobě na okluzních plochách všech zubů zpracováním (žvýkáním) potravy obecně, jednak mikroabraze (rýhy), které se hodnotí zejména na bukalní (vnější) ploše korunky premolárů a molárů a informují o konkrétním typu přijímané potravy (jiné typy stop zanechává vláknitá potrava rostlinného původu, jiné stopy se objevují např. po konzumaci plodů či požívání masa). Dalším typem povrchových defektů skloviny jsou *striace* (žlábký a „škrábance“) a *mikrofraktury*, které vznikají následkem používání zubů jako nástroje („třetí ruky“), např. k fixaci kůží při jejich zpracování nebo přidržování různých kamenných nebo dřevěných nástrojů.

Striace a mikrofraktury jsou zkoumány jak na recentním lidském odontologickém materiálu, tak na zubech pocházejících z lidských fosilních pozůstatků. Byly analyzovány např. na zubech lidí druhu *Homo heidelbergensis* nalezených ve španělské jeskyni **Sima de los Huesos** (v jeskynním komplexu Atapuerca, stáří asi 400–500 tis. let) a u neandrtálců z lokality **El Sidrón** (stáří asi 50 tis. let) a několika dalších. Bylo zjištěno, že charakter povrchových stop se u mužů a u žen liší a reflektuje tak zřejmě dělbu práce mezi pohlavími.

- **analýza zubního kamene:** Jak bylo již řečeno, zubní kámen (*calculus*) je mineralizovaný (zvápenatělý) zubní plak. Důležitým faktem je však to, že během života se do zubního kamene ukládají různé komponenty, které procházejí ústní dutinou. Zubní kámen má dobrou schopnost tyto složky konzervovat. Mikroskopický obsah tedy může poskytnout mikrozbytky rostlinné potravy (zejména škrobová zrna) ukazující na potravní preference, chemické látky z potravy, mikroorganismy tvořící ústní mikrobiom, popř. patogeny (nebo jejich DNA). Výzkumy zubního kamene se v posledních letech stále častěji provádějí na lidských fosilních zubech z dob i stovky tisíc let vzdálených, čímž se stávají významným zdrojem informací o životě fosilních forem člověka.

Nejstarší zkoumaný lidský zubní kámen se zbytky potravy (škrobovými zrny) pochází ze zubů jedince ze španělské jeskyně **Sima del Elefante** (v jeskynním komplexu Atapuerca). Jeho stáří je asi 1,2–1,3 mil. let (patří tedy archaickému typu člověka). V izraelské jeskyni **Qesem** byly nalezeny zuby staré asi 300–400 tis. let (patří člověku z okruhu druhu *Homo heidelbergensis*), jejichž zubní kámen obsahoval rovněž zbytky potravy (škrobová zrna a chemické stopy po nenasycených mastných kyselinách exogenního původu), ale i mikročástice spáleného dřeva (výsledek konzumace ohněm opálené potravy nebo inhalace kouře z ohniště). Několik dalších příkladů poskytl zubní kámen neandrtálců (nejméně *Homo neanderthalensis*) z doby asi před 50–100 tis. lety. Ve španělské jeskyni **El Sidrón** obsahoval zubní kámen neandrtálců nejen zbytky potravy, ale i chemické stopy po inhalaci kouře z ohně, patologické mikroorganismy a chemické stopy hořkých bylin a rostlin s prokazatelně léčivými účinky. Zbytky rostlinné potravy byly nalezeny i v zubním kameni neandrtálců z belgické jeskyně **Spy** a irácké jeskyně **Šanidár**. Mikrozbytky rostlin jsou zde determinovatelné do konkrétního rodu.

## 5.6.4 Další specializované analýzy

Kromě dnes již běžně prováděných specializovaných výzkumů lidského kosterního materiálu, jako je fyzikálně-chemická analýza a analýza DNA, je současná fyzická antropologie vybavena poměrně velkou škálou dalších postupů, které umožňují rozšířit spektrum informací o životě lidí v minulosti. Jedná se obvykle o výzkumy založené na mikroskopických, fyziologických a molekulárně biologických metodách a technikách.

- **paleopatologická analýza:** Jedná se o hodnocení patologických znaků na kostech a zubech. Jejím cílem je studium chorob, které se vyskytovaly u našich předků, popř. stanovení příčiny smrti, manifestuje-li se na kosterním materiálu. Hodnotí se vývojové anomálie, stopy zranění (neúmyslných i úmyslných), zejména fraktury, sečné, úderné a střelné, popř. bodné a řezné rány, degenerativní choroby (věkové opotřebení), záněty kostí, kostních chrupavek a kloubů, nádory (primární vycházející z kostní tkáně, chrupavek, vaziva, kostní dřevě či kostních cév, a sekundární čili metastázované), metabolické poruchy (osteoporóza, osteomalacie) a další patologie.

Široce rozšířenou skupinou kostních patologií jsou záněty. Nespecifické záněty jsou primární záněty kostí způsobené infekcí. Jde např. o *ostitis* (zánět kostní tkáně), *periostitis* (zánět okostice), *osteomyelitis* (zánět kostní dřevě, označuje se tak ovšem obecně zánět, jenž prostupuje celou kostí), *osteochondritis* (zánět kostních chrupavek) a *arthritis* (zánět kloubů, v případě páteře jde o *spondylitis*). Specifické záněty jsou systémové záněty (infekce), které postihují jiné orgánové systémy, ale manifestují se i na kostech. Patří k nim např. tuberkulóza (původce je *Mycobacterium tuberculosis*), lepra (původce je *Mycobacterium leprae*) a syfilis (původce je *Treponema pallidum*). Dále můžeme na kostech najít autoimunitní zánětlivá onemocnění, např. *revmatoidní artritidu* či *ankylozující spondylartritidu* (jinak také Bechtěrevovu chorobu), a metabolické záněty, jako je *arthritis urica* (známá také jako dna).

- **paleoproteomická analýza:** Paleoproteomika se zabývá analýzou starobylého proteomu (paleoproteomu) získaného z fosilních pozůstatků živých organismů (proteom je komplex bílkovin produkovaný genomem daného organismu). Jejím cílem je využití bílkovin z fosilií zejména ke studiu fylogenetických vztahů mezi organismy. Bílkoviny, resp. jejich primární struktura (pořadí aminokyselin), prodělávají během evoluce drobné změny podobné mutacím DNA, jimiž jsou podmíněny (jde samozřejmě o změny, jež nemají větší vliv na funkčnost daných bílkovin). Porovnáním struktury konkrétní bílkoviny u různých organismů je proto do určité míry možné rekonstruovat příbuzenské a fylogenetické vztahy na podobném principu jako v případě DNA. Výhodou některých bílkovin je to, že se mohou zachovat déle než samotná DNA (u některých obratlovců byl detekován i ve fosiliích desítky milionů let starých), byť, podobně jako DNA, pouze ve fragmentech (v kratších polypeptidických řetězcích). Proteom se pro účely paleoproteomických analýz extrahuje z kostí a zubů (pokud nejsou zachovány měkké tkáně).

Jednou z nejčastěji zachovaných bílkovin ve fosilním materiálu, a tedy i bílkovin zkoumaných v rámci paleoproteomických analýz, je *kolagen* (v kostech a zubech). Jeho výhodami jsou velké množství a vysoká trvanlivost, nevýhodou je naopak jeho velká evoluční konzervativnost, tedy i nízká mezidruhově variabilita (vysoká podobnost mezi různými druhy). Z tohoto hlediska je pro fylogenetické účely výhodnější zkoumat tzv. *nekolagenové bílkoviny*, které jsou mezidruhově variabilnější, avšak i méně zastoupené a méně odolné. Jedná se zejména o bílkoviny ze zubní skloviny či sérový (krevní) albumin. Výrazný rozvoj paleoproteomických metod pro zkoumání příbuznosti vymřelých druhů a jejich fylogenetických vztahů nastalo po roce 2015. Proteiny doplnily (či nahradily) ve fylogenetických analýzách starobylou DNA u fosilií, v kterých se nezachovala. Proteom byl zkoumán např. u fragmentárních fosilií tzv. denisovanů (*Homo denisoviensis*) nalezených přímo v **Denisově jeskyni** v Rusku. Analýza proteomu prokázala, podobně jako DNA, blízkou příbuznost tohoto druhu s neandrtálci a o něco vzdálenější příbuznost s moderním člověkem. Také pomohla druhově zařadit fosilní mandibulu z čínské lokality **Sia-che** datovanou do doby asi před 160 tis. lety, kterou paleoproteomická analýza určila právě jako denisovskou (z fosilie se nepodařilo extrahovat DNA, takže proteom ji úspěšně nahradil, nicméně o něco později byla v sedimentech jeskyně skutečně nalezena denisovská DNA, která tak do určité míry verifikovala výsledky paleoproteomické analýzy). Ve francouzské jeskyni **Grotte du Renne** (*Arcy-sur-Cure*) pomohl neandrtálský proteom starý asi 40–45 tis. let určit kulturní příslušnost zdejších kamenných a kostěných artefaktů a šperků. Proteom extrahovaný z lidských zubů ze španělské jeskyně **Gran Dolina** (v jeskynním komplexu *Atapuerca*) je starý asi 900 tis. let a pomohl fylogeneticky zařadit zde nalezené, avšak doposud fylogeneticky nejasné, fragmentární lidské kosterní pozůstatky. Dosud nejstarší lidský proteom byl analyzován (i když pouze částečně) ze zubů z kosterních pozůstatků nalezených na lokalitě **Dmanisi** v Gruzii. Je starý asi 1,7–1,8 mil. let a patří fosilnímu lidskému druhu *Homo georgicus* (resp. starší fázi vývojové linie vedoucí zřejmě k druhu *Homo erectus*).

- **paleoparazitologická analýza:** Paleoparazitologie se zabývá parazitickými organismy (makroparazity i mikroparazity) v souvislosti s archeologickými nálezy lidských fosilních pozůstatků a dalších dokladů antropogenních aktivit. Jejím cílem je studium výskytu parazitů a parazitárních onemocnění u našich předků, což v širším pohledu přispívá k rekonstrukci hygienických podmínek, rovněž ale i přírodního prostředí a potravních zvyklostí. Nejvíce zjišťovanými jsou střevní paraziti (častými nálezy jsou tasemnice, škrkavky a roupi), resp. jejich fosilizovaná vajíčka, která se díky ochrannému obalu zachovávají velmi dlouho, a to i tisíce let. Vajíčka parazitů se nacházejí jednak přímo v tělesných pozůstatcích, např. v mumii, v případě kosterních pozůstatků v hrobovém zásepu v místech břišní dutiny (vzorky zásepu na jejich detekci se odebírají zejména z přední plochy křížové kosti), jednak v pozůstatcích objektů, které přišly do styku s lidskými exkrementy (odpadní jámy, jímky, latríny atd.), i obecně v kulturních vrstvách.
- **paleomikrobiologická analýza:** Paleomikrobiologie se zabývá studiem mikroorganismů v kontextu s archeologickými nálezy lidských fosilních pozůstatků a dalších dokladů antropogenních aktivit. Jejím cílem je jednak studium mikrobiomu (ústního, střevního) našich předků, jednak výzkum infekcí a epidemií v minulosti. Zdrojem mikroorganismů pro účely paleomikrobiologických výzkumů jsou zejména fosilní zuby, jejichž výhodou je to, že nalezené stopy mikroorganismů je možné spojit s konkrétním jedincem a hodnotit tak paleomikrobiologické poznatky v kontextu s dalšími biologickými charakteristikami. Konkrétními místy dlouhodobé perzistence a možné detekce mikroorganismů v zubech jsou zubní kámen a zubní dřev, resp. zubní dutina (díky jejímu obklopení tvrdými a odolnými zubními tkáněmi dokáže uchovat stopy po mikroorganismech velmi dlouho). Mikroorganismy byly rovněž prokázány přímo v kostech, a to v místech patologických lézí. Významným zdrojem mikroorganismů jsou koprolity (fosilizované exkrementy), které jsou nalézané v antropogenních vrstvách, ve starověkých a středověkých latrínách či v odpadních jámách, ty však obvykle není možné přiřadit konkrétnímu jedinci, ale pouze ke konkrétní populaci. Mikroorganismy byly nalezeny i v tělech mumii, u nichž je lokalizací jejich výskytu více (v ústní dutině, ve střevech, včetně fosilizovaných exkrementů, a v dalších orgánech).

Přítomnost mikroorganismů ve fosilích je zjišťována několika způsoby. Samotná těla mikroorganismů jsou někdy přímo detekována elektronovým mikroskopem, popř. jsou pozorovány dutiny po jejich tělech v zubním kameni. Častěji jsou ale zkoumány degradované chemické zbytky mikroorganismů, jako je jejich DNA a proteiny. U DNA se sekvenují jednotlivé geny či zachovalé specifické sekvence nebo se zkoumá celý genom. Bílkoviny mikroorganismů se detekují a zkoumají za použití imunologických a proteomických metod. Doposud nejstarší dochované stopy orálního mikrobiomu byly nalezeny ve fosilích (zubním kameni) neandrtálců starých 50–100 tis. let. Jde jednak o samotné fosilizované bakterie (vláknité i kokální), jednak o jejich chemické a genetické stopy. V zubním kameni neandrtálců ze španělské jeskyně *El Sidrón* (jejich stáří dosahuje asi 50 tis. let) byla geneticky prokázána přítomnost komenzalisticke archebakterie druhu *Methanobrevibacter oralis* a gastrointestinální parazitické houby druhu *Enterocytozoon bieneusi*. Samotný střevní mikrobiom byl analyzován z mumifikovaných těl pocházejících z řady lokalit starých řádově stovky a tisíce let. Z hlediska infekčních mikroorganismů nacházejících se v historickém kosterním materiálu (v kostech a zubech) je nejčastěji zjišťovanou bakterií původce yersiniového moru *Yersinia pestis*. Byla detekována v řadě lidských kosterních pozůstatků z období středověku a raného novověku, ale také z koster pravěkých, starých 4–5 tis. let. Dalšími jsou *Bartonella quintana*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium leprae* atd.

- **paleoserologická analýza:** Paleoserologie se zabývá detekcí bílkovin v kosterních pozůstatcích na základě jejich reakce na specifické protilátky. Jednou z možností využití je *detekce krevních antigenů* (krevních skupin). Již dlouho je tohoto postupu využíváno ve forenzní biologii při analýze krevních stop. Antigeny systému ABO, resp. jejich sacharidové řetězce s antigenními vlastnostmi, se ale zachovávají i ve fosilních kostech. Problémem však může být degradace těchto antigenů vlivem chemických a fyzikálních faktorů, zejména ale působením některých mikroorganismů během rozkladu těla. Některé mikroorganismy, které kontaminují kosterní pozůstatky, navíc obsahují antigeny podobné antigenům systému ABO a mohou tak imitovat jejich přítomnost. Další možností využití serologických metod je *druhová determinace* kosterních pozůstatků. Porovnáním sérologických vlastností kostních bílkovin (reakcí na druhově specifické protilátky), zejména albuminu, u člověka, lidoopů, úzkonosých a ploskonosých opic a dalších savců byla již od 60. let 20. století odhadována jejich příbuznost, tedy i evoluční vzdálenost. Od 80. let 20. století byly tyto procedury aplikovány i na bílkoviny zachovalé ve fosilních kostech, včetně homininních.



## Literatura

- Acsádi Gy. – Nemeskéri J. 1970: *History of human life span and mortality*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Adams B. J. 2007: *Forensic Anthropology*. New York: Chelsea House Publishers. ISBN 0-7910-9198-8.
- Altamura F. et al. 2023: Fossil footprints at the late lower Paleolithic site of Schöningen (Germany): A new line of research to reconstruct animal and hominin paleoecology. *Quaternary Science Reviews*: 108094.
- Anh Mai B. H. – Drancourt M. – Aboudharam G. 2020: Ancient dental pulp: Masterpiece tissue for paleomicrobiology. *Molecular Genetics & Genomic Medicine* 8: e1202.
- Araújo A. et al. 2015: Paleoparasitology: the origin of human parasites. *Arquivos de Neuro-psiquiatria* 71: 722–726.
- Ascenzi A. et al. 1985: Immunological detection of hemoglobin in bones of ancient Roman times and of Iron and Eneolithic Ages. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 82: 1710–1712.
- Ashton N. et al. 2014: Hominin Footprints from Early Pleistocene Deposits at Happisburgh, UK. *PLoS ONE* 9: e88329.
- Aufderheide A. C. – Muñoz I. – Arriaza B. 1993: Seven Chinchorro mummies and the prehistory of northern Chile. *American Journal of Physical Anthropology* 91: 189–201.
- Avanzini M. et al. 2008: The Devil's Trails: Middle Pleistocene Human Footprints Preserved in a Volcanoclastic Deposit of Southern Italy. *Ichnos* 15: 179–189.
- Balko J. et al. 2017: *Memorix histologie*. Praha: Triton. ISBN 978-80-7553-249-7.
- Barbieri R. et al. 2017: Paleoproteomics of the Dental Pulp: The plague paradigm. *PLoS ONE* 12: e018552.
- Baron H. – Hummel S. – Herrmann B. 1996: *Mycobacterium tuberculosis* Complex DNA in Ancient Human Bones. *Journal of Archaeological Science* 23: 667–671.
- Bégouën R. – Fritz C. – Tosello G. 2012: Parietal Art and Archaeological Context. Activities of the Magdalenians in the Cave of Tuc d'Audoubert, France. In: McDonald J. – Veth P. (eds.): *A Companion to Rock Art*: 364–380.
- Behrensmeyer A. K. – Laporte L. F. 1981: Footprints of a Pleistocene hominid in northern Kenya. *Nature* 289: 167–169.
- Bennett M. R. et al. 2009: Early Hominin Foot Morphology Based on 1.5-Million-Year-Old Footprints from Ileret, Kenya. *Science* 323: 1197–1201.
- Binder M. et al. 2016: Scientific analysis of a calcified object from a post-medieval burial in Vienna, Austria. *International Journal of Paleopathology* 14: 24–30.
- Blumenfeld J. 2000: Racial Identification in the Skull and Teeth. *Totem: The University of Western Ontario Journal of Anthropology* 8: 20–33.
- Bodoriková S. et al. 2013: Dietary reconstruction from trace element analysis and dental microwear in an Early Medieval population from Gáň (Galanta district, Slovakia). *Anthropologischer Anzeiger* 70: 229–248.
- Bocherens H. – Drucker D. G. 2006: Dietary competition between Neanderthals and modern humans: Insights from stable isotopes. In: Conard N. J. (ed.): *When Neanderthals and Modern Humans Met*: 129–143.
- Bogin B. 2011: Puberty and Adolescence: An Evolutionary Perspective. *Encyclopedia of Adolescence* 1: 275–286.
- Booth T. – Bruck J. 2020: Radiocarbon and histo-taphonomic evidence for curation and excarnation of human remains in Bronze Age Britain. *Antiquity* 94: 1186–1203.
- Britton K. et al. 2009: Reconstructing faunal migrations using intra-tooth sampling and strontium and oxygen isotope analyses: a case study of modern caribou (*Rangifer tarandus granti*). *Journal of Archaeological Science* 36: 1163–1172.
- Brůžek J. – Černý V. – Stránská P. 2005: Proměny výšky postavy v průběhu věků. *Vesmír* 84: 165–168.
- Brůžek J. 2016: Biologický profil jedince – první krok k identifikaci ve forenzní antropologii a bioarcheologii. *Živa* 5/2016: 249–252.
- Buikstra J. E. – Ubelaker D. 1994: Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains. Missouri Archaeological Society. Proceedings of a Seminar at the Field Museum of Natural History. *Arkansas Archeological Survey Research Seminar Series No. 44*. Arkansas.
- Cabrera V. M. et al. 2018: Carriers of mitochondrial DNA macrohaplogroup L3 basal lineages migrated back to Africa from Asia around 70,000 years ago. *Evolutionary Biology* 18. DOI: 10.1186/s12862-018-1211-4.
- Camacho M. et al. 2018: Recovering parasites from mummies and coprolites: an epidemiological approach. *Parasites & Vectors* 11: 248.
- Cann R. L. – Stoneking M. – Wilson A. C. 1987: Mitochondrial DNA and human evolution. *Nature* 325: 31–36.
- Cárdenas-Arroyo F. – Martina M. C. 2019: Two findings of gallstones in archaeological mummies from Colombia. *International Journal of Paleopathology* 24: 53–59.
- Cardoso H. F. V. et al. 2010: Establishing a minimum postmortem interval of human remains in an advanced state of skeletonization using the growth rate of bryophytes and plant roots. *International Journal of Legal Medicine* 124: 451–456.
- Carezo M. et al. 2012: Reconstructing ancient mitochondrial DNA links between Africa and Europe. *Genome Research* 22: 821–826.
- Collins M. J. et al. 2002: The survival of organic matter in bone: a review. *Archaeometry* 44: 383–394.
- Černý M. 1971: Určování pohlaví podle postkraniálního skeletu. In: Vlček E. (ed.): *Symposium o určování stáří a pohlaví jedince na základě studia kostry*. Praha: Národní muzeum: 46–62.
- Černý M. – Komenda S. 1980: Sexual Diagnosis by the Measurements of Humerus and Femur. *Sborník prací Pedagogické fakulty UP Olomouc-Biologie* 2: 147–167.

- Černý M. – Komenda S. 1982: Reconstruction of body height based on humerus and femur lengths (material from Czech lands). *11nd Anthropological Congress of Aleš Hrdlička*.
- Červená T. 2014: *Analýza DNA v rodokmenových studiích a při určování vzdálenější genetické příbuznosti*. Nepublikovaná bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova.
- Čuta M. 2011: *Růst a vývoj dětí studie ELSPAC*. Nepublikovaná disertační práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Dickson J. H. – Oegg K. – Handley L. L. 2003: The Iceman Reconsidered. *Scientific American* 288: 70–79.
- Dobrovolskaya M. V. – Tiunov A. V. 2013: The Neanderthals of Okladnikov Cave Altai: Environment and Diet Based on Isotopic Analysis. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia* 41: 78–88.
- Donoghue H. D. et al. 1998: *Mycobacterium tuberculosis* complex DNA in calcified pleura from remains 1400 years old. *Letters in Applied Microbiology* 27: 265–269.
- Dorn L. D. – Biro F. M. 2011: Puberty and Its Measurement: A Decade in Review. *Journal of Research on Adolescence* 21: 180–195.
- Douw D. S. et al. 2022: Investigating seasonal mobility in Irish giant deer *Megaloceros giganteus* (Blumenbach, 1799) through strontium isotope ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) analysis. *Journal of Quaternary Science* 37: doi: 10.1002/jqs.3447.
- Drancourt M. et al. 1998: Detection of 400-year-old *Yersinia pestis* DNA in human dental pulp: An approach to the diagnosis of ancient septicemia. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95: 12637–12640.
- Drozdová E. 2004: *Základy osteometrie*. Brno. ISBN 80-210-3181-6.
- Duveau J. et al. 2019: The composition of a Neandertal social group revealed by the hominin footprints at Le Rozel (Normandy, France). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116: 19409–19414.
- Eiselt B. S. 1997: Fish Remains from the Spirit Cave Paleofecal Material. 9,400 Year Old Evidence for Great Basin Utilization of Small Fishes. *Nevada Historical Quarterly* 40: 117–139.
- El Edlbi R. – Lindemalm S. – Egsborg S. 2012: Estimation of body surface area in various childhood ages – validation of the Mosteller formula. *Acta Paediatrica* 101: 540–544.
- Ernée M. – Majer A. 2009: Uniformita, či rozmanitost pohřebního ritu? Interpretace výsledků fosfátové půdní analýzy na pohřebišti únětické kultury v Praze 9 – Miškovicích. *Archeologické rozhledy* 61: 493–508.
- Estalrich A. – Rosas A. 2015: Division of labor by sex and age in Neandertals: an approach through the study of activity-related dental wear. *Journal of Human Evolution* 80: 51–63.
- Estebanaraz F. et al. 2010: Testing hypotheses of dietary reconstruction from buccal dental microwear in *Australopithecus afarensis*. *Journal of Human Evolution* 57: 739–750.
- Estebanaraz F. et al. 2012: Buccal dental microwear analyses support greater specialization in consumption of hard foodstuffs for *Australopithecus anamensis*. *Journal of Anthropological Sciences* 90: 1–24.
- Facorellis Y. – Kyprissi-Apostolika N. – Maniatis Y. 2001: The cave of Theopetra, Kalambaka: Radiocarbon evidence for 50,000 years of human presence. *Radiocarbon* 43: 975–994.
- Fellows Yates J. A. et al. 2021: The evolution and changing ecology of the African hominid oral microbiome. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118: e2021655118.
- Fetter V. et al. 1967: *Antropologie*. Praha: Academia.
- Flammer P. G. – Smith A. L. 2020: Intestinal helminths as a biomolecular complex in archaeological research. *Philosophical transactions of the Royal Society B* 375: 20190570.
- Fojtová Š. 2014: *Historický vývoj vybraných kriminalistických metod identifikace osob – popisování, daktyloskopie*. Nepublikovaná bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Fosdick R. B. 1915: The Passing of the Bertillon System of Identification. *Journal of Criminal Law and Criminology* 6: 363–369.
- Friedman R. et al. 2018: Natural mummies from Predynastic Egypt reveal the world's earliest figural tattoos. *Journal of Archaeological Science* 92: 116–125.
- Galiová M. et al. 2010: Multielemental analysis of prehistoric animal teeth by laser-induced breakdown spectroscopy and laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. *Applied Optics* 49: C191–C199.
- Gedam B. S. et al. 2015: Skeletal remains of mummified foetus for 36 years in mother's abdomen. *International Journal of Surgery Case Reports* 7: 109–111.
- Gierliński G. D. et al. 2017: Possible hominin footprints from the late Miocene (c. 5.7 Ma) of Crete? *Proceedings of the Geologists' Association* 128: 697–710.
- Gilbert M. T. P. et al. 2008: DNA from Pre-Clovis Human Coprolites in Oregon, North America. *Science* 320: 786–789.
- Gokhman D. et al. 2019: Reconstructing Denisovan Anatomy Using DNA Methylation Maps. *Cell* 179: 180–192.
- Grasgruber P. – Hrazdíra E. 2013: Anthropometric characteristics of the young Czech population and their relationship to the national sports potential. *Journal of Human Sport and Exercise* 8: 120–134.
- Green R. E. et al. 2008: A complete Neanderthal mitochondrial genome sequence determined by high-throughput sequencing. *Cell* 134: 416–426.
- Green R. E. et al. 2010: A Draft Sequence of the Neandertal Genome. *Science* 328: 710–722.
- Grünberg J. M. 1999: Untersuchung der mittelpaläolitischen „Harzreste“ von Königsau, Ldkr. Aschersleben-Staßfurt. *Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte* 81: 7–38.
- Hagelberg E. – Sykes B. 1989: Ancient bone DNA amplified. *Nature* 342: 485.
- Hagelberg E. – Hofreiter M. – Keyser Ch. 2015: Ancient DNA: the first three decades. *Philosophical transactions of the Royal Society B* 370: 20130371.

- Hajniš K. – Petrásek R. 2001: Body mass index of Czech and Slovak children and its secular trend. *Anthropologie* 39: 243–251.
- Hall J. *et al.* 2007: *Handbook of Physical Measurements*. 2nd edition. Oxford: University Press. ISBN 0-19-530149-6.
- Hanihara T. – Ishida H. 2001: Os inca: variation in frequency in major human population groups. *Journal of Anatomy* 198: 137–152.
- Harbeck M. *et al.* 2013: *Yersinia pestis* DNA from Skeletal Remains from the 6<sup>th</sup> Century AD Reveals Insights into Justinianic Plague. *PLoS Pathogens* 9: e1003349.
- Hardy K. *et al.* 2012: Neanderthal medics? Evidence for food, cooking, and medicinal plants entrapped in dental calculus. *Naturwissenschaften* 99: 617–626.
- Hardy K. *et al.* 2015: Dental calculus reveals potential respiratory irritants and ingestion of essential plant-based nutrients at Lower Palaeolithic Qesem Cave Israel. *Quaternary International* 398: 129–135.
- Hardy K. *et al.* 2016: Diet and environment 1.2 million years ago revealed through analysis of dental calculus from Europe's oldest hominin at Sima del Elefante, Spain. *The Science of Nature* 104: 2.
- Heaf J. G. 2007: The origin of the 1.73-m<sup>2</sup> body surface area normalization: problems and implications. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 27: 135–137.
- Henry A. G. – Brooks A. S. – Piperno D. R. 2011: Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar III, Iraq; Spy I and II, Belgium). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108: 486–491.
- Henry A. G. *et al.* 2012: The diet of *Australopithecus sediba*. *Nature* 487: 90–93.
- Henton E. *et al.* 2018: The Seasonal Mobility of Prehistoric Gazelle Herds in the Azraq Basin, Jordan: Modelling Alternative Strategies Using Stable Isotopes. *Environmental Archaeology* 23: 187–199.
- Higuchi R. *et al.* 1984: DNA sequences from the quagga, an extinct member of the horse family. *Nature* 312: 282–284.
- Hockett B. – Palus E. 2018: A Brief History and Perspective on Spirit Cave, Nevada. *PaleoAmerica* 4: 1–7.
- Holliday V. T. – Gartner W. G. 2007: Methods of soil P analysis in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 34: 301–333.
- Hopley P. J. *et al.* 2013: Brief Communication: Beyond the South African cave paradigm—*Australopithecus africanus* from Plio-Pleistocene paleosol deposits at Taung. *American Journal of Physical Anthropology* 151: 316–324.
- Horáková J. 2017: *Vliv klimatických podmínek na rozklad těl obratlovců v zimních měsících*. Nepublikovaná diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita.
- Hrdlička A. 1920: *Anthropometry*. Philadelphia: The Wistar Institute of Anatomy and Biology.
- Hu. Q. – Wang Y. – Xu Y. 2022: The Maintenance of Celestial Burial in Ngari Tibetan Area: Theoretical Debates and the Interview Study. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research* 638: 407–413.
- Hudák R. *et al.* 2017: *Memorix anatomie*. Praha: Triton. ISBN 978-80-7553-420-0.
- Huerta-Sánchez E. *et al.* 2014: Altitude adaptation in Tibet caused by introgression of Denisovan-like DNA. *Nature* 512: 194–197.
- Chapman H. *et al.* 2020: Bog Bodies in Context: Developin a Best Practice Approach. *European Journal of Archaeology* 23: 227–249.
- Chen F. *et al.* 2019: A late Middle Pleistocene Denisovan mandible from the Tibetan Plateau. *Nature* 569: 409–412.
- d'Incau E. – Couture Ch. – Maureille B. 2012: Human tooth wear in the past and the present: Tribological mechanisms, scoring systems, dental and skeletal compensations. *Archives of Oral Biology* 57: 214–229.
- Iwamura E. S. M. – Soares-Vieira A. S. – Muñoz D. R. 2004: Human identification and analysis of DNA in bones. *Revista do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo* 59: 383–388.
- Jans M. M. E. *et al.* 2002: *In situ* preservation of archaeological bone: A histological study within a multidisciplinary approach. *Archaeometry* 44: 343–352.
- Jantz R. L. – Owsley D. W. 1997: Pathology, Taphonomy, and Cranial Morphometrics of the Spirit Cave Mummy. *Nevada Historical Quarterly* 40: 62–84.
- Jarošová I. 2007: Dental Buccal Microwear of the Medieval Population from Dolní Věstonice, Czech republic. *Anthropologie* 55: 71–80.
- Jarošová I. – Drozdová E. 2007: Rekonstrukce stravy pomocí dentálních mikroabrazí u obyvatel z Pohanska – Jižního předhradí. *Ve službách archeologie* 2/07: 84–93.
- Jesper H. *et al.* 2017: The Maglemosian skeleton from Koelbjerg, Denmark revisited: identifying sex and provenance. *Danish Journal of Archaeology* 6: 50–66.
- Jin Y. – Yip H.-K. 2002: Supragingival calculus: formation and control. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* 13: 426–441.
- Jones J. *et al.* 2014: Evidence for Prehistoric Origins of Egyptian Mummification in Late Neolithic Burials. *PLoS ONE* 9: e103608.
- Jorde L. B. – Bamshad M. – Rogers A. R. 1998: Using mitochondrial and nuclear DNA markers to reconstruct human evolution. *BioEssays* 20: 126–136.
- Joseph I. *et al.* 2011: The use of insects in forensic investigations: An overview on the scope of forensic entomology. *Journal of Dental Forensic Sciences* 3: 89–91.
- Jungerová J. 2010: *Metody výzkumu migrací historických populací na základě jejich kosterních pozůstatků*. Nepublikovaná bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Juřicová L. 2019: *Svalový test: historie až současnost*. Nepublikovaná bakalářská práce. Olomouc: Univerzita Palackého.

- Keller M. et al. 2019:** Ancient *Yersinia pestis* genomes from across Western Europe reveal early diversification during the First Pandemic (541–750). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116: 12363–12372.
- Keeling R. – Berger L. R. 2013:** Potential soft organic tissue preserved in association with the Australopithecus sediba fossils from Malapa cave site, South Africa. In: *Program of the 82<sup>nd</sup> Annual Meeting of the American Association of Physical Anthropologists*: 163–164.
- Kim J. Y. et al. 2008:** Hominid Ichnology. Tracking Our Own Origins. *Ichnos* 15: 103–105.
- Klepinger L. L. 2006:** *Fundamentals of Forensic Anthropology*. Hoboken (New Jersey): John Wiley & Sons, Inc.
- Kling D. 2019:** On the use of dense sets of SNP markers and their potential in relationship inference. *Forensic Science International: Genetics* 39: 19–31.
- Kirner D. L. et al. 1997:** Dating the Spirit Cave mummy. The Value of Reexamination. *Nevada Historical Quarterly* 40: 54–56.
- Kirscher U. et al. 2021:** Age constraints for the Trachilos footprints from Crete. *Scientific Reports* 11: 19427.
- Kopecký M. – Krejčovský L. – Švarc M. 2013:** *Antropometrický instrumentář a metodika měření antropometrických parametrů*. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 978-80-244-3613-5.
- Kopecký M. – Kikalová K. – Charamza J. 2016:** Sekulární trend v tělesné výšce a hmotnosti dospělé populace v České republice. *Časopis lékařů českých* 155: 357–364.
- Kovačiková L. – Brůžek J. 2008:** Stabilní izotopy a bioarcheologie – výživa a sledování migrací v populacích minulosti (1). *Živa* 1/2008: 42–45.
- Kovačiková L. – Brůžek J. 2008:** Stabilní izotopy a bioarcheologie – výživa a sledování migrací v populacích minulosti (2). *Živa* 2/2008: 87–90.
- Knußmann R. 1988:** *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*. Jena, New York, Stuttgart: Gustav Fischer.
- Kovačovicová K. 2010:** *Využití genetických metod při určování příbuznosti u příslušníků historických populací*. Nepublikovaná bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Krause J. et al. 2010:** The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia. *Nature* 464: 894–987.
- Králík M. – Novotný V. – Oliva M. 2002:** Fingerprint on the Venus of Dolní Věstonice I. *Anthropologie* 40: 107–113.
- Králík M. – Novotný V. 2003:** Epidermal ridge breadth: An indicator of age and sex in paleodermatoglyphics. *Variability and Evolution* 11: 5–30.
- Králík M. – Novotný V. 2005:** Dermatoglyphics of ancient ceramics. In: Svoboda J. (ed.): *Pavlov I – Southeast. A window into the Gravettian lifestyles*. Brno: Archeologický ústav AV ČR. Dolnověstonické studie 14: 449–497.
- Králík M. – Nejman L. 2007:** Fingerprints on artifacts and historical items: examples and comments. *Journal of Ancient Fingerprints* 1: 4–15.
- Kutschera W. – Rom W. 2000:** Ötzi, the prehistoric Iceman. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 164–165: 12–22.
- Kvítková D. 2010:** *Analýza aDNA ze zubů a kosterního materiálu s využitím miniSTR lokusů*. Nepublikovaná diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova.
- Lalueza C. – Pérez-Perez A. – Turbón D. 1996:** Dietary inferences through buccal microwear analysis of Middle and Upper Pleistocene human fossils. *American Journal of Physical Anthropology* 100: 367–387.
- Lazer E. et al. 2020:** Inside the casts of the pompeian victims: results from the first season of the Pompeii část project in 2015. *Papers of the British School at Rome* 89: 1–36.
- Lee J.-Y. – Choi J.-W. – Kim H. 2008:** Determination of Body Surface Area and Formulas to Estimate Body Surface Area Using the Alginate Method. *Journal of Physiological Anthropology* 27: 71–82.
- Li S. – Cao Y. – Geng F. 2017:** Genome-Wide Identification and Comparative Analysis of Albumin Family in Vertebrates. *Evolutionary Bioinformatics* 13: 1176934317716089.
- Lipoldová M. et al. 2020:** Secular Trends of Adult Population and Their Impacts in Industrial Design and Ergonomics. *Applied Sciences* 10: 7656.
- Lou H. et al. 2015:** A 3.4-kb Copy-Number Deletion near EPAS1 Is Significantly Enriched in High-Altitude Tibetans but Absent from the Denisovan Sequence. *The American Journal of Human Genetics* 97: 54–66.
- Lovejoy C. O. 1985:** Dental Wear in Libben Population: Its Pattern and Role in the Determination of Adult Skeletal Age at Death. *American Journal of Physical Anthropology* 68: 47–56.
- Lowenstein J. M. 1981:** Immunological reactions from fossil material. Immunological methods in molecular palaeontology. *Philosophical transactions of the Royal Society B* 292: 143–149.
- Lowenstein J. M. – Scheuenstuhl G. 1991:** Immunological methods in molecular palaeontology. *Philosophical transactions of the Royal Society B* 333: 375–380.
- Lozano M. et al. 2008:** Non-masticatory uses of anterior teeth of Sima de los Huesos individuals (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution* 55: 713–728.
- Ložek V. 2010:** Bioarcheologie, nový obor na pomezí přírodních a historických věd. *Vesmír* 89: 64–65.
- Lugli G. A. et al. 2017:** Ancient bacteria of the Ötzi's microbiome: a genomic tale from the Copper Age. *Microbiome* 5: 5.
- de Lumley M. A. – Lamy P. – Mafart B. 2011:** Une empreinte de pied humain acheuléen dans la dune littorale du site de Terra Amata. Ensemble stratigraphique C1b. In: de Lumley H. (ed.): *Terra Amata: Nice, Alpes-Maritimes, France, Vol. 2: Palynologie, anthracologie, faunes, mollusques, écologie et biogéomorphologie, paléanthropologie, empreinte de pied humain, coprolithes*, CNRS: 483–507.
- Lundy J. K. et al. 1998:** Forensic Anthropology: What Bones Can Tell Us. *Laboratory Medicine* 29: 423–427.

- Macho G. A. – Shimizu D. 2009:** Dietary adaptations of South African australopiths: inference from enamel prism attitude. *Journal of Human Evolution* 57: 241–247.
- Macho G. A. – Shimizu D. 2010:** Kinematic parameters inferred from enamel microstructure: new insights into the diet of *Australopithecus anamensis*. *Journal of Human Evolution* 58: 23–32.
- Macholán M. 2014:** Paleogenetika člověka – způsobí analýza archaické DNA revoluci v pohledu na lidskou evoluci? *Živa* 2/2014: 53–56.
- Machová J. 2019:** *Biologie člověka pro učitele*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-3357-2.
- MaMing R. et al. 2016:** Vultures and sky burials on the Qinghai-Tibet Plateau. *Vulture News* 71: 22–35.
- Martin R. 1914:** *Lehrbuch der Anthropologie*. Jena: Gustav Fischer.
- Masao F. T. et al. 2016:** New footprints from Laetoli (Tanzania) provide evidence for marked body size variation in early hominins. *eLife* 5: e19568.
- Masnicová S. – Hanulík M. 1999:** Paleoserological Study of Human Bone Remains from the Devín-Castle Site (Slovakia). *Anthropologie* 37: 191–194.
- Matiegka J. 1927:** *Somatologie školní mládeže. Somatology of schoolchildren*. Praha.
- Mayoral E. et al. 2022:** New dating of the Matalascañas footprints provides new evidence of the Middle Pleistocene (MIS 9-8) hominin paleoecology in southern Europe. *Scientific Reports* 12: 17505.
- McNutt E. J. et al. 2021:** Footprint evidence of early hominin locomotor diversity at Laetoli, Tanzania. *Nature* 600: 468–471.
- Meier R. J. 1980:** Anthropological Dermatoglyphics. A Review. *Yearbook of Physical Anthropology* 23: 147–178.
- Meyer M. et al. 2014:** A mitochondrial genome sequence of a hominin from Sima de los Huesos. *Nature* 505: 403–406.
- Meyer M. et al. 2016:** Nuclear DNA sequences from the Middle Pleistocene Sima de los Huesos hominins. *Nature* 531: 504–507.
- Mik P. 2014:** *Periostální stopy diagenetických procesů hutné kostní tkáně: kvantifikace zachovalosti povrchu kostí záprstních a nártních*. Nepublikovaná diplomová práce. Plzeň: Západočeská univerzita.
- Mikuláš R. 2021:** *Ichnofosilie*. Academia Praha.
- Mitchell P. D. et al. 2022:** Intestinal parasites in the Neolithic population who built Stonehenge (Durrington Walls, 2500 BCE). *Parasitology* 149: 1027–1033.
- Molleson T. I. – Cox M. 1990:** Secular variation in cranial shape of 18th century Londoners. A note on the findings from Christ Church Spitalfields. *Sborník Národního muzea v Praze, řada B*, 46: 189.
- Morales A. – Aguilera G. – Krause D. 2020:** Lithopedion: An unusual cause of an abdominal calcified mass. *Indian Journal of Radiology and Imaging* 30: 244–245.
- Munksgaard E. 1984:** Bog Bodies – a brief Survey of Interpretations. *Journal of Danish Archaeology* 3: 120–123.
- Nielsen B. H. – Christensen T. – Frei K. M. 2020:** New insights from forgotten bog bodies: The potential of bog skeletons for investigating the phenomenon of deposition of human remains in bogs during prehistory. *Journal of Archaeological Science* 120: 105166.
- Nielsen N. H. et al. 2018:** Diet and Radiocarbon Dating of Tollund Man: New Analyses of an Iron Age Bog Body from Denmark. *Radiocarbon* 60: 1533–1545.
- Nielsen N. H. et al. 2021:** The last meal of Tollund Man: new analyses of his gut content. *Antiquity* 95: 1195–1212.
- Nodari N. – Drancourt M. – Barbieri R. 2021:** Paleomicrobiology of the human digestive tract: A review. *Microbial Pathogenesis* 157: 104972.
- Novotná K. 2018:** *Metody analýzy historického lidského metagenomu*. Nepublikovaná bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Novotný V. 1985:** Determination of sex from the talus and calcaneus. *Scripta Medica* Brno 58: 437.
- Novotný V. 1986:** Sex Determination of the Pelvis Bone: A Systems Approach. *Anthropologie* 24: 197–206.
- Novotný V. – Iscan M. Y. 1991:** Sex determination from the skull using morphoscopic and morphometric characteristic. In: Iscan M. Y. – Helmer R. P. (eds.): *Craniofacial Identification*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Nývtová-Fišáková M. 2008:** Nález lidských pozůstatků z hradiska v Chotěbuzi-Podoboře. *Těšínsko* 51: 1–4.
- Onac B. P. et al. 2005:** U-Th ages constraining the Neanderthal footprint at Vârtope Cave, Romania. *Quaternary Science Reviews* 24: 1151–1157.
- Ovesná P. 2012:** *Stanovení a počítačové hodnocení skupinových vlastností ABO systému v kostních tkáních*. Nepublikovaná disertační práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Özdemir K. – Akyol A. A. – Erdal Y. S. 2015:** A Case of Ancient Bladder Stones from Oluz Höyük, Amasya, Turkey. *International Journal of Osteoarchaeology* 25: 827–837.
- Pääbo S. 1985:** Molecular cloning of Ancient Egyptian mummy DNA. *Nature* 314: 644–645.
- Pääbo S. – Gifford J. A. – Wilson A. C. 1988:** Mitochondrial DNA sequences from a 7000-year old brain. *Nucleic Acids Research* 16: 9775–9787.
- Painter T. J. 1991:** Lindow Man, Tollund Man and Other Peat-Bog Bodies: The Preservative and Antimicrobial Action of Sphagnum, a Reactive Glycuronoglycan with Tanning and Sequestering Properties. *Carbohydrate Polymers* 15: 123–142.
- Panarello A. et al. 2020:** On the devil's tracks: unexpected news from the Foresta ichnosite (Roccamonfina volcano, central Italy). *Journal of Quaternary Science* 35: 444–456.
- Paoli G. et al. 1992:** Paleoserology of the Sayala Cemeteries. Comparisons among Techniques, Laboratories and Substrata. *Anthropologie* 30: 89–93.



- Pap I. et al. 1995:** First Scanning electron microscope analysis of dental calculus from European Neanderthals: Subalyuk, (Middle Paleolithic, Hungary). Preliminary report. *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris* 7: 69–72.
- Parmová K. 2007:** *Určování krevních skupin u historického kosterního materiálu*. Nepublikovaná bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Pemmer B. et al. 2013:** Spatial distribution of the trace elements zinc, strontium and lead in human bone tissue. *Bone* 57: 184–193.
- Pérez-Pérez A. et al. 2003:** Non-occlusal dental microwear variability in a sample of Middle and Late Pleistocene human populations from Europe and the Near East. *Journal of Human Evolution* 44: 497–513.
- Pešek A. 2010:** *Aplikace metod geometrické morfometrie v antropologii*. Nepublikovaná bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova.
- Peška J. – Králík M. – Selucká A. 2006:** Rezidua a otisky organických látek v korozních produktech mědi a jejich slitin. Pilotní studie. *Památky archeologické* 47: 5–46.
- Peterson M. – Warf B. C. – Schiff S. J. 2018:** Normative human brain volume growth. *Journal of Neurosurgery Pediatrics* 21: 478–485. *Radiocarbon* 63: 265–299.
- Peyroteo-Stjerna R. 2021:** Chronology of the burial activity of the last hunter-gatherers in the southwestern Iberian Peninsula, Portugal.
- Peyroteo-Stjerna R. et al. 2022:** Mummification in the Mesolithic: New Approaches to Old Photo Documentation Reveal Previously Unknown Mortuary Practices in the Sado Valley, Portugal. *European Journal of Archaeology* 25: 309–330.
- Pfaffelhuber P. et al. 2020:** How to choose sets of ancestry informative markers: A supervised feature selection approach. *Forensic Science International: Genetics* 46: 102259.
- Pheasant S. – Haslegrave Ch. M. 2005:** *Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*. 3rd edition. London, Philadelphia, London: Taylor & Francis. ISBN 978-1-4987-8594-5.
- Philips A. et al. 2020:** Analysis of oral microbiome from fossil human remains revealed the significant differences in virulence factors of modern and ancient *Tannerella forsythia*. *BMC Genomics* 21: 402.
- Pospíšil M. F. 1974:** *Základy dermatoglyfiky*. Bratislava: Univerzita Komenského.
- Preedy V. R. 2012:** *Handbook of Anthropometry. Physical Measures of Human Form in Health and Disease*. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.
- Prokeš L. 2007:** Posmrtné změny a jejich význam při interpretaci pohřebního ritu (ke vztahu mezi archeologií a forenzními vědami). *Archaeologia mediaevalis Moravia et Silesiana. Supplementum 1*. ÚAM FF MU Brno.
- Prüfer K. et al. 2021:** A genome sequence from a modern human skull over 45,000 years old from Zlatý kůň in Czechia. *Nature Ecology & Evolution* 5: 820–825.
- Příborská S. 2010:** *Současný somatický vývoj českých dětí*. Nepublikovaná bakalářská práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Radini A. et al. 2016:** Neanderthals, trees and dental calculus: new evidence from El Sidrón. *Antiquity* 90: 290–301.
- Ratajová M. 2018:** *Alphonse Bertillon – život, dílo, přínos pro kriminalistiku*. Nepublikovaná bakalářská práce. Praha: Vysoká škola finanční a správní.
- Redlarski G. et al. 2016:** A Conception of Pairwise Comparisons Model for Selection of Appropriate Body Surface Area Calculation Formula. In: Ganzha M. – Maciaszek L. – Paprzycki M. (eds.): *Proceedings of the 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems*: 303–308.
- Reinhard K. J. – Bryant V. M. 1992:** Coprolite Analysis: A Biological Perspective on Archaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory* 4: 245–288.
- Richards M. P. et al. 2008:** Isotopic dietary analysis of a Neanderthal and associated fauna from the site of Jonzac (Charente-Maritime), France. *Journal of Human Evolution* 55: 179–185.
- Richards M. P. – Trinkaus E. 2009:** Isotopic evidence for the diets of European Neanderthals and early modern humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 16034–16039.
- Rivera-Perez J. I. – Santiago-Rodriguez T. M. – Toranzos G. A. 2016:** Paleomicrobiology: a Snapshot of Ancient Microbes and Approaches to Forensic Microbiology. *Microbiology Spectrum* 4: 10.1128/microbiolspec.EMF-0006-2015.
- Rogol A. D. – Roemmich J. N. – Clark P. A. 2002:** Growth at Puberty. *Journal of Adolescent Health* 31: 192–200.
- Rollo F. – Amici A. – Salvi R. 1988:** Short but faithful pieces of ancient DNA. *Nature* 335: 774.
- Rollo F. et al. 2002:** Ötzi's last meals: DNA analysis of the intestinal content of the Neolithic glacier mummy from the Alps. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 12594–12599.
- Rothschild B. M. – Rothschild Ch. – Bement L. C. 1993:** Three-millennium antiquity of the lithokelyphos variety of lithopedion. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 169: 140–141.
- Ryan H. et al. 2022:** Reconstructing the history of helminth prevalence in the UK. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 16: e0010312.
- Sardar M. A. et al. 2021:** A Comprehensive Overview of Forensic Entomology. *International Journal of Ethics, Trauma & Victimology* 7: 19–28.
- Sarich V. M. – Wilson A. C. 1967:** Immunological Time Scale for Hominid Evolution. *Science* 158: 1200–1203.
- Sawafuji R. et al. 2017:** Proteomic profiling of archaeological human bone. *Royal Society Open Science* 4: 161004.
- Sekajová Z. 2016:** *Sekulární trend ve věku menarche*. Nepublikovaná diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Seidler H. et al. 1992:** Some Anthropological Aspects of the Prehistoric Tyrolean Ice Man. *Science* 258: 455–457.

- Semera L. 2015:** *Daktyloskopie – historie, současnost a budoucnost*. Nepublikovaná diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova.
- Sepúlveda M. et al. 2014:** Study of color pigments associated to archaic chinchorro mummies and grave goods in Northern Chile (7000–3500 B.P.). *Heritage Science* 2: 7.
- Shank C. H. 2019:** Sky Burials: Ecological Necessity or Religious Custom? *Relics, Remnants, and Religion: An Undergraduate Journal in Religious Studies* 4: 7.
- Shillito L.-M. et al. 2020:** The what, how and why of archaeological coprolite analysis. *Earth-Science Reviews* 207: 103196.
- Schäfer A. T. 2000:** Colour measurements of pallor mortis. *International Journal of Legal Medicine* 113: 81–83.
- Scheuer L. – Black S. 2000:** *Developmental juvenile osteology*. Academic Press, San Diego, New York, Tokyo.
- Sistiaga A. et al. 2014:** The Neanderthal Meal. A New Perspective Using Faecal Biomarkers. *PLoS ONE* 9: e101045.
- Sjøvold T. 1990:** Estimation of Stature from Long Bones Utilising the Line of Organic Correlation. *Human Evolution* 5: 431–447.
- Slon V. et al. 2017:** Neandertal and Denisovan DNA from Pleistocene sediments. *Science* 356: 605–608.
- Soukup V. 2004:** Dějiny antropologie. Encyklopedický přehled dějin fyzické antropologie, paleoantropologie, sociální a kulturní antropologie. Praha: Karolinum. ISBN 80-246-0337-3.
- Stloukal M. et al. 1999:** *Antropologie. Příručka pro studium kostry*. Praha: Národní muzeum. ISBN 80-7036-101-8.
- Stojanowski Ch. M. – Seidemann R. M. – Doran G. H. 2002:** Differential Skeletal Preservation at Windover Pond: Causes and Consequences. *American Journal of Physical Anthropology* 1119: 15–26.
- Surowiec R. K. – Allen M. R. – Wallace J. M. 2022:** Bone hydration: How we can evaluate it, what can it tell us, and is it an effective therapeutic target? *Bone Reports* 16: 101161.
- Sykes B. 2004:** *Sedm dcer Eviných*. Praha.
- Šefčáková A. 2007:** Pleistocénné antropologické nálezy z územia Slovenska. *Acta Rerum Naturalium Musei Nationalis Slovaci* 53: 26–45.
- Šišková J. 2010:** *Pojem a podstata daktyloskopie*. Nepublikovaná diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova.
- Štefan J. et al. 2012:** *Soudní lékařství a jeho moderní trendy*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3594-8.
- Švihlíková Poláčková P. – Moslerová V. – Koťová M. 2019:** 3D Morfometrie obličejů u pacientů s okulo-aurikulo-vertebrálním spektrem. *Česká stomatologie a praktické zubní lékařství* 119: 48–56.
- Teaford M. F. – Ungar P. S. 2000:** Diet and the evolution of the earliest human ancestors. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97: 13506–13511.
- Torres J. M. et al. 2022:** Twentieth-Century Paleoproteomics: Lessons from Venta Micena Fossils. *Biology* 11: 1184.
- Ubelaker D. H. 1999:** *Human skeletal remains. Excavation, analysis, interpretation*. 3rd edition. Manuals on archeology 2. Washington: Taraxacum.
- Underhill P. A. et al. 2000:** Y chromosome sequence variation and the history of human populations. *Nature Genetics* 26: 358–361.
- Underhill P. A. – Kivisild T. 2007:** Use of Y Chromosome and Mitochondrial DNA Population Structure in Tracing Human Migrations. *Annual Review of Genetics* 41: 539–64.
- Urbanová P. – Králík M. 2009:** Kvantitativní popis tvaru pomocí metod geometrické morfometrie. In: Svoboda J. A.: *Čas lovců: Aktualizované dějiny paleolitu*: 277–290.
- Urbanová P. 2010:** *Využití metod geometrické morfometrie v biologii člověka a přidružených oborech*. Nepublikovaná habilitační práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Usai D. et al. 2017:** Late Pleistocene/Early Holocene Evidence of Prostatic Stones at Al Khiday Cemetery, Central Sudan. *PLoS ONE* 12: e0169524.
- Velek L. 2007:** Ke dvěma výročí lékaře, biologa, nakladatele a politika Eduarda Grégra. *Živa* 4/2007: 146–147.
- Vernot B. et al. 2016:** Excavating Neandertal and Denisovan DNA from the genomes of Melanesian individuals. *Science* 352: 235–249.
- Vignerová J. et al. 2006:** *6. celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001. Česká republika. Souhrnné výsledky*. Praha.
- Vignerová J. – Brabec M. – Bláha P. 2006:** Two centuries of growth among Czech children and youth. *Economics and Human Biology* 4: 237–252.
- Vondráková M. 1990:** Absolute and relative skull length in the populations of the Early Middle Ages. *Sborník Národního muzea v Praze, řada B*, 46: 221–226.
- Wadsworth C. – Buckley M. 2014:** Proteome degradation in fossils: investigating the longevity of protein survival in ancient bone. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 28: 605–615.
- Walek Z. 2010:** *Genetické určení pohlaví u nedospělců s pohlavně rozlišitelnou hřbovou výbavou*. Nepublikovaná diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Warinner Ch. et al. 2014:** Pathogens and host immunity in the ancient human oral cavity. *Nature Genetics* 46: 336–344.
- Welker F. et al. 2016:** Palaeoproteomic evidence identifies archaic hominins associated with the Châtelperronian at the Grotte du Renne. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113: 11162–11167.

- Welker F. 2018:** Palaeoproteomics for human evolution studies. *Quaternary Science Reviews* 190: 137–147.
- Welker F. et al. 2020:** The dental proteome of *Homo antecessor*. *Nature* 580: 235–238.
- Wells S. 2005:** *Adam a jeho rod: genetická odysea člověka*. Praha.
- Weyrich L. S. et al. 2017:** Neanderthal behaviour, diet, and disease inferred from ancient DNA in dental calculus. *Nature* 544: 357–361.
- Wilson A. C. – Sarich V. M. 1969:** A Molecular Time Scale for Human Evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 63: 1088–1093.
- Witchel S. F. – Topaloglu A. K. 2019:** Puberty: Gonadarche and Adrenarche. In: Strauss J. F. III – Barbieri R. L. – Gargiulo A. R. (eds.): *Yen & Jaffe's Reproductive Endocrinology*: 394–446e.16.
- Wu X.-J. et al 2022:** Evolution of cranial capacity revisited: A view from the late Middle Pleistocene cranium from Xujiayao, China. *Journal of Human Evolution* 163: 103119.
- Zeman T. – Králík M. 2012:** Historický přehled principů tvorby metod pro odhad výšky postavy člověka na základě skeletu. *Anthropologia integra* 3: 7–22.
- Zemková D. – Šnajderová M. 2009:** Puberta v ambulanci pediatra. *Pediatric pro praxi* 10: 289–293.
- Zhang Q. et al. 2020:** Pairwise kinship testing with a combination of STR and SNP loci. *Forensic Science International: Genetics* 46: 102265.
- Zhang D. et al. 2020:** Denisovan DNA in Late Pleistocene sediments from Baishiya Karst Cave on the Tibetan Plateau. *Science* 370: 584–587.
- Zhang D. D. et al. 2021:** Earliest parietal art: hominin hand and foot traces from the middle Pleistocene of Tibet. *Science Bulletin* 66: 2506–2515.
- Zvelebil M. – Pettitt P. 2013:** Biosocial archaeology of the Early Neolithic: Synthetic analyses of a human skeletal population from the LBK cemetery of Vedrovice, Czech Republic. *Journal of Anthropological Archaeology* 32: 313–329.