

**Západočeská univerzita v Plzni**  
**Fakulta filozofická**

**Diplomová práce**

**Periostální stopy diagenetických procesů hutné  
kostní tkáně: kvantifikace zachovalosti povrchu  
kostí záprstních a nártních**  
**Patrik Mik**

**Západočeská univerzita v Plzni**

**Fakulta filozofická**

Katedra antropologie

**Studijní program Antropologie**

**Studijní obor Antropologie populací minulosti**

**Diplomová práce**

**Periostální stopy diagenetických procesů hutné  
kostní tkáně: kvantifikace zachovalosti povrchu  
kostí záprstních a nártních**

**Patrik Mik**

*Vedoucí práce:*

doc. Mgr. Vladimír Sládek, Ph.D.

Katedra antropologie a genetiky člověka

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Plzeň 2014

### Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Mgr. Vladimíru Sládkovi, Ph.D. za pomoc, velkou trpělivost a cenné rady při psaní této práce. Dále děkuji Mgr. Elišce Schuplerové za pomoc při optimalizaci metody. Rovněž děkuji doc. MUDr. Mgr. Zbyňku Tonarovi, Ph.D. A také pedagogům oboru Antropologie populací minulosti za spoustu cenných rad velkou podporu.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CÍLE.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>MATERIÁL.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>LOKALITA „U ZVONU“ .....</b>	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>Tafonomicky relevantní historický vývoj lokality .....</b>	<b>9</b>
4.1.1	Války .....	13
4.1.2	Povodně .....	16
4.1.3	Poznámka o požárech .....	16
<b>4.2</b>	<b>Archeologické výzkumy .....</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>TAFONOMIE STŘEDOVĚKÉHO A RANĚ NOVOVĚKÉHO POHŘBU</b>	<b>21</b>
<b>5.1</b>	<b>Křesťanský pohřeb.....</b>	<b>21</b>
<b>5.2</b>	<b>Pohřeb ve středověku a raném novověku .....</b>	<b>22</b>
5.2.1	Války a epidemie .....	24
5.2.2	Oděv a obuv .....	25
5.2.3	Hrobový inventář .....	26
<b>5.3</b>	<b>Přeměny lidských ostatků .....</b>	<b>27</b>
5.3.1	Rozklad.....	28
5.3.2	Skeletonizace.....	30
5.3.3	Součinnost změn povrchu kosti s diagenetickými proměnami hutné kostní tkáně .....	31
<b>6</b>	<b>METODY.....</b>	<b>36</b>
<b>6.1</b>	<b>Hodnocení zachovalosti povrchu kosti.....</b>	<b>36</b>
6.1.1	Stupeň zvětrání (Behrensmeier, 1978) .....	36
6.1.2	Odhalená trámčina konců kostí (Te) .....	38
6.1.3	Krakovitost periostu (Cq).....	38
6.1.4	Poróznost (Po).....	39
<b>6.2</b>	<b>Histologická analýza.....</b>	<b>41</b>
<b>6.3</b>	<b>Statistická analýza dat.....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY.....</b>	<b>45</b>
<b>7.1</b>	<b>Záprstní kosti .....</b>	<b>46</b>
7.1.1	Stupeň zvětrání .....	46
7.1.2	Odhalená trámčina konců kostí.....	50
	Odhalená trámčina na proximálním konci záprstních kostí.....	50



Odhalená trámčina na distálním konci záprstních kostí .....	55
7.1.3    Krackeláž .....	60
7.1.4    Porózita .....	65
Porózita ve 20 % délky kosti .....	65
Porózita ve 35 % délky kosti .....	69
Porózita v 50 % délky kosti .....	73
Porózita v 65 % délky kosti .....	77
Porózita v 80 % délky kosti .....	81
7.1.5    Testování hypotéz .....	85
<b>7.2    Nártní kosti.....</b>	<b>89</b>
7.2.1    Stupeň zvětrání .....	89
7.2.2    Odhalená trámčina konců kostí.....	93
Odhalená trámčina na proximálním konci nártních kostí .....	93
Odhalená trámčina na distálním konci záprstních kostí .....	98
7.2.3    Krackeláž .....	103
7.2.4    Porózita .....	107
Porózita ve 20 % délky kosti .....	107
Porózita ve 35 % délky kosti .....	111
Porózita v 50 % délky kosti .....	115
Porózita v 65 % délky kosti .....	119
Porózita v 80 % délky kosti .....	123
7.2.5    Testování hypotéz .....	127
<b>7.3    Testování rozdílů mezi záprstními a nártními kostmi .....</b>	<b>132</b>
<b>8    DISKUZE .....</b>	<b>139</b>
<b>9    ZÁVĚR.....</b>	<b>146</b>
<b>10    CITOVANÁ LITERATURA.....</b>	<b>149</b>
<b>11    RESUMÉ.....</b>	<b>157</b>

vynecháno záměrně

# 1 ÚVOD

Jedním ze zásadních zdrojů informací o životě minulých lidských populací jsou jejich kosterní pozůstatky (Unger, 2006). Kosterní pozůstatky jsou výsledkem složitých procesů odehrávajících se po smrti jedince (Forbes, 2008a) a identifikace těchto tafonomických procesů je klíčem k možné rekonstrukci způsobu života minulých lidských populací (Lyman, 1994 p. 5; Graham et Kay, 1988 in Lyman, 1994 pp. 5–6; Unger, 2006 pp. 16–17). Tafonomické procesy zkoumá tafonomie. Tafonomie je věda zabývající se zákony pohřbu, zkoumá přechod organismů z biosféry do litosféry nebo geologického záznamu (Efremov, 1940 in Lyman, 1994 p. 1). Tafonomie se snaží odhalit zkrslení mezi živou populací, jejími kulturními aktivitami a jejími kosterními pozůstatky (Hill, 1978 in Lyman, 1994 p. 515; Roksandic, 2001). Tafonomická analýza identifikuje anebo měří tafonomické stopy – *taphonomic effect or trace* – tedy statické výsledky dynamického chování – *taphonomic process* – tafonomických činitelů – *taphonomic agent* (Lyman, 1994 pp. 3–4). Tafonomické činitele můžeme rozdělit na tělu vnitřní a tělu vnější. Mezi vnitřní činitele řadíme způsob smrti, stav těla v době jeho smrti, věk, pohlaví, hmotnost, tělesné rozměry a patologie (Roksandic, 2001). Vnější činitele shrnují kulturní – uplynulý čas mezi smrtí a pohřbem, péče o mrtvého před pohřbem a pohřební prostředí (Garland et Janaway, 1987 in Roksandic, 2001) – a nekulturní činitele (Roksandic, 2001) – biotičtí a abiotičtí činitelé, jako mikroorganismy, vlhkost půdy, pH půdy, teplota apod.

Bezprostředně po smrti člověka v jeho těle probíhají posmrtné změny. Ty bychom mohly obecně charakterizovat jako postupný přechod látek z biosféry do litosféry (Sorg et Haglund, 2001). Proces aktivního rozkladu organické části lidského těla se nazývá dekompozice (Vass, 2001). Ta, v závislosti na okolních podmínkách, začíná přibližně 4 minuty po smrti jedince (Vass, 2001). Dekompozice může probíhat dvěma způsoby: bioticky – působením živých organismů (Mann et al., 1990; přehledně Lyman, 1994; Andrews, 1995; Haglund, 1997ab) či mikroorganismů (Child, 1995; Andrews, 1995; Bell et al., 1996; Jans et al., 2004; Dixon et al., 2008; Jans, 2008), a abioticky – vlivem okolních podmínek, výměnou iontů apod. (Behrensmeyer, 1978; Gordon et Buikstra, 1981; Cattaneo, 1995; Wright et Schwarz, 1996; Willey et al., 1997; Crowther, 2002; Hedges, 2002). Klíčovými faktory – zaměříme-li se na dekompozici pohřbených jedinců do země, jsou environmentální vlivy – především

vlastnosti půdy, teplota a přítomnost a množství podzemní vody, chemická eroze a bioeroze (Gordon et Buikstra, 1981; Mann et al., 1990; Vass, 2001; Crowther, 2002; Hedges, 2002; Jans et al., 2002; Carter et Tibbett, 2008; Dadour et Harvey, 2008; Forbes, 2008b; Hopkins, 2008; Janaway, 2008). Klíčovým destruktivním abiotickým procesem povrchu kosti je oddělování její organické složky od anorganické složky vlivem fyzikálních a chemických činitelů – zvětrávání (Behrensmeyer, 1978). Diplomová práce je v tomto ohledu zaměřena především na procesy probíhající v závěrečné fázi přeměny lidských ostatků – skeletonizace (Clark et al., 1997; Hopkins, 2008), což je především diagenese hutné kostní tkáně (Vass, 2001; Hedges, 2002; Jans, 2008), v porovnání se změnami probíhajícími na povrchu kosti (Behrensmeyer, 1978).

Jako zásadní diagenetické procesy kostní tkáně se jeví změna proporcionality kolagenu a anorganických komponent, restrukturalizace hutné kostní tkáně a zvyšování makroporozity kosti na úkor mikroporozity (Heges, 2002; Smith et al., 2007). Tyto procesy jsou jednak abiotické – rekrystalizace a jednak biotické – mikroskopická fokální destrukce (Hedges, 2002). Stopy biotické bioeroze sledoval např. Child (1995), který zkoumal charakteristické stopy bakteriální destrukce – lineární, lamelární longitudiální a pupenčitá mikroskopická fokální destrukce (Jans 2008). Jiné stopy zanechávají v příhodných podmínkách houby a sinice – Wedlovy tunely typu I (Hackett, 1981) a II (Trueman et Martill, 2002) a Hackettovy tunely (Davis, 1997).

Pro hodnocení zachovalosti povrchu kosti či celkové zachovalosti kostí či kostry (např. Behrensmeyer, 1978; Gordon, Buikstra, 1981; Waldron, 1987; Stojanowski et al., 2002; Bello et al., 2006) i hutné kostní tkáně – *Oxford histological index* (Hedges et Miliard, 1995; Guarino et al., 2006), *Cracking index* (Jans et al. 2004), Smith et al. (2007) a další výzkumy (např. Hackett, 1981; Piepenbrink, 1989; Child, 1995), existují různé stupnice zachovalosti povrchu kosti (zejm. Behrensmeyer, 1978), ovšem hodnocení zachovalosti povrchu kosti se na povrch kosti nezaměřuje jako na potenciální ukazatel diagenese hutné kostní tkáně. Novou kvantifikací zachovalosti povrchu kosti dosáhneme vytvoření ordinálních škál jednotlivých proměnných, které pak bude možno statisticky porovnat a dát do souvislosti s diagenetickými procesy hutné kostní tkáně.

Všechny doposud sledované tafonomické výzkumy, jak jsme uvedli, se věnují zachovalosti souboru koster či jednotlivých kostí (např. Waldron, 1987; Stojanowski, 2002), povrchu jednotlivých kostí (např. Behrensmeyer, 1978) i stavu hutné kostní tkáně (např. Jans et al., 2004). Okruh jedněch badatelů hodnotí především výslednou

zachovalost jedince či souboru jedinců, jejich prostorové horizontální a vertikální rozmístění a studuje faktory, které by mohly dosažené výsledky zkreslit, dále zkoumá jednotlivé kosti a na nich různé stopy po okusování, odírání, barevné změny, stopy po plísňích apod. (Lyman, 1994; Prokeš, 2007). Druhý okruh badatelů se dnes zabývá především studiem změn hutné kostní tkáně a jejich případnému vlivu na možnost extrakce klíčových látek či molekul – izotopové analýzy (např. Wright et Schwarz, 1996; Katzenberg, 2008), analýza mtDNA (např. Parsons et Weedn, 1997; Dixon et al., 2008), aDNA (např. Parsons et Weedn, 1997; Guarino et al., 2006) apod. Ovšem takové oddělení výzkumu s sebou nese zásadní potíž: analýza zachovalosti povrchu kosti už ze své podstaty vypovídá jen minimálně o stavu hutné kostní tkáně a na druhé straně analýza diagenese hutné kostní tkáně je destruktivní (Jans et al., 2002).

Tedy naopak, přihlédneme-li při hodnocení zachovalosti povrchu kosti jako možnému ukazateli stavu hutné kostní tkáně, budeme za statisticky signifikantních okolností schopni s jistou nadsázkou vytvořit nedestruktivní metodu hodnocení zachovalosti hutné kostní tkáně. Mikroskopická analýza diagenetických procesů hutné kostní tkáně a makroskopická analýza procesů probíhajících na povrchu kosti v kontextu dekompozice a kosterní biologie tak může přinést nové souvislosti, jejichž statistická analýza může vyústit v neinvazivní metodu odhadu diagenetických procesů hutné kostní tkáně. Výzkumy typu Willey et al. (1997), Gutierrez (2001) nebo Jans et al. (2002) sice svět povrchu kosti a svět hutné kostní tkáně do jisté míry propojují, ovšem v jiných intencích, než v této práci zamýšlíme.

vynecháno záměrně

## 2 CÍLE

Cílem diplomové práce je především vytvořit komplexní metodu hodnocení zachovalosti povrchu kosti, která by mohla reflektovat diagenetické změny probíhající v hutné kostní tkáni a pokusit se naměřené hodnoty změn povrchu kosti dát do kontextu posmrtných změn lidských ostatků a do potenciálních souvislostí se změnami v hutné kostní tkáni. Vzhledem k dostupnému materiálu a laboratorní technice je metoda hodnocení zachovalosti povrchu kosti optimalizována pro zápěstní kosti a nártní kosti.

vynecháno záměrně



### 3 MATERIÁL

K výzkumu jsme použily kosterní materiál z lokality „U Zvonu“ v Plzni. Materiál pochází ze záchranného archeologického výzkumu Galerie U Zvonu z let 2010–2011, který zaštitilo Západočeské muzeum v Plzni. Vedoucím výzkumu byl Mgr. Jiří Orna. Výzkum měl za cíl poznat historický vývoj dotčeného prostoru a výzkumu se měl účastnit fyzický antropolog (Orna, 2010).

Použitý materiál zahrnuje, s ohledem na časové možnosti a laboratorní techniku, 41 záprstních kostí a 32 nártních kostí. Jedná se o izolované kosti, tedy kosti, u nichž je výrazně snížena výpovědní hodnota vlivem tafonomických procesů. Všechny nártní kosti pocházejí z jedinců s přirostlými epifýzami, ze záprstních kostí pochází jediná kost z jedince s nepřirostlou distální epifýzou. V analýze byla ponechána především pro svůj možný potenciál odlišit diagenetické procesy od ontogenetických procesů v hutné kostní tkáni.

vynecháno záměrně

## 4 LOKALITA „U ZVONU“

Kosterní materiál pro výzkum pochází z lokality „U Zvonu“ (Obrázek 6), která leží východně od historického centra města Plzeň. Přesněji se jedná o pozemky parcel č. 454, 5296/2 – 5, 7, 8 k. ú. Plzeň (Orna, 2010). V těchto prostorách – historicky tzv. Špitálské či Pražské předměstí, se nacházel špitál sv. Máří Magdaleny se stejnojmenným kostelem, při němž stál hřbitov (Obrázek 1; Obrázek 2). Hřbitov spolu s okolím prošel za dobu své existence mnoha tafonomicky relevantními událostmi (Bělohlávek et al., 1965; Bělohlávek, 1997; Martinovský et al., 2004; Orna, 2010).

### 4.1 Tafonomicky relevantní historický vývoj lokality

Vznik a vývoj východního – Špitálského, předměstí je úzce svázán s rozvojem „Nového“ Plzně (Bělohlávek et al., 1965 p. 34). Nové město bylo založeno roku 1295 českým králem Václavem II. (Bělohlávek et al., 1965 pp. 35–36; Martinovský et al., 2004 p. 15) v oblasti soutoku čtyř řek ve středu Plzeňské pánve (Bělohlávek et al., 1965 p. 34; Obrázek 1). Tafonomické důsledky pro nás má tok především Radbuzy a Mže, které byly propojeny systémem dvou struh – plnily hospodářské i obranné funkce (Martinovský et al., 2004 p. 18). Špitálské předměstí bylo v podstatě opevněným ostrovem mezi těmito strouhami a řekami a od samotné Plzně je odděloval vodní příkop a příhradební čtvrt' Rybáře (Bělohlávek et al., 1965 p. 111; Bělohlávek, 1997 p. 9; Obrázek 1). Plzeň byla záhy po založení obehána kamennými hradbami, které byly ve čtyřech světových stranách přerušeny branami – na východ branou Pražskou doplněnou ještě dvěma malými brankami (Martinovský et al., 2004 p. 18). Plzeňská předměstí vznikala se založením města a tvořila úzký pás usedlostí – chalupy, dvory, stodoly i dílny řemeslníků pracujících zejm. s ohněm, koželuhů či smrd'ářů (Bělohlávek, 1997 pp. 9–10).

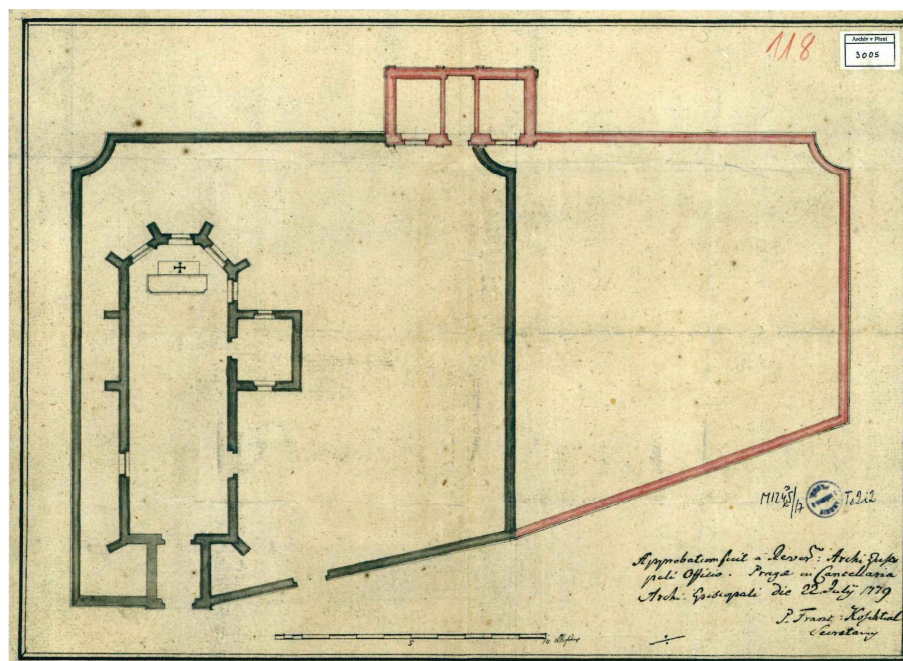
Na Špitálském předměstí byl někdy před 16. červnem roku 1320 plzeňským měšťanem Konrádem z Dobřan založen špitál sv. Máří Magdaleny s kostelem zasvěceným téže světici (Bělohlávek et al., 1965 p. 39; Martinovský et al., 2004 p. 21; Obrázek 1). Kostel byl poměrně malý, jednolodní. Spolu se špitálním areálem byl několikrát pobořen a opravován a přestavován – stavební zásahy jsou zaznamenány z let 1459, 1474, 1476, 1490 1495, 1500, 1501, 1503, 1504, 1505, 1507 a 1521 (Orna, 2010) a další ze 17. století, a nakonec zrušen a snesen za vlády Josefa II. ve druhé polovině 18.

století (Bělohlávek et al., 1965 p. 63). O špitál se od roku 1322 staral Řád německých rytířů až do roku 1546 (Bělohlávek et al., 1965 pp. 53–54). Pak obdrželi od Ferdinanda I. patronátní právo Plzeňští (Bělohlávek et al., 1965 p. 53). Ve špitále měli řeholníci podle berní knihy z roku 1418 zásoby – obilí, seno, dřevo, i hospodářské zvířectvo – 1 až 6 kusů dobytka, kolem 6 vepřů, 50 až 100 slepic, ovce, koně, husy (Bělohlávek et al., 1965 pp. 54–55). Datum založení hřbitova při špitálu se nepodařilo dohledat, avšak Orna (2010) předpokládá, že existoval již ve středověku. Součástí areálu špitálu byla i zahrada doložená k roku 1453 (Orna, 2010). Na Špitálském předměstí stály pravděpodobně i chalupy chudších obyvatel a mohla se zde nacházet také sladovna či pivovar (Bělohlávek et al., 1965 p. 45; Bělohlávek, 1997 p. 10). Špitálské předměstí bylo roku 1520 spojeno kamenným Pražským mostem přes mlýnskou strouhu s Pražským předměstím (Bělohlávek et al., 1965 p. 128; Martinovský et al., 2004 p. 52). Později jsou pak obě části nazývány Pražským předměstím (Martinovský et al., 2004 p. 52).



Obrázek 1. Plán Plzně kolem roku 1410 (Šimůnek, 2009 Mapa č. 57).

Areál špitálu byl zbořen během obléhání Plzně Mansfeldem roku 1618 (Bělohávek, 1997 p. 11; Obrázek 4). Obnovy se kostel a možná i špitál dočkal po konci třicetileté války (Orna, 2010). V roce 1783, za vlády Josefa II., byl zrušen kostelík sv. Máří Magdalény (Bělohávek et al., 1965 p. 274; Obrázek 2). Při něm stojící hřbitov byl z hygienických důvodů zrušen 23. srpna roku 1784 (Martinovský et al., 2004 p. 108).



Obrázek 2. Kostel sv. Máří Magdaleny s plánem na rozšíření hřbitova, původní zeď tmavá. Stav k roku 1779 (Šimůnek, 2009 Mapa č. 13).

Následný vývoj prostoru výstižně shrnuje ve svém projektu záchranného archeologického výzkumu Jiří Orna (2010). Roku 1789 koupil bývalý špitální areál plzeňský zvonář Josef Perner, který špitální budovy zbořil a místo kostela postavil jednopatrové stavení – dům „U zlatého zvonu“. Roku 1839 v domě vznikla hostinská živnost manželů Šimona a Františky Syrových. Objekt byl postupně rozšiřován a byl i podsklepen. Podle projektu z roku 1873 byl na původním půdorysu objektu postaven činžovní dům (Obrázek 3). V roce 1897 byl k objektu přistaven stánek k prodeji tabáku a ve dvoře skladiště. Později sloužila část objektu jako restaurace – nepřipojená na kanalizaci. V roce 1919 vznikly plány na záchody, v roce 1939 byl do objektu zaveden elektrický proud a přepažily se sklepní prostory. V červnu roku 1973 vznikla nová elektroinstalace. Severní část domu, byla zasažena při náletu na Plzeň v prosinci 1944. Na jaře 1946 začala destrukce reliktního domu. Definitivní konec objektu U Zvonu přinesly povodně v srpnu 2002. Ty narušily statiku domu natolik, že 30. srpna 2002



došlo k jeho stržení. V lednu 2004 byly schváleny parkové úpravy plochy (viz Obrázek 6).



Obrázek 3. Historické centrum Plzně roku 1938 (Šimůnek, 2009 Mapa č. 46).

Od konce 18. století do poloviny století 19. se plzeňská předměstí proměňovala v zelené prospekty – byly zbourány hradby, zasypaly se příkopy a na jejich místech zakládány parky (Bělohlávek1 1997 p. 11–12; Obrázek 2). V 60. letech 19. století pak byla oblast mezi Smetanovými a Kopeckého sady zastavěna (Bělohlávek, 1997 p. 12).

#### 4.1.1 Války

Předměstí bývala častým svědkem ostřelování, vypalování, drancování i boření nejen ze strany útočníků, ale ze strategických důvodů i ze strany obránců (Bělohlávek et al., 1965).

Poprvé byla plzeňská předměstí poničena za husitských válek v první polovině 15. století (Martinovský et al., 2004 p. 26). Nejdříve v roli obránců Plzně, stoupci protikatolického husitství Václav Koranda a Jan Žižka někdy v listopadu roku 1419 bořili domy na předměstí (Bělohlávek et al., 1965 p. 77). Po jejich vyhnání se Plzeň přiklání na katolickou stranu a tak se stává terčem pěti husitským pokusů o její dobytí – únor až březen roku 1421, dále roku 1422, 1423, 1427 a od léta roku 1433 do 8. nebo 9. května roku 1434 (Martinovský et al., 2004 pp. 26–28). Plzeň byla ostřelována těžkými obléhacími stroji, předměstí byla pravděpodobně obléhateli obsazena a popleněna (Bělohlávek et al., 1965 pp. 79–84). Kostel sv. Máří Magdaleny a pravděpodobně i špitál byl v době obléhání srovnán se zemí (Orna, 2010). Později byly na stejných půdorysech obnoveny (Orna, 2010). Další pokus o dobytí odehrálo vojsko pod vedením Buriana I. z Gutštejna (Martinovský et al., 2004 p. 30). Všechny tyto pokusy o dobytí skončily nezdarem oblehatelů (Bělohlávek et al., 1965 pp. 72–86, 93–126). Sami Plzeňští spálili a pobořili svá předměstí roku 1462 z obavy před postupujícím královským vojskem Jiříka z Poděbrad (Bělohlávek et al., 1965 p. 103, 111).

Po vypuknutí českého stavovského povstání v květnu 1618 začala Plzeň, věrná císaři, zbrojit proti vojskům českých stavů (Martinovský et al., 2004 p. 43). Profesionální žoldněřské vojsko hraběte Arnošta z Mansfeldu však město v září oblehlo a 21. listopadu roku 1618 jej poprvé v historii vojensky dobylo (Bělohlávek et al., 1965 p. 206–213; Martinovský et al., 2004 p. 43). Velitel plzeňské obrany Dornheim dal 30. září 1618 ze strategických důvodů spálit opevněné Špitálské předměstí až na renesanční panský mlýn, kam dosadil posádku, která měla chránit město od východu (Bělohlávek et al., 1965 p. 208; Bělohlávek, 1997 p. 11). Těžká obléhací děla způsobila vážné škody právě ve východní části plzeňských hradeb (Bělohlávek et al., 1965 p. 211). V listopadu roku 1618 Mansfeld těžce ostřeloval část opevnění především mezi františkánským klášterem a lázní – tj. dnešní Zbrojnická a Dřevěná ulice (Bělohlávek et al., 1965 p. 212). Průlom v hradbách byl prostřelen v oblasti dnešního vyústění Dřevěné ulice



z náměstí Republiky (Bělohlávek et al., 1965 p. 213). Během obléhání byl zničen i špitál sv. Máří Magdaleny (Bělohlávek, 1997 p. 11; Obrázek 1).

S odchodem Mansfeldovy armády – do 6. dubna 1621, po porážce stavovského povstání na Bílé hoře 8. listopadu 1620, však těžkosti nekončí (Martinovský et al., 2004 p. 72). Při tažení švédského generála Königsmarka na konci třicetileté války bylo z rozhodnutí městské rady to, co se na předměstích podařilo obnovit, znovu spáleno (Bělohlávek, 1997 p. 11).

Války o rakouské dědictví – ve 40. letech 18. století, ani sedmiletá válka v 50. letech 18. století, nezpůsobily městu velké škody – francouzsko-bavorské i pruské armádě bylo zapláceno „výpalné“ (Martinovský et al., 2004 p. 74; Obrázek 4). Poslední válečnou útrapou byl zásah severní části objektu „U Zvonu“, již několikrát přestavěného, při náletu na Plzeň v prosinci 1944 (Orna, 2010).



Obrázek 4. Dobytí Plzně Mansfeldem roku 1618 (Šimůnek, 2009 Mapa č. 78)





Obrázek 5. Plzeň roku 1781 (Šimůnek, 2009 Mapa č. 10)

#### 4.1.2 *Povodně*

Lokace Špitálského předměstí na ostrovu mezi říčními toky s sebou nesla i další nebezpečí. Špitálské či Pražské předměstí zasáhlo několik ničivých povodní (Martinovský et al., 2004). K regulaci toku Radbuzy centrem Plzně do dnešního koryta došlo až v roce 1923 – zasypání mlýnské strouhy pod Pražským mostem probíhalo od května do prosince roku 1922 (Martinovský et al., 2004, pp. 226, 231).

Výstižný přehled povodní můžeme dohledat v heslových částech knihy Martinkovského a kolektivu (2004). Velká voda je na předměstí doložena v červnu roku 1601, na jaře roku 1752 – šest velkých povodní, další na konci února roku 1784 – podle dochovaných zpráv asi největší povodeň, jakou kdy Plzeň zažila. Další povodeň se přihnala koncem března 1845 – postihla především Saské předměstí, Orna (2010) mylně uvádí údaj počátkem března. Velká voda se přihnala po Mži roku 1860 opět na konci března – rozsah škod na Špitálském, v této době již Pražském, předměstí není jasný. Roku 1862 se po prudkých deštích přihnala na konci ledna velká voda, která na Pražském předměstí způsobila velké škody. Opravdu velká povodeň se přihnala po deštivém srpnu roku 1890 – v Praze dokonce povodeň strhla Kalův most, na začátku září tohoto se vylily všechny čtyři plzeňské řeky. Další záplavy postihly Plzeň 4. října 1894, 22. až 27. března 1895 a počátkem února 1897 – škody způsobené těmito povodněmi na Pražském předměstí nejsou jasné. Na konci dubna roku 1975 zažila Plzeň jednu z největších povodní 20. století, její následky byly obrovské – škody dosáhly 100 miliónů Kčs. Poslední povodeň zasáhla naši lokalitu v srpnu roku 2002 – po jejím opadnutí byl stržen staticky narušený dům U Zvonu. Na jeho místě vznikl v roce 2004 park (Obrázek 6).

#### 4.1.3 *Poznámka o požárech*

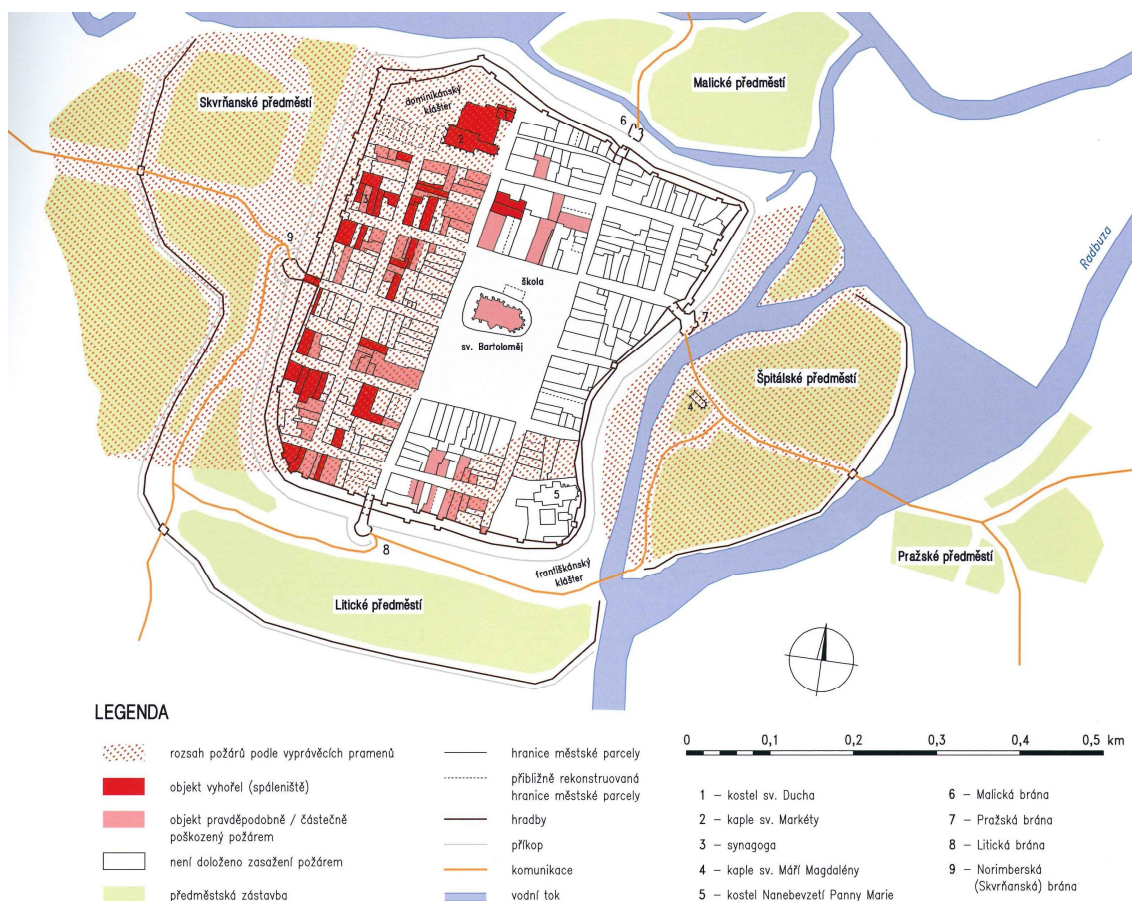
Ač byla středověká i raně novověká zástavba velice náchylná k požárům, námi sledované lokality se téměř všechny požáry, které Plzeň i její předměstí postihly, vyhnuly (Bělohlávek et al., 1965; Martinovský et al., 2004). Mohlo to být díky obehnání města hradbami spolu s opevněním předměstí a pravděpodobně díky ostrovnímu charakteru tohoto předměstí. Jediným doloženými požáry, pomíneme-li podpalování předměstí v době bojů, na Špitálském předměstí jsou tři z roku 1507 – 5. června, 10. června a 29. července (Martinovský et al., 2004 p. 50; Obrázek 8). Požáry



byly asi založeny úmyslně a napáchaly obrovské škody – jeví se jako největší katastrofa tohoto druhu v dějinách Plzně, shořelo při nich 130 domů v hradbách a 70 domů na předměstí (Martinovský et al., 2004 pp. 40–41). O dosahu dalších požárů – tafonomicky především popel, z července 1526, z 5. dubna 1667 a ze 13. dubna 1742 se můžeme dohadovat (Martinovský et al., 2004). Ovšem jejich případný vliv na interpretaci tafonomických procesů musíme vzít v potaz. Ostatní požáry v okolí by tafonomické interpretace zkreslit neměly.



Obrázek 6. Historické centrum Plzně roku 2008 (Šimůnek, 2009 Mapa č. 50)



Obrázek 7. Rozsah požárů roku 1507 (Šimůnek, 2009 Mapa č. 58)

## 4.2 Archeologické výzkumy

Z podkladů Jiřího Orny (Orna, 2010) se dozvídáme o prvním archeologickém výzkumu na lokalitě „U Zvonu“, který zde proběhl v roce 1946 pod vedením historika umění Václava Mencla. Terénní práce vedl plzeňský architekt Ladislav Fiala, nálezy registroval plzeňský historik Ladislav Lábek. Archeologický výzkum doložil destrukci a obnovu kostela sv. Máří Magdalény v období husitství. K další přestavbě mělo dojít v období renesance, ve 2. polovině 16. století. Především však výzkum objevil výrazný nárůst nivelety terénu – v prostoru silnice byl povrch v období gotiky i o dva metry níže. Nalezly se lidské kosti a keramika.

Přemístění regulační stanice plynovodu vyvolala další archeologický výzkum, který zde proběhl v roce 1999. Výzkum zachytil zásyp sklepů a jakási zdiva, na východní straně prostoru narazil na jeden hrob *in situ* (Orna, 2010).



Poslední výzkum, z něhož pochází i studovaný soubor, proběhl v letech 2010–2011 pod vedením Mgr. Jiřího Orny. Při výzkumu bylo otevřeno 10 sond které obsahovaly relikty gotického kostela sv. Máří Magdaleny, zbytky staré zástavby a kanalizace a především kosterní pozůstatky z etážového pohřebiště z období pozdního středověku až raného novověku (Lungová, 2013 p. 34). Lungová (2013 p. 34) ve své diplomové práci dále informuje: „*Místní sedimenty byly převážně písčitojílovitého a jílovito až hlinitopísčitého (Dudík, 2010)‘ charakteru. Jemnozrnné náplavy nad hladinou podzemní vody byly kontaminovány ropnými látkami. Zdrojem rozsáhlé kontaminace horninového prostředí byla čerpací stanice pohonných hmot, která byla ještě v 60. letech 20. století v prostoru lokality (Dudík, 2010).*“ O čerpací stanici jsme srozuměni i my. Předkládáme dobovou fotografii neznámého původu – byla obdržena diplomantem v již nedohádatelné e-mailové korespondenci (Obrázek 8).



Obrázek 8. Čerpací stanice v 60. letech na lokalitě U Zvonu (autor neznámý)

vynecháno záměrně

## 5 TAFONOMIE STŘEDOVĚKÉHO A RANĚ NOVOVĚKÉHO POHŘBU

### 5.1 Křesťanský pohřeb

Vývoj hřbitova na Špitálském předměstí kopíroval středověkou i novověkou linii vývoje křesťanského pohřebiště i celkového pohledu na smrt v Českém království (Králíková, 2007 pp. 17–22). Pohřeb byl od 13. století kontrolován křesťanskými církvemi – od 15. století vedle katolické církve i tzv. reformované církve (Unger, 2006; Králíková 2007). Vzhledem k faktu, že si Plzeň vysloužila přízvisko *semper fidelis*, vždy věrná – katolické církvi – nebudeme se rozepisovat o pohřbech utrakvistů, evangelíků, novokřtěnců, českých a moravských bratří apod. Jen připomeňme, že reformace se projevila v pohřebním ritu především kritikou přehnané péče o pohřeb, ale jinak se *de facto* v pohřbu zásadně neodrazila (Unger, 2002; Unger, 2006; Králíková, 2007). Redundantní je i téma specifických židovských pohřbů (Unger, 2002; Unger, 2006; Králíková, 2007).

Větší vliv měla církev na pohřeb nižších vrstev obyvatelstva, vesnické obyvatele a nemajetné (Unger, 2006 p. 59). Většina populace českých zemí byla pohřbena na vymezeném a posvěceném prostoru u farních kostelů (Unger, 2006 p. 59) – v odlehlých či těžko přístupných místech nebo v případě těch nejchudších obyvatel se někdy pohřbívalo bez kněze a církevních obřadů (Králíková, 2007 p. 26). Pohřeb byl kostrový – přesněji pohřeb těla (Unger, 2006 p. 17) – natažený (Unger, 2006; Králíková, 2007; Čechura, 2010). Nejdůležitější rolí v samotném pohřebním rituálu hrálo sociální postavení zesnulého, na něm závisela honosnost i délka celého rituálu (Unger, 2006; Králíková 2007 p. 16). Proto, vzhledem k poloze hřbitova na Špitálském předměstí, se nebudeme nijak podrobně věnovat nejvyšším příčkám sociální hierarchie v českých zemích. Pozornost neupřeme ani na pohřby řeholníků a řeholnic, kteří byli pohřbíváni v kláštorech – na rajském dvoře, v ambitu nebo u klášterního kostela (Unger, 2006 p. 122). Vojáci mívali zpravidla vyhrazen zvláštní prostor na civilních hřbitovech, od 18. století pak vznikají vojenské hřbitovy (Navrátilová, 2004 p. 277 in Králíková, 2007 p. 99).

## 5.2 Pohřeb ve středověku a raném novověku

Podle Zuberu (1987) lze křesťanský pohřební rituál ve sledovaném období rozdělit do tří částí: přenesení zesnulého z domu do kostela, zádušní mše a uložení do hrobu (in Králíková, 2007 p. 23). Čím vyšší bylo společenské postavení jedince, tím delší doba uplynula mezi smrtí jedince a jeho uložení do hrobu (Unger, 2006; Králíková, 2007). Pro zachovalost ostatků jsou proto důležité všechny tři fáze pohřebního rituálu – rozkladné procesy nastávají krátce po smrti jedince (Vass, 2001).

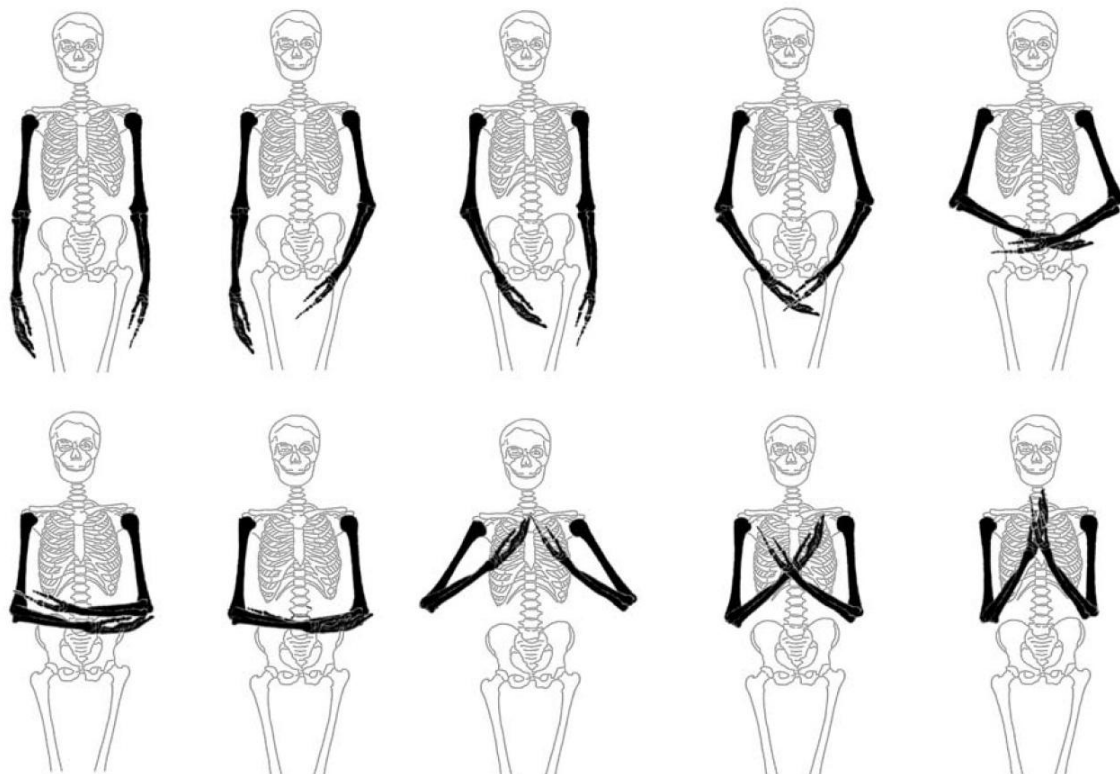
Podrobný historicko-etnologický popis pohřbu uvádí ve své monografii Králíková (2007). V křesťanské střední Evropě začali hned po smrti jedince přípravy mrtvého na pohřeb. Mrtví byl umyt a ustrojen a poté vystaven na márách – někdy byly opatřeny ještě peřinami. Na márách byl mrtví přenesen do kostela, kde byla sloužena zádušní mše, a z kostela byl přenesen na hřbitov. Do hrobové jámy mohl být mrtví vložen v rakvi, na prkně, zašit v pytli, zabalen v plátně či přikryt nebo jen volně vložen, mohl být oděn nebo nahý – resp. zavinutý v plátně (viz Čechura, 2010 p. 115). Do poloviny 17. století bylo zvykem pohřbívat mrtvého do dvanácti či dvaceti hodin po smrti. Pro vyloučení zdánlivé smrti se však vžívala praxe pohřbívat zemřelého až třetí den po smrti. Běžnou polohou jedince v hrobě bylo natažené tělo v poloze na zádech – dorzální dekubity (Prokeš, 2007) – s horními končetinami nejčastěji nataženými podél těla nebo pod různým úhlem položené na stehnech, zkřížené či překřížené na břiše či prsou (viz Obrázek 9; tak i Čechura, 2010 p. 114) a s nataženými dolními končetinami, které mohly být rovněž mírně zkříženy či překříženy a jinak nakloněny (viz Obrázek 10). Zdá se však, že poloha horních končetin při vkládání do hrobu nebyla důležitá (tak i Unger, 2006).

Ve zvláštních případech – pohřeb velice chudého člověka, cizince, nečistého, specificky nemocného např. malomocenstvím, delikventa, podezřelého z čarodějnictví a vampyrismu, zavražděného, utonutého, umrznutého, uhořelého, zabitého v boji či hádce, sebevraha – mohl být dotyčný pohřben do hromadného hrobu, položen na bok, skrčen, pohozen, otočen na břiše, položen obličejem do země, svázan, probodnut kůlem, mohl být pohřben na zvláštním místě vyhrazeném na hřbitově nebo mimo hřbitov (Králíková, 2007).

Nebožtík byl vložen do jámy obvykle obdélníkového, někdy oválného, tvaru (Králíková, 2007 p. 36). Zemřelý byl v jámě zpravidla orientován s hlavou směrem



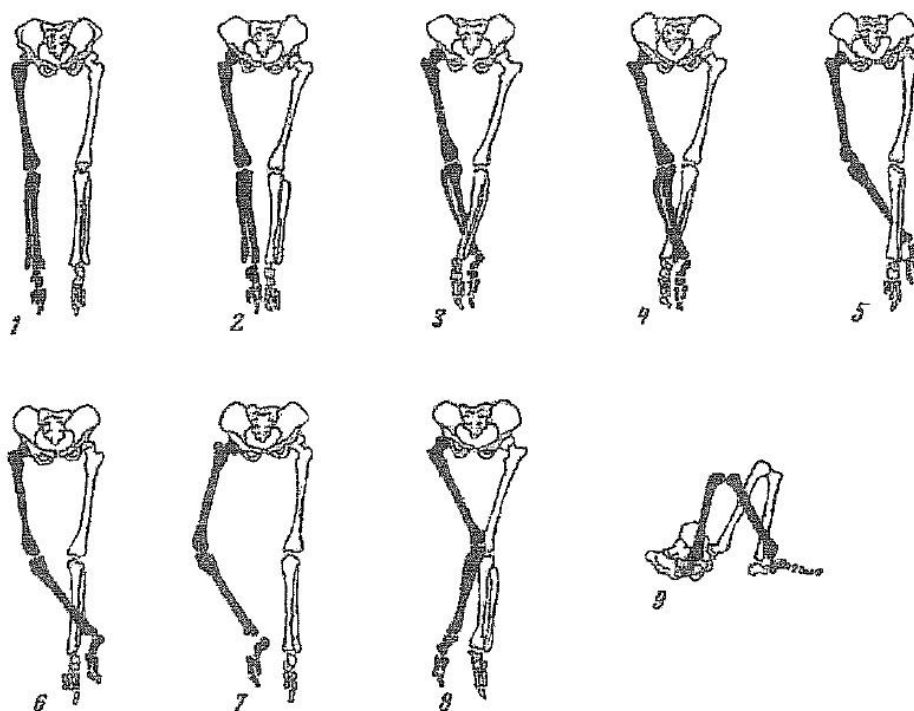
k západu, tváří k východu (Králíková, 2007 p. 38; Čechura, 2010 p. 114). Na hřbitovech kolem kostelů pak zpravidla měly hroby stejnou orientaci s kostelem – západovýchodní s možnými odchylkami. Orientace kostelů však nebyla v novověku již striktně západovýchodní, tudíž i hroby neměly s postupem doby – od 17. století (Unger, 2006 p. 65), striktní orientaci (Králíková, 2007 p. 38; Čechura, 2010 p. 114).



Obrázek 9. Základní polohy horních končetin u jedinců pohřbíváných v době novověku (Králíková, 2007 p. 161)

Středověké ani raně novověké hřbitovy vznikaly původně v inravilánech a nebyly místem klidu a odpočinku zesnulých, naopak, podle Králikové (Králíková, 2007) a Ungra (Unger, 2006 p. 104) plnily funkci pracovního prostoru, skladiště, byli místem setkávání, soudů, správních aktů, her, oslav, shromažďování vojska, žebrání, rejdištěm toulavých psů a vepřů, na hřbitovech platilo i právo azylu. Hroby nebyly nijak značeny, k orientaci sloužilo jen pár dřevěných křížů – jednotlivý zemřelý byly totiž kolektivem, který vstane v den Posledního soudu (Unger, 2006 p. 59). Králiková (2007) dále uvádí, že od konce 17. století byla funkce hřbitovů omezena jen k pohřbům a věčnému odpočinku a nově zakládané hřbitovy za hradbami měst pak sloužily především středním vrstvám nebo popř. chudině – v případě, že neměla vlastní chudinský hřbitov. Dekrety císaře Josefa II. z roku 1784 přesunuly hřbitovy za hradby měst – již od 15.

století (Unger, 2006 p. 108), na místa s vhodnými podmínkami pro tlení těl, tato místa byla obehnána kamennou zdí (Králíková, 2007 p. 74).



Obrázek 10. Poloha dolních končetin (Prokeš, 2007 podle Kamneckij, 1986)

Hloubka hrobů byla od 14. století bývala upravována předpisy, podle nichž nad víkem rakve měl být minimálně 40–70 cm zeminy nebo hloubka jámy měla dosahovat kolem 2 m – tyto předpisy se však vždy nedodržovaly (Unger, 2006 p. 60) a zdaleka ne všichni byly pohřbeni v rakvi (Unger, 2006; Králíková, 2007). Malé středověké a raně novověké hřbitovy se brzy naplnily (Unger, 2006; Králíková, 2007), tak nebylo zvláštností nebožtíka uložit do menší hloubky nebo narušit starší hrob (Unger, 2006 p. 104). Nalezené ostatky se mohly přidat do nového hrobu, zakopat do jámy vykopané na okraji hřbitova nebo umístit do zvláštní stavby – kostnice nebo karneru (Unger, 2006 pp. 105–106; Králíková, 2007 pp. 80–81).

### 5.2.1 *Války a epidemie*

Během událostí, které měly za následek zvýšení počtů zemřelých, vznikaly hromadné hroby (Unger, 2006; Králíková, 2007). V době válek bývaly padlí často pohřbívání na místě bojiště nebo kousek od něj nebo u vojenských špitálů či lazaretů (Unger, 2006; Králíková, 2007). V závislosti na pohřbívajícím mohli být padlí ledabyle

vhazování do jam, asanování do studní či starých staveb, spalování nebo pietně vkládání do hromadných hrobů (Unger, 2006 pp. 154-157; Králíková, 2007 pp. 97–98). O vojenských konfliktech, které postihly námi zkoumanou lokalitu, jsme se zmínili výše (kapitola 4.1.1).

Významným demografickým činitelem byly i epidemie různých nemocí (Bělohlávek et al., 1965; Martinovský et al., 2004). Vžilo se pro ně souborné označení mor. Morové epidemie postihly Plzeň v námi sledovaném období několikrát – nový výzkum moru roku 1483 nepotvrdil, ale potvrzen byl počátkem dubna roku 1520 tehdy si údajně vyžádal 1527 obětí, v létě roku 1582 a trval až do počátku následujícího roku, od 25. dubna 1598 až do konce roku a zahubil 1600 lidí, od září do prosince roku 1625, od léta do podzimu roku 1634 a usmrtil 1000 obyvatel, od května do listopadu roku 1648 a zahubil 1500 lidí, v srpnu roku 1680 a v roce 1714 (Bělohlávek et al., 1965; Martinovský et al., 2004).

S rostoucím důrazem na hygienu i ve světle morových ran byla vydávána různá nařízení o manipulaci s mrtvými (Králíková, 2007). Mrtví byli většinou co nejrychleji nakládáni na káry a odváženi na speciální hřbitovy, kde byli ukládáni do hromadných hrobů a zasypáni nehašeným vápnem (Unger, 2006 pp. 146–147; Králíková, 2007 p. 129). V těchto ojedinělých situacích často nebyla rozlišována při pohřbech sociální hierarchie, důležité bylo zbavit se údajně zhoubných nakažlivých výparů vystupujících z obětí moru (Králíková, 2007 p. 129). Další epidemie, které postihly Plzeň – cholera, Španělská chřipka, tyfus a salmonelóza, se studované lokality dotkly v době, kdy byl objekt „U Zvonu“ již zastavěn moderní zástavbou a nepohřbívalo se zde (Martinovský et al., 2004; Orna, 2010).

### 5.2.2 *Oděv a obuv*

Zemřelý byl po smrti umyt a tělo oblečeno do oděvu souvisejícího se společenským postavením nebožtíka – honosné šaty, rubáš, tedy plátěná dlouhá bílá košile, typický pohřební oděv chudých (Králíková, 2007 p. 28), nebo jen zabalení do plachty (Unger, 2006 p. 137). Mrtvý mohl mít i pokrývku hlavy (Králíková, 2007). V případě pohřbu do rakve se pod mrtvého nasypaly hobliny a pod jeho hlavu byl dán polštář vycpaný hoblinami, senem, vonnými nebo léčivými bylinami (Košák, 1899 p. 195 in Králíková, 2007 p. 29; Čechura, 2010 p. 115). Oděv mohl být vyroben – opět v závislosti na společenském postavení – ze lnu, konopí, vlny, kůže, hedvábí, nebo

později z bavlny (Janaway, 2001; Janaway, 2008). Látky mohly být – v případě bohatších pohřbů – protkány nitkami z různých kovů (Králíková, 2007). Oděv zesnulého mohl být sepnut či ozdoben knoflíky, záponkami, špendlíky, sponami, šatovými nášivkami a přívěsky, přezkami apod. (Králíková, 2007 p. 60). Ty mohly být z mědi, ze železa či jiného kovu, z bronzu, mosazi, ze dřeva, z kostí ze skleněné pasty (Králíková, 2007 pp. 60–61).

Pokud měl zemřelý být pohřben v obuvi, pak byla s vysokou pravděpodobností z kůže, v podrážce mohly být kusy železa (Králíková, 2007 p. 66; Obrázek 7).

### 5.2.3 *Hrobový inventář*

Do hrobů se zesnulým běžně dávaly předměty denní potřeby, předměty osobní zbožnosti, rostliny, mince, šperky, různé nástroje a zbraně, hlava zemřelého mohla být ozdobena čelenkou nebo mohl být významnější zemřelý pohřben s insigniemi svého stavu či povolání nebo s obdrženým řádem (Králíková, 2007). Tyto předměty byly samozřejmě vyrobeny z různých materiálů.

Souhrnný popis těchto předmětů podává Kráčíková (2007 p. 133–157) ve své monografii. Předměty denní potřeby mohly být plátno, vřeteno, jehla, niť, náprstek, nůžky, knižní záložky, brýle, peněženky i s penězi, nože, lžíce, párátko, hřebeny, břitvy apod. V hrobě mohly být růžence, amulety, tzv. agnustky – z vosku, z hlíny ale i kovové – medailony, modlitební knížky, závěsné křížky, dále také mince různé hodnoty, byliny, prsteny, náušnice, řetízky, řetízkové náramky, látkové, kožené, plstěné či kovové čelenky, pohřební věnečky, jehlice a vlasové ozdoby, z kovů ale i z netrvanlivých materiálů, železné zemědělské či domácí nástroje – srpy, nože, motyky, nůžky, lopaty pily, hliněné kotoučky – železné zámky s klíčky. Mince ve smyslu *obolu* nacházíme v blízkosti lebky, dále v blízkosti ramen, na hrudníku, na bříše a v pánvi, v blízkosti rukou či přímo v nich, také je můžeme nalézt v oblasti mezi stehny a koleny. Nejčastější devocionálii – růženec – většinou nalézáme v blízkém okolí rukou, které mohly být složeny na prsou, na bříše, v oblasti pánve či na stehnech. V rámci tafonomických procesů mohou být devocionálie více posunuty od původní polohy. Dosud nebyla zjištěna žádná pohlavní ani věková odlišnost v přítomnosti religiózní výbavy.

### 5.3 Přeměny lidských ostatků

Křesťanský pohřeb pro naše účely končí uložením do hrobu – pohřební obřady mohou pokračovat např. hostinou. Další osud lidských ostatků ovlivňuje to, zda byl jedinec uložen do hrobu v rakvi, zda má k jedinci přístup hmyz, hlodavci nebo masožravci, zda utrpěl zesnulý nějaké trauma, okolní vlhkost a teplota, pH okolního prostředí, tělesné rozměry a hmotnost jedince, zda byl jedinec balzamován nebo oblečen, hloubka hrobu, do níž byl jedinec uložen (Mann et al., 1990), zda byly v hrobě i nějaké příměsi (Carter et Tibett, 2008; Janaway, 2008). Celý proces rozkladu lidských ostatků – komplexních struktur proteinů, uhlovodíků, cukrů a tuků na jejich základní jednotky, můžeme rozdělit do dvou fází: na preskeletonizační a postskeletonizační procesy (Vass, 2001; Forbes, 2008a).

Mnoho různých autorů se snažilo určit nejdůležitější faktory ovlivňující posmrtné procesy a tedy mající vliv na zachování lidských ostatků (Gordon et Buikstra, 1981; Mann, 1990; Vass, 2001; Crowther, 2002; Jans et al., 2002; Carter et Tibbett, 2008; Dadour et Harvey, 2008; Forbes, 2008ab; Hopkins, 2008; Janaway, 2008). Význam jednotlivých faktorů shrnujeme v Tabulce 1. Podle Mann a kolektivu (1990) má největší vliv na rychlost rozkladu okolní teplota, zda má k tělu přístup hmyz a zda je tělo pohřbeno a v jaké hloubce. Menší vliv na rychlost rozkladu má vlhkost, to, zda má pohřbený jedinec nějaké poranění a zda je rozkládající se tělo přístupno masožravcům či hlodavcům. Ještě menší vliv má množství srážek, rozměry a hmotnost těla a to, zda bylo tělo balzamováno. Ještě méně vlivu má to, zda byl jedinec pohřben oblečený a nejméně vlivu na rychlost rozkladu lidského těla má charakter povrchu, na nějž bylo tělo položeno – kamenná dlažba, půda apod. Míra vlivu pH půdy na rychlost rozkladu lidského těla je v porovnání s ostatními činiteli neznámá.

Tabulka 1. Vliv tafonomických činitelů na rychlost rozkladu lidského těla  
(převzato z Mann et al., 1990 p. 104)

Tafonomický činitel	Vliv na rychlost rozkladu (stupeň 5 největší vliv)
Teplota	5
Přístup hmyzu	5
Pohřeb a jeho hloubka	5
Masožravci a hlodavci	4
Zranění	4
Vlhkost	4
Srážky	3
Rozměry a hmotnost těla	3
Balzamování	3
Oděv	2
Povrch, na němž je tělo položeno	1
pH půdy	neznámý

### 5.3.1 Rozklad

V závislosti na těchto činitelích se v různém čase po smrti objevují známá posmrtná stádia – *algor mortis*, *livor mortis* a *rigor mortis* (Clark et al., 1997; Vass, 2001; Forbes, 2008a). *Algor mortis* je proces vyrovnání teploty těla s prostředím, usazení tekutin způsobující zprůhlednění povrchových částí těla se nazývá *livor mortis* a posmrtná ztuhlost vlivem chemických procesů ve svalech a kloubech se nazývá *rigor mortis* (Vass, 2001; Forbes, 2008a). U pohřbů v rakvích se nejdříve rozkládají místa vystavená největšímu tlaku – týl, trnové výběžky obratlů, hřebeny lopatky apod. (Berryman et al., 1997).

V lidském těle probíhá po smrti za normálních podmínek *autolýza* – enzymatická denaturace molekul a buněčných membrán, kdy tělo tráví samo sebe (Vass, 2001; Forbes, 2008a). Autolýza je závislá na kyslíku (Carter et Tibbett, 2008; Forbes, 2008a), při jeho spotřebování jsou zvýhodněny anaerobní bakterie trávicího traktu (Forbes, 2008a). Činnosti těchto i dalších mikroorganismů říkáme *putrefakce*, v těle se hromadí plyny a tekutiny (Vass, 2001, Carter et Tibbett, 2008). Optimální teplotou pro putrefakci je 21°C až 31°C a je výrazně zpomalena při teplotách pod 10°C a nad 40°C (Forbes, 2008a).

Prudkým únikem rozkladných plynů začíná aktivní rozklad – dekompozice (Vass, 2001). Děje se tak za přispění aerobních i anaerobních bakterií, je-li tělo přístupno, pak i za značného přispění hmyzu a masožravců (Vass, 2001). Dekompozice je ovlivněna především okolní vlhkostí, teplotou a bakteriální aktivitou (Vass, 2001; Forbes, 2008a). Na přítomnost bakterií v okolní půdě má vliv její chemické složení (Child, 1995).

Rozklad proteinů se děje proteolýzou a v případě pohřbu jsou jejími produkty především putrescin a kadaverin a sulfidy (Forbes, 2008a). Akumulace putrescinu a kadaverinu v břišní dutině způsobuje nadmutí těla (Forbes, 2008a). Degradace proteinu je ovlivněna především okolní vlhkostí, teplotou, pH a obsahem kyslíku (Forbes, 2008b).

Rozklad uhlovodíků na organické kyseliny se děje za pomoci bakterií a hub a vytváří kyselé prostředí – snižují pH (Forbes, 2008a). Organické kyseliny demineralizují hydroxiapatid kostní tkáň (Child, 1995). Za přispění mikroorganismů může dojít v kosti k tzv. mikroskopické fokální destrukci – MFD (Hackett, 1981). U živých kostí je známo např. *Mycobacterium tuberculosis*, které ničí kostní tkáň. Děje se tak za přeměny minerální a organické složky kosti (Child, 1995). Kolagen je za normálních fyziologických i environmentálních podmínek nerozpustný, na je rozpuštění je zapotřebí speciálních enzymů – kolagenáz (Child, 1995). Rozpouštění kolagenu mikroorganismy vyžaduje substrát a děje se za přítomnosti zinečnatých kationtů  $Zn^{2+}$  (Child, 1995). Když kost nepodléhá dekompozici, probíhá v ní pomalá hydrolyza, která rozštěpí kolagen na tak malé řetězce, které mohou být z kosti mezi úzkými štěrbinami krystalické složky vyluhovány (Collins et al., 1995 in Child, 1995).

Rozklad tuků může probíhat oxidativně a hydrolyticky či hydrogenací (Clark et al., 1997; Forbes, 2008a). V případě pohřbu do země je preferována spíše hydrolyza (Forbes, 2008a). Je-li přítomna dostatečná vlhkost, vysoká teplota a objem kyslíku v prostředí je minimální – spíše však v pohřbení přímo do země, než v rakvi (Forbes, 2008a) – může dojít za přispění bakterií k *saponifikaci* – zmýdelnatění – která zpomaluje rozklad (Clark et al., 1997; Vass, 2001; Forbes, 2008a). Zpomalení zmýdelnatění v rakvi je dáno počátečními aerobními podmínkami a retencí vody v rakvi a oblečení rovněž přispívá k saponifikaci, a tedy zpomaluje rozklad (Mellen et al., 1993 in Clark et al., 1997; Forbes, 2008a). Ovšem i zmýdelnatění dále podléhá rozkladu za přispění bakterií, celé tělo se postupně jakoby roztéká či rosolovává, rozkladné produkty

postupně rozrušují rakev tak, že i těla pohřbená v rakvích jsou nakonec vystavena stejným podmínkám, jako těla pohřbená přímo do půdy (Forbes, 2008a).

Cílem mikroorganismů je získat energii z chemických vazeb mezi organickými molekulami stejně tak, jako získat živiny, což jsou uhlík, dusík, fosfor a síra (Hopkins, 2008). Z těch má největší vliv na aktivitu mikroorganismů pravděpodobně dusík v molekule  $\text{NO}_3^-$  (Hopkins, 2008). Ovšem větší vliv na rozklad než mikroorganismy má chemické složení půdy, na kterém je přítomnost těchto mikroorganismů závislá (Child, 1995).

### 5.3.2 *Skeletonizace*

Skeletonizace je proces odstraňování měkkých tkání z kostí a je úplná, když jsou odstraněny všechny měkké tkáně těla (Lyman, 1994 p. 137; Clark et al., 1997). Děje se tak působením různých organismů – výše zmíněných mikroorganismů jako jsou bakterie nebo houby, hmyzu, mrchožroutů a masožravců i býložravců (Lyman, 1994 pp. 137, 141–142; 394–395; Anderson et Cervenka, 2001; Dadour et Harvey, 2008). Těmto taxonomickým činitelům nejsou uchráněna ani pohřbená těla, vlivem eroze mohou v půdě vzniknout praskliny, kterými se k tělu může dostat voda nebo organismy (Hochrein, 2001). Zvláště mělký pohřeb může být snadno dosažen (Hochrein, 2001). Pohřeb však obecně snižuje teplotu a omezují její výkyvy a tím obecně zpomaluje dekompozici. Součástí procesu skeletonizace je i rozvolňování spojení kostí.

Roksandic (2001) ve své práci uvádí výzkum Dirkmaat a Sienicki (1995), kteří sledovali proces skeletonizace. Při tomto ději, probíhajícím ovšem na povrchu, došli k následujícím závěrům, které lze pojmut jako obecná pravidla. Nejdříve skeletonizuje lebka – vlivem aktivity hmyzu v lebečních dutinách. Klíční kosti a hrudní kost se obnažují poměrně brzy. Krční obratle zůstávají artikulované po dlouhou dobu. Horní končetiny se rozkládají rychleji než končetiny dolní. Břišní a hrudní dutina jsou redukovány dříve než oblast pánve. Nohy skeletonizují nejpozději, pravděpodobně následkem toho, že jsou obuty a oblečeny v ponožkách. Jsou-li končetiny nebo lebka vystaveny slunečnímu svitu, pak se často nerozkládají, ale vysouší se.

I když byla skeletonizace hodnocena na zemském povrchu, předkládá nám alespoň nějakou představu o závěrečných fázích odstranění měkkých tkání z kostí.



### 5.3.3 *Součinnost změn povrchu kosti s diagenetickými proměnami hutné kostní tkáně*

Organismy ale i klimatické a další činitele, kteří mají na svědomí skeletonizaci kosti a její další degradaci, zanechávají na kosti stopy po své činnosti a tím narušují homogenitu povrchu kosti (Lyman, 1994). Rozlišujeme tafonomické stopy a tafonomické činitele (viz úvod). Diageneze je pak proces změny kosti, který probíhá současně s rozkladem měkkých tkání – výměna iontů, destrukce kolagenu, mikrobiální atak, změny kostní matrix, ukládání minerálních depozitů atd. (Hedges et al., 1995; Hedges, 2002). Spojitost dějů odehrávající se na povrchu kosti s ději v nitru kosti dosud nebyla prokázána (viz úvod).

Mezi tafonomické stopy řadíme abrazi či odření povrchu kosti – vzniká aplikací fyzické síly, čerstvá kost má větší absorpci síly, proto lze předpokládat menší abrazi u čerstvých kostí, dále také žlábkování – *pitting*, děrování – *punctures*, rozbrázdění – *furrows*, rýhování – *striations* či *scoring*, otisky kořenů, praskliny a zlomeniny různých tvarů (Lyman, 1994).

Tafonomické stopy vznikají působením tafonomických činitelů v procesu trampingu, olizování, hryzání a žvýkání (tak i Ubelaker, 2001), trávení, hmotnost příkrývky, vodou iniciovaným přesunem, roztroušením – *scattering*, činností větru a zvětráváním (Behrensmeyer, 1978; Lyman, 1994). Zvětrávání je tafonomický proces, jímž jsou působením fyzikálních a chemických činitelů oddělovány původní organické a anorganické složky kosti, a to jak na zemském povrchu, tak i pod zemí (Behrensmeyer, 1978). Na rychlost zvětrání kostních elementů mají vliv výkyvy teploty a vlhkosti – čím větší fluktuace tím rychlejší zvětrání (Behrensmeyer, 1978). Menší kosti s kompaktní zvětrávají pomaleji než ostatní kostní elementy jedince, kosti menších jedinců zvětrávají rychleji než kosti větších jedinců, stejně jako kosti nedospělců oproti kostem dospělých jedinců (Behrensmeyer, 1978).

V obecnější rovině můžeme podle činitelů rozlišovat proces rozrušení faunou, rozrušení flórou – například kořeny nemusí narušit jen povrch kosti, ale mohou proniknout přes praskliny vzniklé rozpínáním a smršťováním kosti i do jejího nitra a současně vytvořit vhodné prostředí pro houby a bakterie (Behrensmeyer, 1978; Gutierrez, 2001) – dále rozrušení mrazem, rozrušení působením gravitace, bobtnání a scvrkávání vlivem změn teploty a vlhkosti – rozrušení větrem, vzduchem a plynem,

rozrušení vodou – voda může do kosti vplavit ionty, které mohou nahradit ionty v kostní matrix a tak měnit strukturu krystalů kosti (Gutierrez, 2001) – rozrušení ukládáním nebo ztrácením solí – v silně alkalických půdách krystalizace  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  či  $\text{NaCl}$  na kosti (Behrensmeyer, 1978) – a dalších látek ve vodě obsažených, např. uran ve formě  $\text{UO}_2^{2+}$  a stroncium ve formě  $\text{Sr}^{2+}$  (Hedges, 2002), a rozrušení zemětřesením (Wood et Johnson, 1978 in Lyman, 1994).

Na vznik stopy pak mají vliv vnitřní faktory kosti. Lyman ve své přehledové práci (1994) uvádí s odkazy na původní studie několik zásadních faktorů. Jedním z nich je tzv. *utility index*, různými autory nazývaný různě, který kosti přiřazuje užitečnost podle původního obsahu masa, morku a tuku (Binford, 1978 in Lyman, 1994). Dalším faktorem je tzv. *structural density* (Brian, 1969 in Lyman, 1994), hustota kosti, která vykazuje silnou přímou úměrnost se zachovalostí kostního elementu – čím hustější kost,  $\text{g/cm}^3$ , tím větší šance na zachování (tak i Ubelaker, 2001). Jako další faktor uvádí tzv. *within bone nutrients* (Marshall et Pilgram, 1991 in Lyman, 1994), výživovou hodnotu kosti – ta je redukcí užitečnosti kosti na morek. Také nesmíme zapomenout na věk (Gordon et Buikstra, 1981; Gutierrez, 2001; Ubelaker, 2001) a velikost jedince (Gutierrez, 2001). Oba faktory mají přímou úměru k zachování jedince. Důležitým vnitřním faktorem je také přítomnost patologie (Roksandic, 2001)

Hustotu kosti, její užitečnost a její tvar spojili v původní studii Darwent s Lymanem (Darwent et Lyman, 2001). Zde došli k závěru, že čím více se tvar kostního elementu odlišuje od koule a zvětšuje svůj objem, tím více roste užitečnost kosti v obsahu tuku a morku a tím větší je šance na poničení těchto kostních elementů vlivem tafonomických činitelů. Nejmenší pravděpodobnost poškození kostních elementů můžeme očekávat u nejhustších, nejvíce se blížících tvaru koule, s nejmenšími rozměry.

Jako zásadní diagenetické změny hutné kostní tkáň se jeví růst porózy, ztráta kolagenu, ztráta histologické integrity a rekrystalizace hydroxiapatitu  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , přes oktakalciumfosfát, na brushit  $\text{CaHPO}_4$  o nižším pH, 4,5–6 (Prokeš, 2007) – *crystallinity*, krystaličnost (Hedges et al., 1995). Ukazuje se, že změny v krystalové mřížce jsou v nepřímé úměrnosti s obsahem  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  iontů v kosti – nízká krystaličnost a vysoký obsah dihydrogenfosforečnanových iontů u mladších jedinců (Miller et al., 2001). Růst porózy může být způsoben rozpuštěním nejmenších krystalků minerálů nebo rekrystalizací na hustější uzlíkovité struktury (Hedges et al., 1995). Hlavní tafonomický činitel zodpovědný za ztrátu kolagenu není stále určen (Hedges et al.,

1995), ovšem víme, že kolagen kostí je cílem mikroorganismů (Jans et al., 2004) a je velice citlivý na okolní teplotu (Hedeges et al., 1995; Bell et al., 1996; Hedges, 2002) a přístup vody (Cattaneo et al., 1995). Na histologické úrovni rozlišujeme tři velikosti pórů, které odpovídají třem různým procesům. Rtuťová porozimetrie rozlišila póry *s* – o velikosti  $< 0,1 \mu\text{m}$  odpovídající chemicky degradovaným kolagenním vláknům, póry *m* – o velikosti  $0,1\text{--}1 \mu\text{m}$  odpovídající mikrobiálnímu ataku, a póry *l* o velikosti  $> 1 \mu\text{m}$ , které mohou mít fyziologický původ nebo mohou být výsledkem rozpouštění kostního minerálu (Turner-Walker et al., 2002). Přetrvání původní krystaličnosti kosti a kolagenu spolu úzce souvisí, protože jedno je chráněno druhým (Hedges, 2002). Zde se projevuje efekt pH okolí, především spodní vody – v závislosti na obsahu iontů může dojít k vytvoření koncentračního spádu v tzv. Nernstově difúzní vrstvě při povrchu kosti v kontaktu s půdou (Hedges, 2002). Při poklesu pH nebo přibytím čerstvé vody pak dojde k bouřlivé výměně iontů, degradaci kolagenu a narušení povrchu kosti (Hedges, 2002). Do diagenese kosti zasahuje i střevní mikroflóra, která se podílí na časných fázích dekompozice – do kosti se dostává prostřednictvím Haversových kanálek (Bell et al., 1996; Dixon et al., 2008). Po skeletonizaci kosti se na její další diagenesi podílí i půdní mikroorganismy (Bell et al., 1996). Mikroorganismy – bakterie a za přítomnosti kyslíku (Jans, 2008) houby a sinice – způsobují tzv. mikroskopické fokální destrukce (viz úvod; Hedges, 2002; Jans, 2008). Můžeme rozlišit Wedelovy tunely – destrukce způsobená aktivitou hub směřující od povrchu kosti dovnitř (Jans, 2008), bakteriální lineární longitudinální tunely a dvě další stádia destrukcí způsobené aktivitou bakterií – pupenčité destrukce a vrstevnaté destrukce, které se vyskytují spolu, ale jejich není jasná (Jans et al., 2004; Dixon et al., 2008). Bakteriální destrukce se šíří z cévního systému kosti a pravděpodobně využívají i *canaliculi* mezi lakunami (Jans, 2008). Zdá se, že lidské kosti jsou spíše napadány bakteriem, zatímco zvířecí kosti jsou častějším terčem útoků hub (Jans et al., 2004).

Diagenese kosti se ubírá třemi směry. Dobře zachovaná kost – vysoký obsah kolagenu, vysoký poměr uhlíku a fosforu, nízkou porózitu a nízkou rekrystalizaci, se postupně, v závislosti na podmínkách brzy po smrti jedince, může měnit na 1. vysoce rekrystalizovanou kost s extrémně hydrolyzovaným kolagenem a s nízkým poměrem uhlíku a fosforu, která nejeví stopy mikrobiálního ataku – *accelerated collagen hydrolysis*, ACH, 2. na opět vysoce rekrystalizovanou kost s extrémně hydrolyzovaným kolagenem, ovšem s porušenou histologickou strukturou kosti a se zvýšením počtu *m*

pórů, navíc nese stopy tunelů a mikrobiálních fokálních destrukcí – *microbially attacked bone*, MA – ty to dva základní směry diagenese se zdají být zobecnitelné (Smith et al., 2007) a MA patrně souvisí s procesem putrefakce v raných stádiích rozkladu (Jans, 2008). Posledním stádiem diagenese kosti je ztráta hustoty, v kosti se zvyšuje počet největších  $l$  póru, kost má velice nízký poměr uhlíku a fosforu a je silně rekrystalizovaná, kost se rozpouští (Smith et al., 2007).

Činnost mikroorganismů je závislá na mineralizaci kosti a na koloběhu a obsahu kyslíku, dusíku a vápníku v okolí kosti (Child, 1995; Gutierrez, 2001). Jejich činnost může ovlivnit i rychlá skeletonizace, která může destrukci kosti bakteriemi úplně zastavit nebo naopak pomalý rozklad měkkých tkání v rakvi může způsobit úplnou destrukci histologické struktury kosti bakteriemi (Rodriguez et Bass, 1985 in Jans, 2008).

vynecháno záměrně

## 6 METODY

### 6.1 Hodnocení zachovalosti povrchu kostí

Zkoumanými znaky zachovalosti periostu jsou šestibodová stupnice podle Behrensmeyer (1978) – v protokolu značena Bm, odhalená trámčina proximálních – Tep, Tp, z anglického *trabecular exposure*, a distálních – Ted, Td, konců dlouhých kostí, krakeláž a rozbrázdění periostu – Cq, z francouzského *craquelé*, a porózita v určitém místě délky kosti vyjádřeném v procentech – Po či P 20, 35, 50, 65, 80. Všechny proměnné jsou bodovány na čtyřech stranách kosti – anteriorní strana je synonymem pro palmární a plantární stranu, dále mediální, dorzální a laterální strana, přičemž výchozí pozicí je anatomická poloha kosti. Je zapotřebí předeslat, že musíme rozlišovat mezi porózitou a krakeláží – do krakeláže zahrnuji jednak charakteristické praskliny a současně otvory do kostní matrix, které nemají charakter pórů – podrobněji viz níže.

Zkoumané znaky jsme zapisovali do nově vytvořených laboratorních protokolů. Schémata kostí v protokolech souží k zakreslování konkrétních znaků do oblastí na kosti, kde byly pozorovány. Jejich používání není nutnou podmínkou k validnímu vyplnění protokolu, ovšem jejich použití je vítáno. Pokud nelze jednoznačně určit stranové určení, je kost považována za pocházející z pravé strany. Při stranovém určování v laboratoři jsme nepřihlíželi k nálezovému kontextu – analyzovali jsme izolované kosti. V případě že nelze jednoznačně určit proximální a distální část kosti, hodnotitel čitelně a jasně zapíše do protokolu, které části kosti přisoudil vlastnost proximální a které části kosti vlastnost distální. Stejným způsobem postupujeme při určování anteriorní a dorzální strany kosti. V protokolu musí být pro každý údaj – proximální či distální a anteriorní či dorzální, uvedeny vždy oba zápisy – např. pro proximální i distální část nebo pro anteriorní i dorzální stranu, v opačném případě je protokol nepoužitelný k další analýze.

K protokolům jsme přiložili i procentuální schéma s naznačenými délkami kostí.

#### 6.1.1 Stupeň zvětrání (Behrensmeyer, 1978)

Skórování znaku Bm, vychází z periostálních změn sledovaných Annou Behrensmeyerovou (Behrensmeyer, 1978). Ve své studii popisuje šestibodová stupnice

zachovalosti periostu poškozeného zvětráváním. Hodnotí se nejpokročilejší stádium zvětrání, které pokrývá plochy větší než 1 cm<sup>2</sup>. Tuto podmínku jsem poupravil pro hodnocení nártních kostí, záprstních kostí a článků prstů ruky na 0,25 cm<sup>2</sup> z důvodu celkově malého obsahu povrchu těchto kostí. Naopak se touto metodou nehodnotí ty části kostí, které jeví fyzické poškození, proximální či distální konce dlouhých kostí nebo hrany dlouhých kostí. Podmínku shody všech hodnotitelů pro obodování jsem vypustil a nahradil vyhodnocením interobservační a intraobservační chyby. Popis jednotlivých stupňů jsem rovněž poupravil, aby lépe odrážel stav zkoumaného kostního materiálu.

Prvním stupněm je *stupeň 0*. Povrch kosti nejeví žádné známky prasklin nebo úštěpků vlivem zvětrávání. Ve *stupni 1* se objevují u dlouhých kostí longitudinální praskliny. Distinkčním znakem *stupně 2* jsou úštěpky vnějších vrstev kosti, které obvykle souvisejí s prasklinami. Okraje prasklin jsou obvykle ostré. Stupeň 2 je nahrazen *stupněm 3*, až když jsou odstraněny vnější vrstvy kosti. Stupeň 3 je tedy charakterizován hrubými plochami zvětrané kompakty, jež má vláknitou strukturu. Okraje prasklin jsou již obvykle zaoblené. Charakteristickým znakem *4. stupně* je třískovitění. Zvětrávání navíc dosahuje vnitřních dutin. V posledním stádiu zvětrávání, *stupeň 5*, se kost rozbíjí *in situ*, je velice křehká a při dotyku se snadno láme. Jestliže přetrvala trámčitá kost, pak je obvykle obnažena.

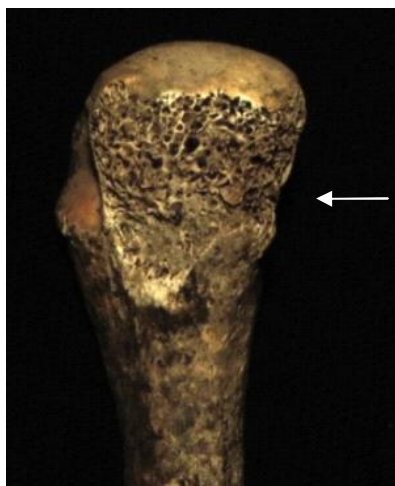


Obrázek 11. Zvětrání

### 6.1.2 Odhalená trámčina konců kostí (Te)

Míra odhalení kostní trámčiny se hodnotí na proximálním – TeP, Tep, a distálním – TeD, Ted, konci dlouhých kostí. Do hodnocení tohoto znaku řadíme i póry nacházející se na těchto částech kosti. Stupnice hodnocení je čtyřbodová.

*Stupeň 0* označuje nepřítomnost porózy a současně neodhalenou kostní trámčinu. *Stupněm 1* hodnotíme pouze přítomnost porosity, která však nepokrývá více než jednu třetinu povrchu konce kosti. *Stupněm 2* ohodnotíme, jakmile je odhaleno nepatrné množství kostní trámčiny. Pokrytí povrchu konce kosti porózitou v součtu s odhalenou trámčinou u tohoto stupně nepřesahuje jednu třetinu. *Stupněm 3* ohodnotíme, když pokrytí povrchu konce kosti póry v součtu s odhalenou trámčinou přesáhne jednu třetinu, avšak nepřesáhne dvě třetiny. *Stupněm 4* ohodnotíme, když pokrytí povrchu konce kosti póry v součtu s odhalenou trámčinou přesáhne dvě třetiny.



Obrázek 12. Odhalená trámčina

### 6.1.3 Krakeláž periostu (Cq)

Znakem krakeláž hodnotíme „další narušení kostního povrchu“, to v sobě zahrnuje praskliny na celém povrchu kosti – včetně proximální a distální části, a všelijaké otvory na tělech dlouhých kostí vyjma pórů. Mohou to být důlky po skusu čelistí, postmortální destrukce způsobené exkavací, pošlapáním atp. Dále se krakeláž týká i otisků kořenů, zvrásnění povrchu, které je časté např. na palmární, resp. plantární straně kostí, dlouhých rýh jakožto stop po ataku hlodavce a podobných brázd různé hloubky, které narušují povrch kosti a zpřístupňují podpovrchové vrstvy kostní tkáně,



žlábků, rýh, mechanické destrukce, zářezy a vše ostatní, co narušuje homogenitu povrchu kosti a otevírá nitro kosti či přibližuje její nitro k jejímu povrchu. Na základě preliminárních hodnocení lze v závislosti na hodnoceném materiálu předpokládat významné zastoupení stupně 3 v souborech. Stupnice je čtyřbodová.

*Stupeň 0* označuje nepřítomnost znaku. *Stupeň 1* označuje pokrytí povrchu kosti destrukcemi do jedné třetiny. *Stupeň 2* označuje pokrytí povrchu kosti, které přesahuje jednu třetinu povrchu, avšak nepřesáhne dvě třetiny. A *stupeň 3* označuje pokrytí povrchu kosti další destrukcí přes dvě třetiny jeho obsahu.



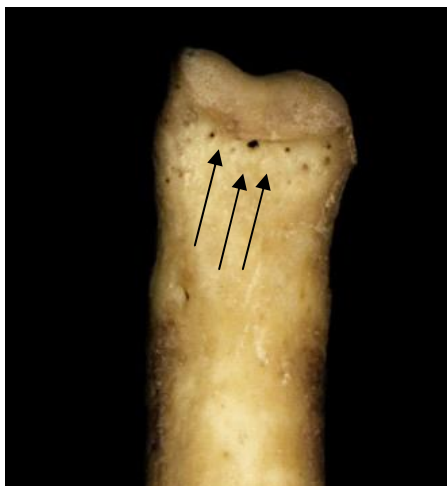
Obrázek 13. Příklad krakeláže

#### 6.1.4 Poróznost (Po)

Poróznost hodnotí pokrytí periostu dlouhé kosti póry ve 20, 35, 50, 65 a 80 procentech délky kosti. Percentily délky kosti odměřujeme u všech kostí směrem od proximálního k distálnímu konci. Na klavikuly ani na žebra však není tento manuál koncipován. Manuál také nezohledňuje dlouhé kosti nedospělých jedinců, u nichž také často chybí epifyzy. Případné potíže s tímto nezohledněním jsou eliminovány jednoduše nehodnocením tohoto znaku u těch kterých kostí. Poróznost se měří v páse jeden milimetr širokém u nártních kostí, záprstních kostí a článků prstů ruky. Mnohdy je obtížné rozlišit póry malé velikosti od tmavě zbarvených bodů na periostu, proto je vhodné –

výrazně doporučujeme, při hodnocení porosity využívat lupu. Pro usnadnění práce jsme vytvořili procentuální schéma. Stupnice hodnocení porosity je třibodová.

*Stupeň 0* označuje nepřítomnost znaku. *Stupeň 1* označuje přítomnost pórů, které pokrývají povrch do poloviny obsahu pásu. *Stupeň 2* označuje přítomnost znaku, který pokrývá povrch z více než poloviny obsahu pásu.



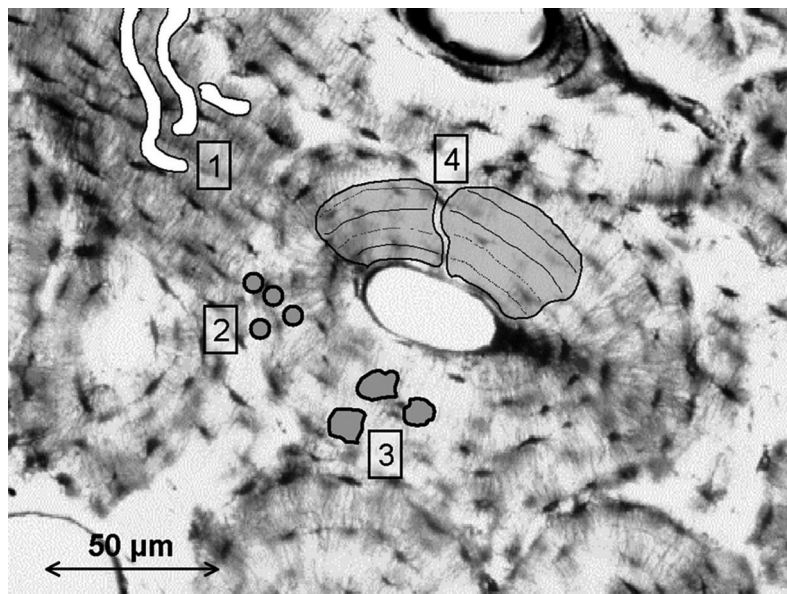
Obrázek 14. Poróznita

## 6.2 Histologická analýza

Histologické metody jsou zde možná nadbytečné, protože k analýze histologických došlo pouze preliminárně na kostech, jejichž povrch nebyl předem ohodnocen. Histologickou analýzu skórovaných kostí jsme z časových a technických důvodu nestihli. Protože však předkládáme několik ilustrativních snímků našich histologických řezů, uvedeme stručně náš postup přípravy histologických preparátů.

Při tvorbě histologických preparátů jsme se opírali především o laboratorní postup 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Plzni. Čerpali jsme ze skript doc. Tonara a kolektivu (Tonar et al., 2009) a z osobní konzultace s ním. Preparáty jsme připravovali ve formě tzv. *thick sections*, tedy příčných řezů těly záprstních a nártních kostí. Řezy o tloušťce 600–1000  $\mu\text{m}$  jsme nařezali na stolní kotoučové pile. Tloušťka příčných řezů závisela na jejich křehkosti. Pak jsme preparáty zalili pryskyřicí Translux D150 smíchanou s tužidlem Translux D150 v poměru 10:6 a preparáty nechali v digestoři polymerizovat. Po vytvrnutí jsme preparáty nalepili na podložní sklo a na čelní brusce výrazně ubrousili hmotu preparátu. Preparáty jsme pak vyleštili brusnými papíry o vzestupné zrnitosti. Tak jsme dosáhli výsledné tloušťky preparátů cca 150–200  $\mu\text{m}$ , které by u archeologické kosti nebylo možno jinak docílit. Preparáty jsme konečně namontovali na podložní sklo pomocí Solakrylu. Analyzovali jsme tedy nedekalcifikované a nebarvené preparáty. Výsledné preparáty jsme pak umístili do přenosného boxu.

Preparáty jsme zkoumali pod světelným mikroskopem bez i s polarizačním filtrem. Naším primárním cílem bylo sledovat stopy po mikroorganickém ataku, tzv. mikroskopické fokální destrukce (Jans et al., 2002; Jans et al., 2004; Obrázek 13). Těmi jsou Wedelovy tunely – číslo 1 na Obrázku 13, lineární longitudinální tunely – číslo 2 na Obrázku 13, pupenčité tunely, *budded tunnelling* – číslo 3 na Obrázku 13., a vrstevnaté tunely – číslo 4 na Obrázku 13. K další plánované histologické analýze – *Oxford histological index* (Hedges et al., 1995), a *Cracking index* (Jans et al., 2004) jsme se z časových důvodů nedostali.



Obrázek 15. Mikroskopické fokální destrukce (převzato z Jans et al., 2004)

### 6.3 Statistická analýza dat

Protože jsme analyzovali ordinální data, nemohli jsme využít klasických univariačních a multivariačních analýz (Agresti, 2007). Vyhodnocovali jsme reliabilitu a validitu proměnných a vztah mezi těmito proměnnými.

Reliabilitu (Carmines et Zeller, 1979; Sechrest, 1984; William, 2001; Barlow, 2002) hodnocení stupně zvětrání jsme ověřili výpočtem intraobservační shody pomocí Cohenovy vážené kappy –  $\kappa$  (Landis et Koch, 1977; Kaley et Osberg, 1989). Pro vážení jednotlivých stupňů jsme využili kvadratických vah. Slovní evaluace hodnoty  $\kappa$  uvádíme podle (Landis et Koch, 1977; viz Tabulka 2). Pro Cohenovu váženou kappu jsme použili kvadratické váhy, ne lineární. Intraobservační shodu jsme vypočítali ve statistickém programu MedCalc Software bvba. Vzhledem k nepříznivému výsledku validity budeme používat data naměřená jen jedním badatelem se statisticky signifikantní intraobservační shodou –  $P < 0,01$ .

Validita (Carmines et Zeller, 1979; Sechrest, 1984; Messick, 1998; Orton, 1998; Avizienis et al., 2001; William, 2001) – tedy interobservační shoda – musí být nadále zkoumána, protože, ač první výsledky interobservační shody nebyly příznivé,  $\kappa < 0,4$ , vzhledem k zlepšujícímu se trendu intraobservační shody můžeme předpokládat tento trend i u interobservační shody. Proto, pro nepříznivý výsledek validity, budeme

používat data naměřená jen jedním badatelem se statisticky signifikantní intraobservační shodou –  $P < 0,01$ .

Tabulka 2. Slovní hodnocení Cohenovy vážené kappy

$\kappa$	slovní komentář (podle Landis et Koch, 1977)
< 0	bezvýznamná
0,00–0,20	nepatrná
0,21–0,40	slabá
0,41–0,60	mírná
0,61–0,80	značná
0,81–1	téměř naprostá

V rámci skupin kostí, tedy pro kosti zápřední a nártní, jsme statisticky analyzovaly rozdíly mezi proměnnými v závislosti na straně kosti. Kruskal-Wallisův test nám vypočetl přítomnost statisticky signifikantních rozdílů, Mann-Whitneyovo U testem jsme případně dohledali konkrétní rozdíly mezi konkrétními stranami nebo konkrétními proměnnými. Statistickou signifikanci rozdílů v porozitě mezi různými percentily délky kosti jsme vypočítali opět podle Mann-Whitneyovo U testu, stejně jako statistickou signifikanci mezi odhalenou trámčinou na proximálním a distálním konci. Oba testy jsme provedli v programu IBM SPSS Statistics. Percentuální vyjádření variability jednotlivých proměnných napříč stranami kosti jsme spočítali pomocí Kruskal-Wallisovo testu v programu IBM SPSS Statistics.

vynecháno záměrně

## 7 VÝSLEDKY

Nejdříve uvedeme reliabilitu – tedy intraobservační shodu měření – skórování jednotlivých proměnných. Reliabilitu hodnocení stupně zvětrání jsme ověřili výpočtem intraobservační shody pomocí Cohenovy vážené kappy -  $\kappa$ . K vážení jednotlivých stupňů jsme využili kvadratických vah. Slovní evaluace hodnoty  $\kappa$  uvádíme podle (Landis et Koch, 1977). Výsledky intraobservační shody měly v čase zlepšující se tendenci –  $\kappa < 0,6$  – pouze u hodnocení stupně zvětrání došlo mezi druhým a třetím hodnocením intraobservační shody k poklesu z  $\kappa = 0,875$  na  $\kappa = 0,711$ . Ovšem je potřeba upozornit že při třetím hodnocení stupně zvětrání byly skórovány pouze stupeň 1 a stupeň 2 a tedy s ohledem na proces výpočtu intraobservační shody ve statistickém programu MedCalc, je výsledek výrazně podhodnocen – stupnice je šestibodová, a tedy výpočet kvadratických vah není přesný a rovněž pozorování větší variability by výslednou hodnotu  $\kappa$  opět zvýšilo. Hodnoty  $\kappa$  pro intraobservační shodu pro všechny proměnné jsou uvedeny v Tabulce 3 a 4. Protože na kostech nebyla vždy hodnocena celá škála stupnice, jsou výsledky Cohenovy vážené kappy mírně podhodnocené. Jedinými případy, kdy byla pozorována celá škála variability, bylo hodnocení porózity.

Tabulka 3. Druhé měření intraobservační shody.

Proměnná	Cohenova vážená $\kappa$	<i>P</i> hodnota	Slovní hodnocení shody
Zvětrání	0,875	$P < 0,001$	téměř naprostá
Odhalená trámčina	0,861	$P < 0,001$	téměř naprostá
Krakeláž	0,739	$P < 0,001$	značná
Porózita	0,672	$P < 0,001$	značná

Tabulka 4. Třetí měření intraobservační shody.

Proměnná	Cohenova vážená $\kappa$	<i>P</i> hodnota	Slovní hodnocení shody
Zvětrání	0,711*	$P < 0,001$	značná
Odhalená trámčina	0,885	$P < 0,001$	téměř naprostá
Krakeláž	0,943	$P < 0,001$	téměř naprostá
Porózita	0,82	$P < 0,001$	téměř naprostá

\* hodnoceny pouze stupeň 1 a stupeň 2



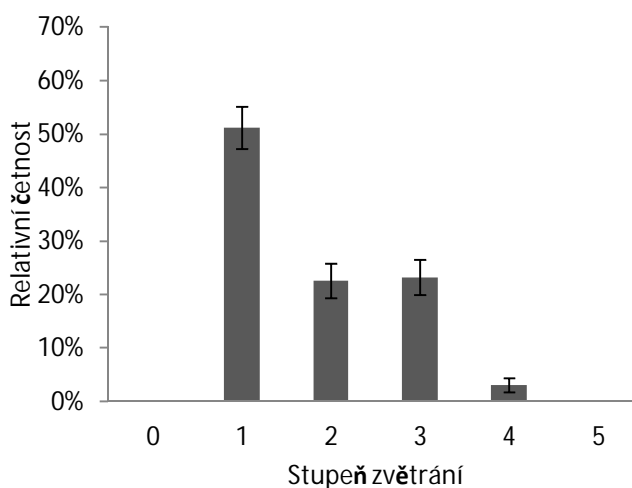
Výsledky budeme prezentovat nejdříve odděleně pro jednotlivé skupiny kostí – záprstní a nártní, v poslední podkapitole pak budeme statisticky testovat signifikanci rozdílů a obě skupiny kostí komparovat. V grafech a tabulkách uvádíme, pokud není uvedeno jinak, směrodatnou chybu.

## 7.1 Záprstní kosti

### 7.1.1 Stupeň zvětrání

Prvním hodnoceným znakem záprstních kostí byla míra zvětrání povrchu kosti podle Behrensmeyer (1978) v optimalizaci pro zkoumané kosti – viz výše v kapitole Metody. Hodnoceny byly všechny záprstní kosti v souboru –  $n = 41$ , kosti byly hodnoceny na palmární, mediální, dorzální i laterální straně –  $n = 164$ . Svorky jednotlivých sloupců sloupcových grafů uvádí intervaly spolehlivosti pro relativní četnosti.

Celkovou míru zvětrání záprstních kostí shrnuje Graf 1 a Tabulka 1. Stupeň 0 nebyl na zkoumaném souboru pozorován vůbec, stupeň 1 na 51 % souboru, stupeň 2 na 23 %, stupeň 3 na 23 %, stupeň 4 na 3 % souboru a stupeň 5 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 164 vzorků.

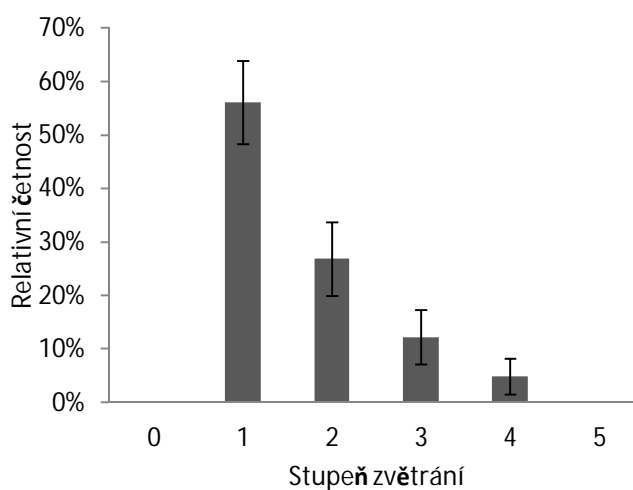


Graf 1. Relativní četnost stupňů zvětrání všech stran záprstních kostí

Tabulka 5. Četnosti stupňů zvětrání všech stran záprstních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	84	0,51	0,039
2	37	0,23	0,033
3	38	0,23	0,033
4	5	0,03	0,013
5	0	0	0
celkem	164	1	

Zvětrání palmární strany záprstních kostí shrnuje Graf 2 a Tabulka 2. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 56 % souboru, stupeň 2 na 27 % souboru, stupeň 3 na 12 % souboru, stupeň 4 na 5 % souboru a stupeň 5 nebyl na palmární straně záprstních kostí pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 41 vzorků.

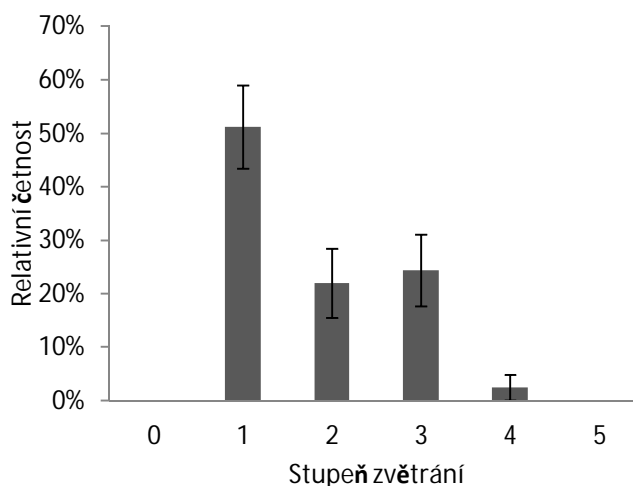


Graf 2. Relativná četnosti stupňů zvětrání palmární strany záprstních kostí

Tabulka 6. Četnosti stupňů zvětrání palmární strany záprstních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	23	0,56	0,078
2	11	0,27	0,069
3	5	0,12	0,051
4	2	0,05	0,034
5	0	0	0
celkem	41	1	

Zvětrání mediální strany záprstních kostí shrnuje Graf 3 a Tabulka 3. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 51 % souboru, stupeň 2 na 22 % souboru, stupeň 3 na 24 % souboru, stupeň 4 na 2 % souboru a stupeň 5 nebyl na mediální straně záprstních kostí pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 41 vzorků.

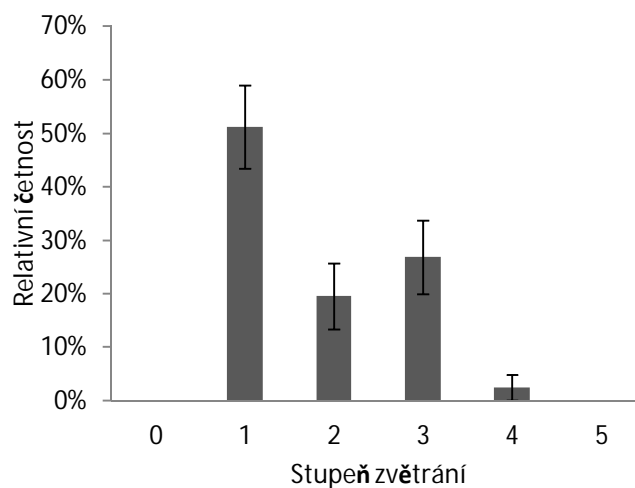


Graf 3. Relativní četnost stupňů zvětrání mediální strany záprstních kostí

Tabulka 7. Četnosti stupňů zvětrání mediální strany záprstních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	21	0,51	0,078
2	9	0,22	0,065
3	10	0,24	0,067
4	1	0,02	0,024
5	0	0	0
celkem	41	1	

Zvětrání dorzální strany záprstních kostí shrnuje Graf 4 a Tabulka 4. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 51 % souboru, stupeň 2 na 20 % souboru, stupeň 3 na 27 % souboru, stupeň 4 na 2 % souboru a stupeň 5 nebyl na dorzální straně záprstních kostí pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 41 vzorků.

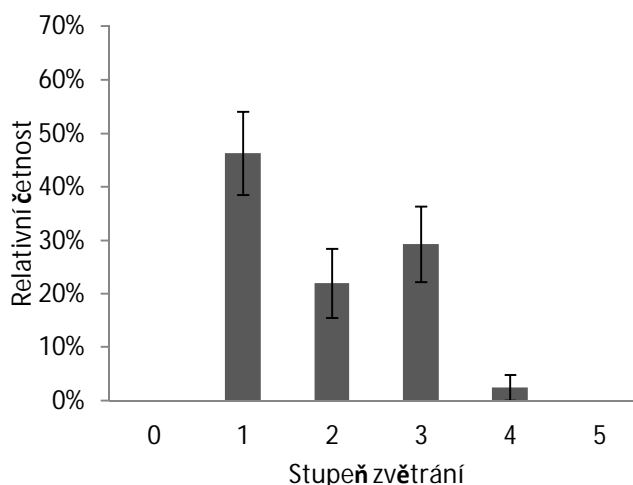


Graf 4. Relativní četnost stupňů zvětrání dorzální strany záprstních kostí

Tabulka 8. Četnosti stupňů zvětrání dorzální strany záprstních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	21	0,51	0,078
2	8	0,20	0,062
3	11	0,27	0,069
4	1	0,02	0,024
5	0	0	0
celkem	41	1	

Zvětrání laterální strany záprstních kostí shrnuje Graf 5 a Tabulka 5. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 46 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 22 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 29 % souboru, stupeň 4 byl pozorován na 2 % souboru a stupeň 5 nebyl na laterální straně záprstních kostí pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 41 vzorků.



Graf 5. Relativní četnost stupňů zvětrání laterální strany záprstních kostí

Tabulka 9. Četnosti stupňů zvětrání laterální strany záprstních kostí

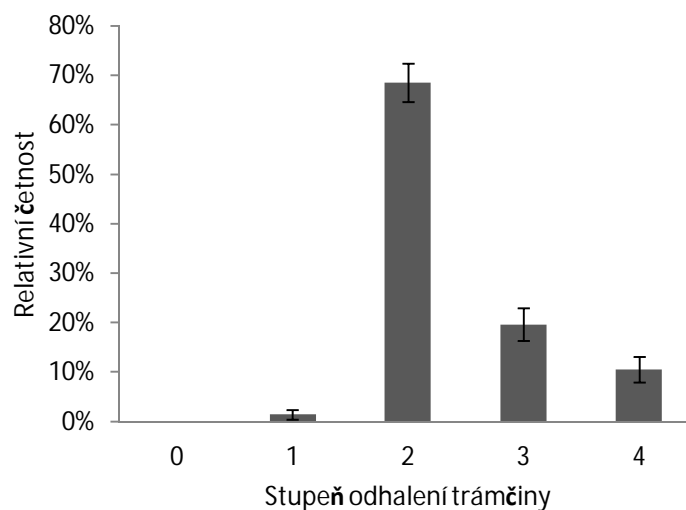
	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	19	0,46	0,078
2	9	0,22	0,065
3	12	0,29	0,071
4	1	0,02	0,024
5	0	0	0
celkem	41	1	

### 7.1.2 Odhalená trámčina konců kostí

Stupeň odhalení trámčiny jsme hodnotili na proximálním i distálním konci záprstních kostí. Nejprve uvedeme výsledky hodnocení na proximálním konci kostí.

#### **Odhalená trámčina na proximálním konci záprstních kostí**

Tento znak nebylo možno hodnotit na proximálním konci na všech stranách kosti v 18 případech. Stupeň odhalení trámčiny na proximálním konci na všech stranách záprstních kostí shrnuje Graf 6 a Tabulka 6. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 1 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 69 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 20 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 10 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 143 vzorků.

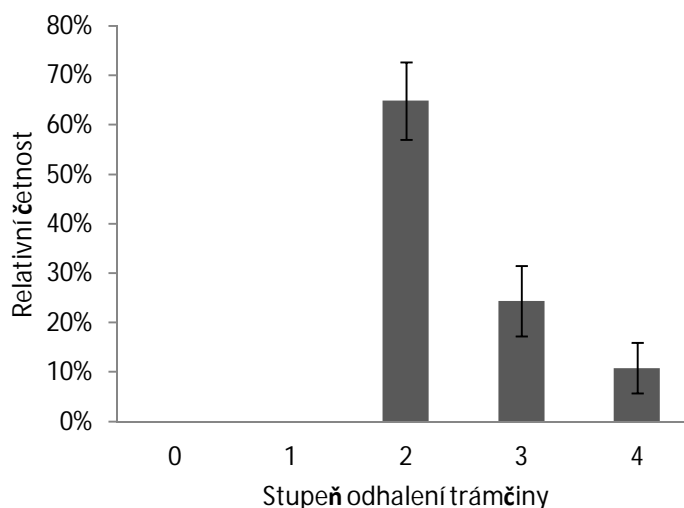


Graf 6. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí (všechny strany)

Tabulka 10. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	2	0,01	0,010
2	98	0,69	0,039
3	28	0,20	0,033
4	15	0,10	0,026
celkem	143	1	

Stupeň odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí na palmární straně shrnuje Graf 7 a Tabulka 7. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 také nebyl pozorován vůbec, stupeň 2 byl pozorován na 65 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 24 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 11 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 37 vzorků.



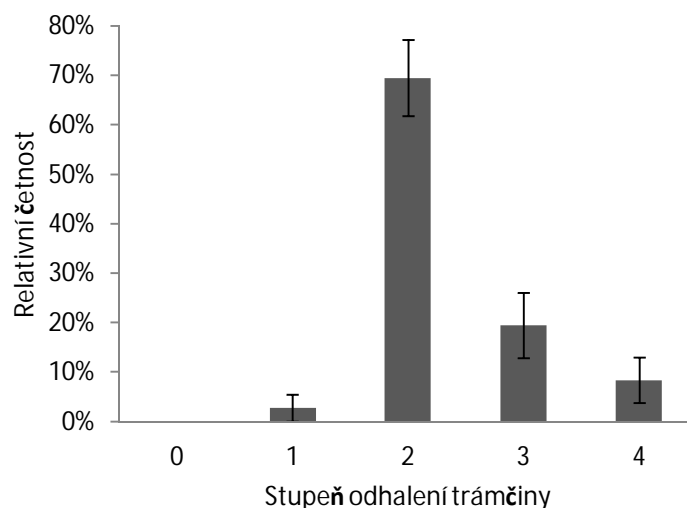
Graf 7. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí (palmární strana)

Tabulka 11. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí (palmární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	0	0,00	0,000
2	24	0,65	0,078
3	9	0,24	0,071
4	4	0,11	0,051
celkem	37	1	

Stupeň odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí na mediální straně shrnuje Graf 8 a Tabulka 8. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 3 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 69 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 19 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 8 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 36 vzorků.



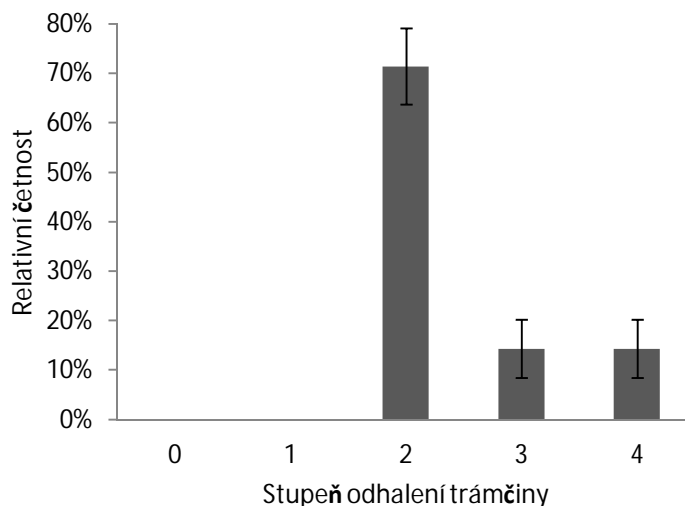


Graf 8. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí (mediální strana)

Tabulka 12. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí (mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	1	0,03	0,027
2	25	0,69	0,077
3	7	0,19	0,066
4	3	0,08	0,046
celkem	36	1	

Stupeň odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 9 a Tabulka 9. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 také nebyl pozorován vůbec, stupeň 2 byl pozorován na 71 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 14 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 14 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 35 vzorků.

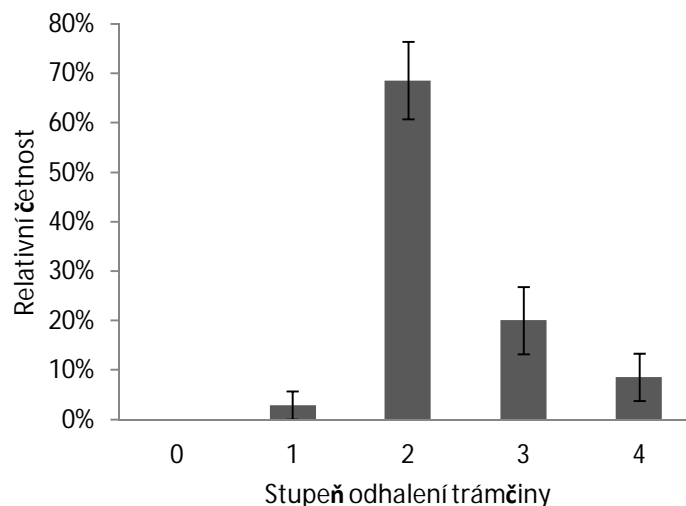


Graf 9. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí (dorzální strana)

Tabulka 13. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	0	0,00	0,000
2	25	0,71	0,076
3	5	0,14	0,059
4	5	0,14	0,059
celkem	35	1	

Stupeň odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí na laterální straně shrnuje Graf 10 a Tabulka 10. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 3 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 69 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 20 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 9 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 35 vzorků.



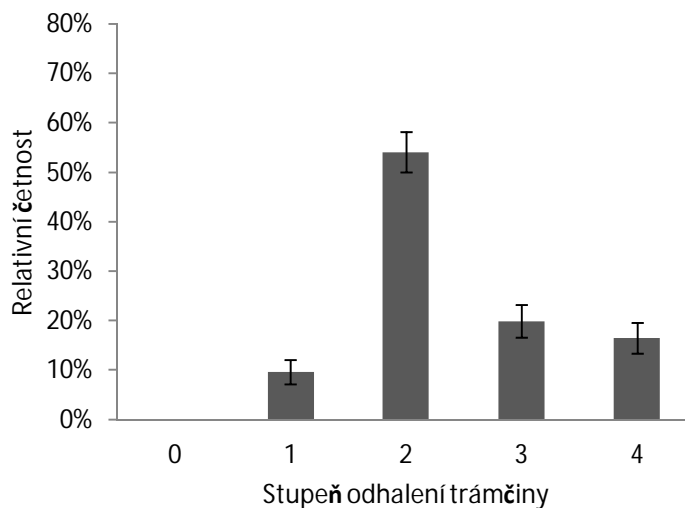
Graf 10. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí (laterální strana)

Tabulka 14. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	1	0,03	0,028
2	24	0,69	0,078
3	7	0,20	0,068
4	3	0,09	0,047
celkem	35	1	

### **Odhalená trámčina na distálním konci záprstních kostí**

Stupeň odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí nebylo možno hodnotit na všech stranách kosti v 15 případech. Stupeň odhalení trámčiny na distálním konci na všech stranách záprstních kostí shrnuje Graf 11 a Tabulka 11. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 10 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 54 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 20 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 16 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 146 vzorků.

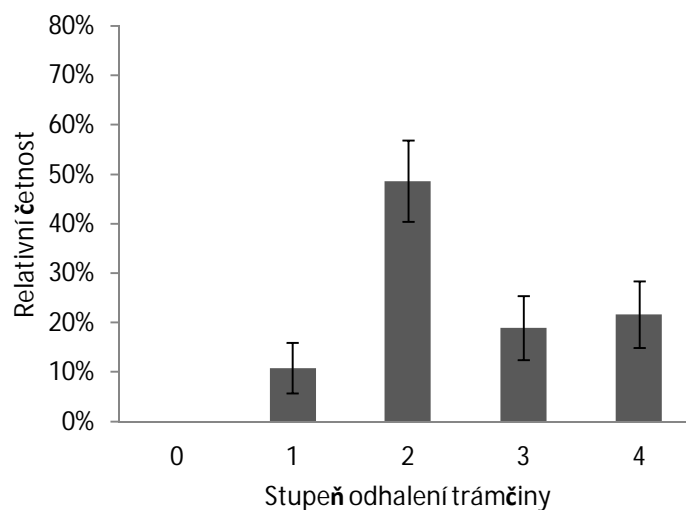


Graf 11. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (všechny strany)

Tabulka 15. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	14	0,10	0,024
2	79	0,54	0,041
3	29	0,20	0,033
4	24	0,16	0,031
celkem	146	1	

Stupeň odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí na palmární straně shrnuje Graf 12 a Tabulka 12. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 11 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 49 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 19 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 22 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 37 vzorků.

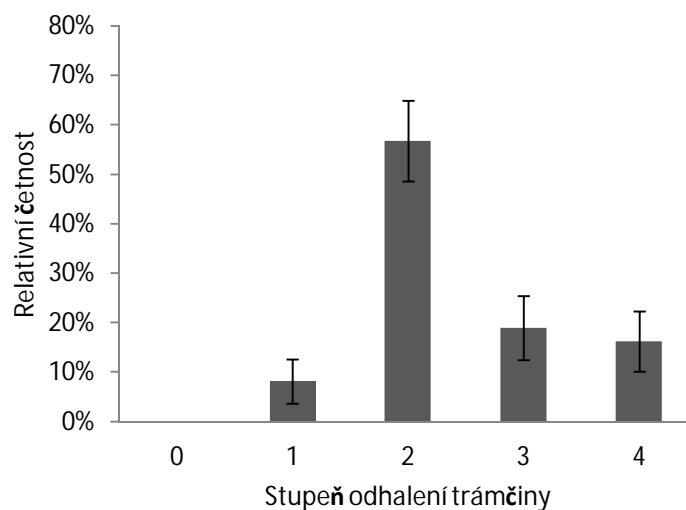


Graf 12. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (palmární strana)

Tabulka 16. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (palmární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	4	0,11	0,051
2	18	0,49	0,082
3	7	0,19	0,064
4	8	0,22	0,068
celkem	37	1	

Stupeň odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí na mediální straně shrnuje Graf 13 a Tabulka 13. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 8 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 57 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 19 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 16 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 37 vzorků.

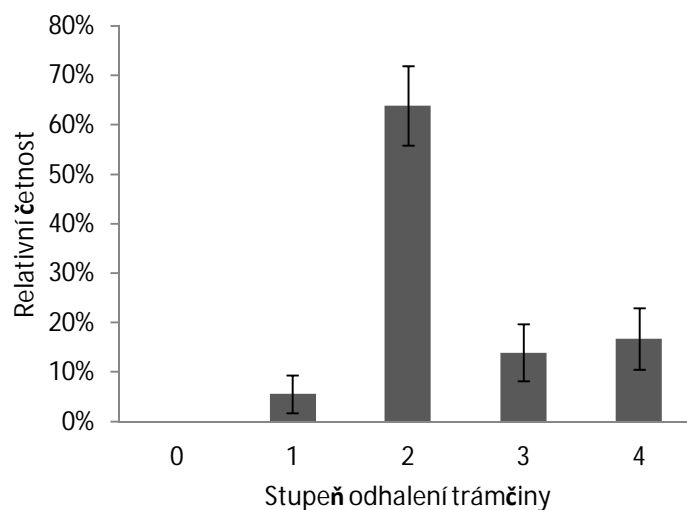


Graf 13. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (mediální strana)

Tabulka 17. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	3	0,08	0,045
2	21	0,57	0,081
3	7	0,19	0,064
4	6	0,16	0,061
celkem	37	1	

Stupeň odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 14 a Tabulka 14. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 6 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 64 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 14 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 17 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 36 vzorků



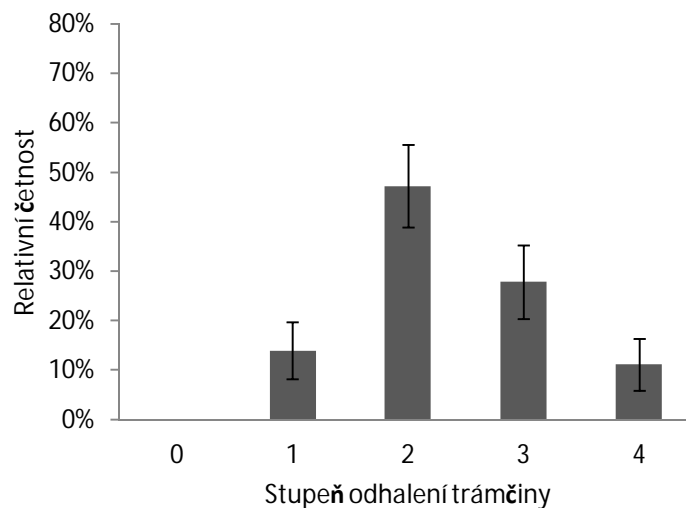
Graf 14. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (dorzální strana)

Tabulka 18. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	2	0,06	0,038
2	23	0,64	0,080
3	5	0,14	0,058
4	6	0,17	0,062
celkem	36	1	

Stupeň odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí na laterální straně shrnuje Graf 15 a Tabulka 15. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 14 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 47 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 28 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 11 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 36 vzorků.





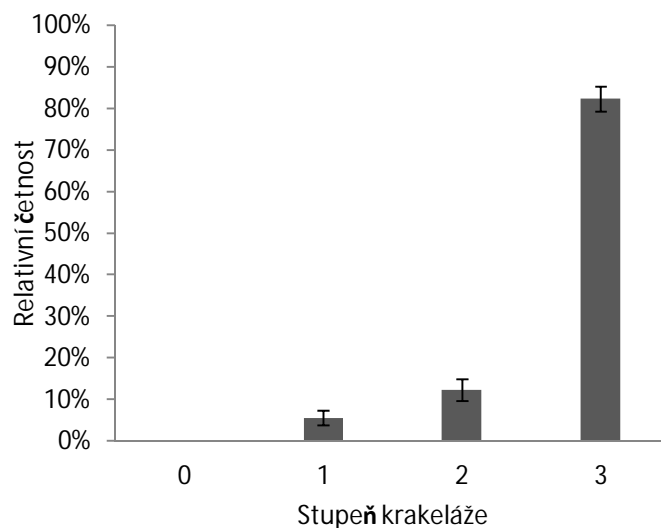
Graf 15. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (laterální strana)

Tabulka 19. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	5	0,14	0,058
2	17	0,47	0,083
3	10	0,28	0,075
4	4	0,11	0,052
celkem	36	1	

### 7.1.3 Krakeláž

Celkovou míru krakeláže záprstních kostí shrnuje Graf 16 a Tabulka 16. Stupeň 0 nebyl na zkoumaném souboru pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 5 % souboru, stupeň 2 na 12 % a stupeň 3 byl pozorován na 82 %. Hodnotili jsme soubor o velikosti 164 vzorků.

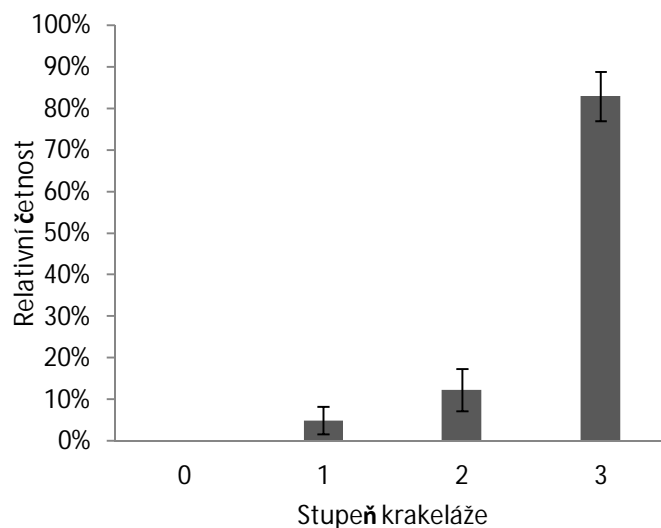


Graf 16. Relativní četnost stupňů krakeláže záprstních kostí (všechny strany)

Tabulka 20. Četnosti stupňů krakeláže záprstních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	9	0,05	0,018
2	20	0,12	0,026
3	135	0,82	0,030
celkem	164	1	

Stupeň krakeláže palmárního povrchu záprstních kostí shrnuje Graf 17 a Tabulka 17. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 5 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 12 % souboru a stupeň 3 byl pozorován na 83 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 41 vzorků.

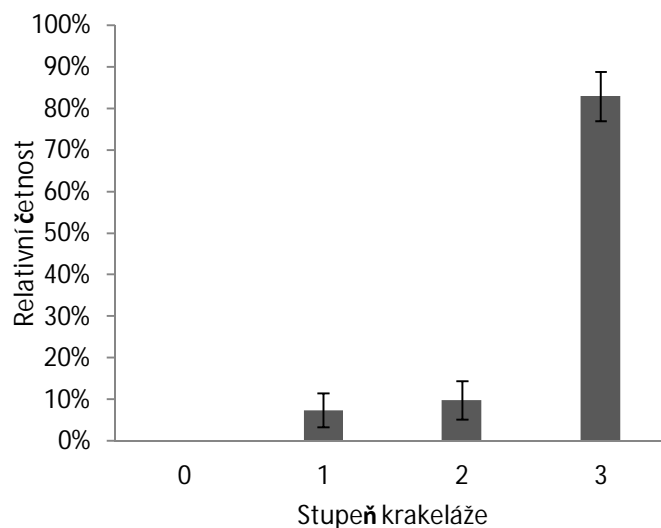


Graf 17. Relativní četnost stupňů krakeláže palmární strany záprstních kostí

Tabulka 21. Četnosti stupňů krakeláže palmární strany záprstních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	2	0,05	0,034
2	5	0,12	0,051
3	34	0,83	0,059
celkem	41	1	

Stupeň krakeláže mediálního povrchu záprstních kostí shrnuje Graf 18 a Tabulka 18. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 7 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 10 % souboru a stupeň 3 byl pozorován na 83 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 41 vzorků.

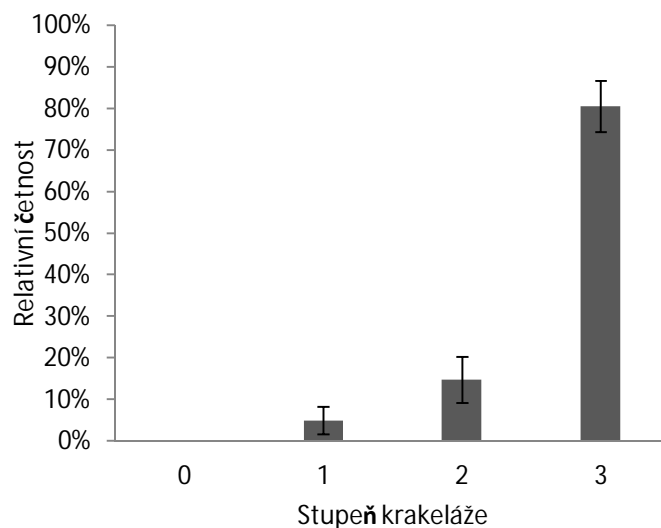


Graf 18. Relativní četnost stupňů krakeláže mediální strany záprstních kostí

Tabulka 22. Četnosti stupňů krakeláže mediální strany záprstních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	3	0,07	0,041
2	4	0,10	0,046
3	34	0,83	0,059
celkem	41	1	

Stupeň krakeláže dorzálního povrchu záprstních kostí shrnuje Graf 19 a Tabulka 19. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 5 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 15 % souboru a stupeň 3 byl pozorován na 80 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 41 vzorků.

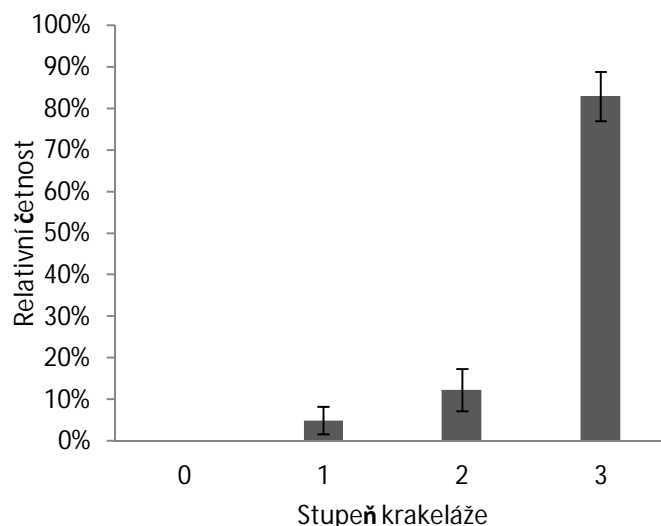


Graf 19. Relativní četnost stupňů krakeláže dorzální strany záprstních kostí

Tabulka 23. Četnosti stupňů krakeláže dorzální strany záprstních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	2	0,05	0,034
2	6	0,15	0,055
3	33	0,80	0,062
celkem	41	1	

Stupeň krakeláže laterálního povrchu záprstních kostí shrnuje Graf 20 a Tabulka 20. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 5 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 12 % souboru a stupeň 3 byl pozorován na 83 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 41 vzorků.



Graf 20. Relativní četnost stupňů krakeláže laterální strany záprstních kostí

Tabulka 24. Četnosti stupňů krakeláže laterální strany záprstních kostí

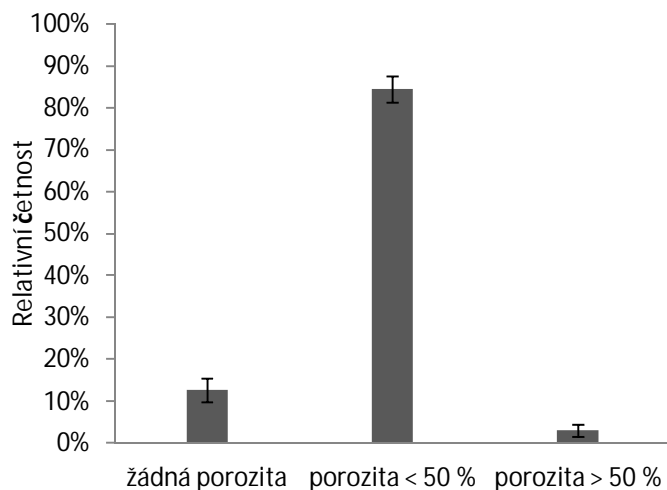
	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	2	0,05	0,034
2	5	0,12	0,051
3	34	0,83	0,059
celkem	41	1	

#### 7.1.4 Poróznost

Poróznost jsme hodnotili na všech stranách záprstních kostí ve 20 %, 35 %, 50 %, 65 % a v 80 % délky kosti. Všechny analyzované vzorky nebylo možné vždy hodnotit. Výsledkům v jednotlivých percentilech délky se budeme věnovat odděleně v následující části.

##### **Poróznost ve 20 % délky kostí**

Celkovou míru poróznosti ve 20 % délky záprstních kostí na palmární, mediální, dorzální i laterální straně shrnuje Graf 21 a Tabulka 21. Stupeň 0 byl pozorován na 13 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 84 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 3 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 135 vzorků.



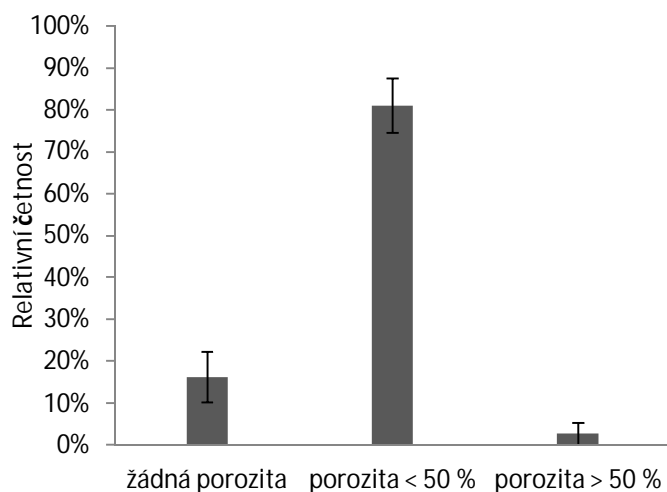
Graf 21. Relativní četnost stupňů porózy ve 20 % délky záprstních kostí (všechny strany)

Tabulka 25. Četnosti stupňů porózy ve 20 % délky záprstních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	17	0,13	0,029
1	114	0,84	0,031
2	4	0,03	0,015
celkem	135	1	

Stupeň porózy ve 20 % délky záprstních kostí na palmární straně shrnuje Graf 22 a Tabulka 22. Stupeň 0 byl pozorován na 16 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 81 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 3 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 37 vzorků.

Stupeň porózy ve 20 % délky záprstních kostí na mediální straně shrnuje Graf 23 a Tabulka 23. Stupeň 0 byl pozorován na 54 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 44 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 3 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 34 vzorků.



Graf 22. Relativní četnost stupňů porózy ve 20 % délky záprstních kostí (palmární strana)

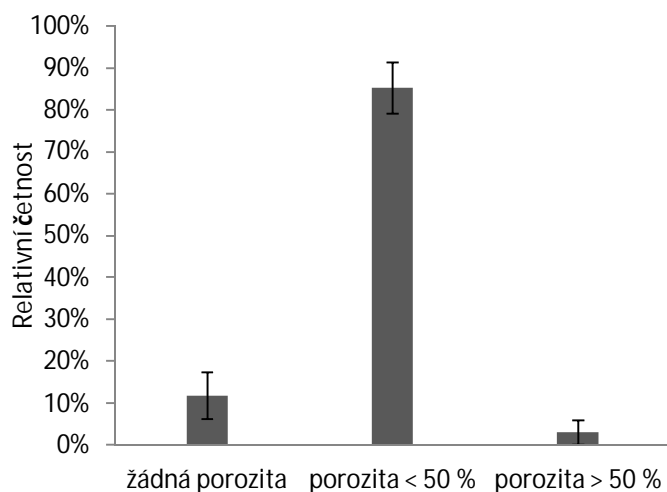
Tabulka 26. Četnosti stupňů porózy ve 20 % délky záprstních kostí (palmární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	6	0,16	0,061
1	30	0,81	0,064
2	1	0,03	0,027
celkem	37	1	

Stupeň porózy ve 20 % délky záprstních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 24 a Tabulka 24. Stupeň 0 byl pozorován na 18 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 79 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 3 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 34 vzorků.

Stupeň porózy ve 20 % délky záprstních kostí na laterální straně shrnuje Graf 25 a Tabulka 25. Stupeň 0 byl pozorován na 3 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 93 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 3 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 30 vzorků.

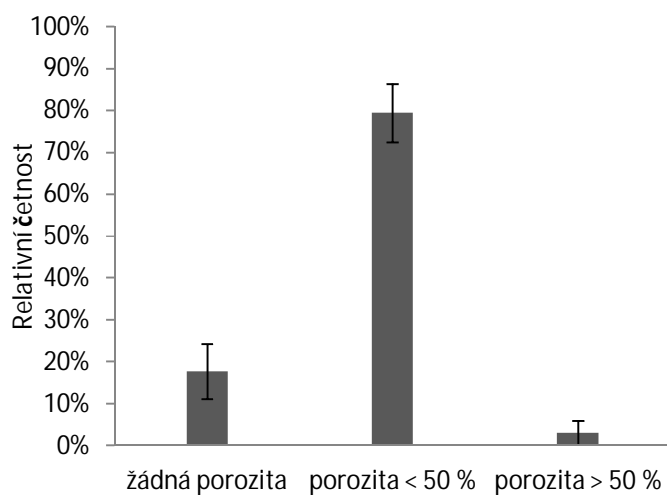




Graf 23. Relativní četnost stupňů porózy ve 20 % délky záprstních kostí (mediální strana)

Tabulka 27. Četnosti stupňů porózy ve 20 % délky záprstních kostí (mediální strana)

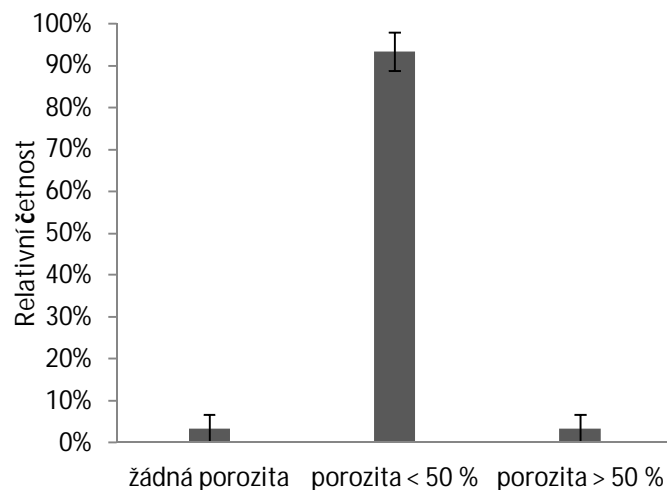
	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	4	0,12	0,055
1	29	0,85	0,061
2	1	0,03	0,029
celkem	34	1	



Graf 24. Relativní četnost stupňů porózy ve 20 % délky záprstních kostí (dorzální strana)

Tabulka 28. Četnosti stupňů porózy ve 20 % délky záprstních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	6	0,18	0,065
1	27	0,79	0,069
2	1	0,03	0,029
celkem	34	1	



s

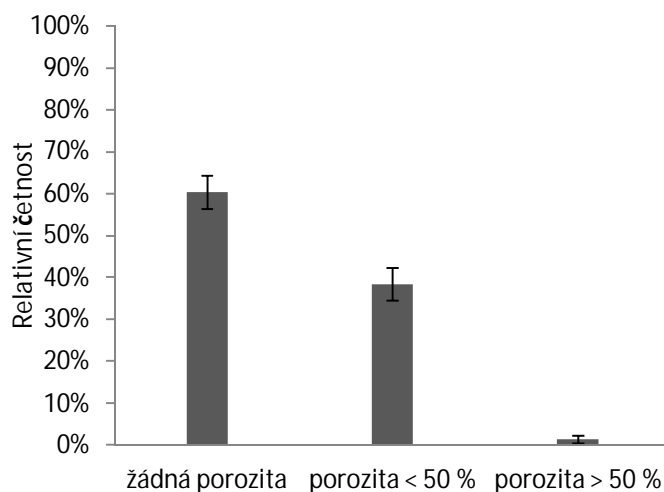
Graf 25. Relativní četnost stupňů porózy ve 20 % délky záprstních kostí (laterální strana)

Tabulka 29. Četnosti stupňů porózy ve 20 % délky záprstních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	1	0,03	0,033
1	28	0,93	0,046
2	1	0,03	0,033
celkem	30	1	

### Poróza ve 35 % délky kostí

Celkovou míru porózy ve 35 % délky záprstních kostí na palmární, mediální, dorzální i laterální straně shrnuje Graf 26 a Tabulka 26. Stupeň 0 byl pozorován na 60 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 38 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 1 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 154 vzorků.



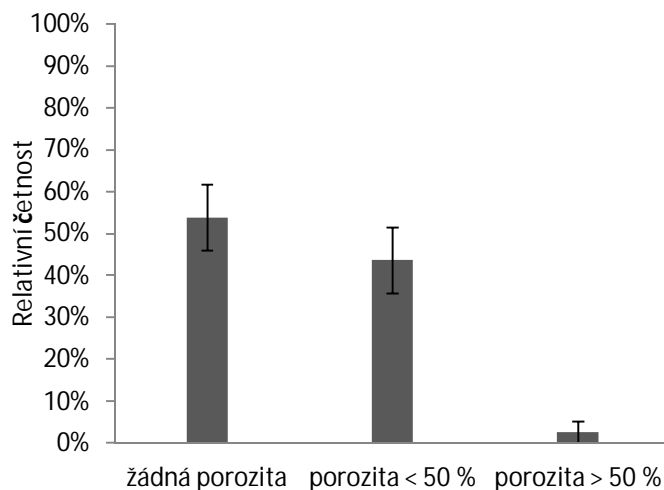
Graf 26. Relativní četnost stupňů porózy ve 35 % délky záprstních kostí (všechny strany)

Tabulka 30. Četnosti stupňů porózy ve 35 % délky záprstních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	93	0,60	0,039
1	59	0,38	0,039
2	2	0,01	0,009
celkem	154	1	

Stupeň porózy ve 35 % délky záprstních kostí na palmární straně shrnuje Graf 27 a Tabulka 27. Stupeň 0 byl pozorován na 54 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 44 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 3 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 39 vzorků.

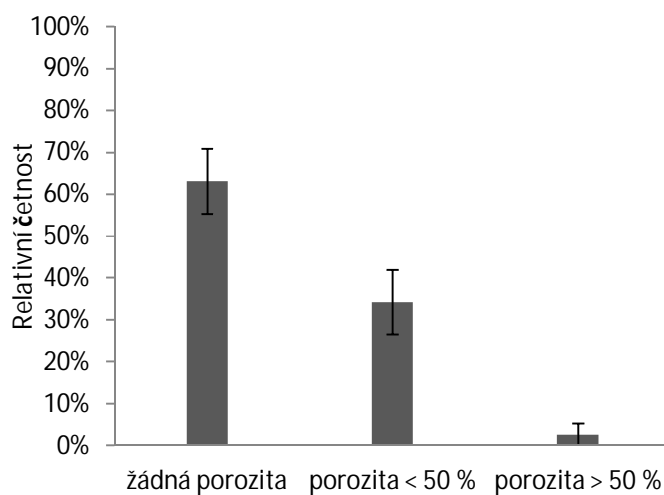
Stupeň porózy ve 35 % délky záprstních kostí na mediální straně shrnuje Graf 28 a Tabulka 28. Stupeň 0 byl pozorován na 63 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 34 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 3 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 38 vzorků.



Graf 27. Relativní četnost stupňů porózy ve 35 % délky záprstních kostí (palmární strana)

Tabulka 31. Četnosti stupňů porózy ve 35 % délky záprstních kostí (palmární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	21	0,54	0,080
1	17	0,44	0,079
2	1	0,03	0,025
celkem	39	1	



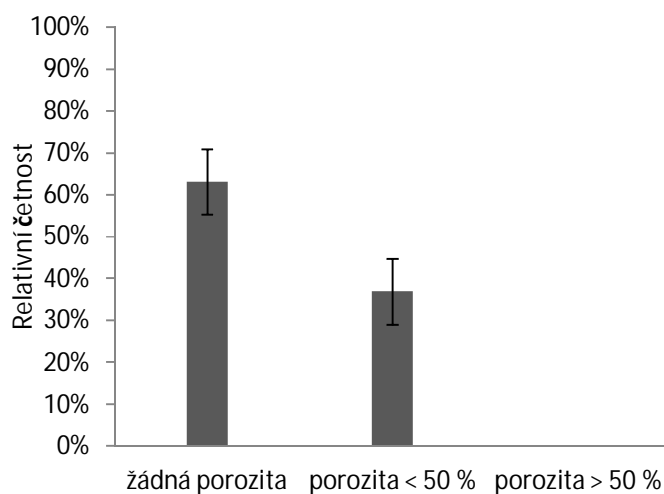
Graf 28. Relativní četnost stupňů porózy ve 35 % délky záprstních kostí (mediální strana)

Tabulka 32. Četnosti stupňů porózy ve 35 % délky záprstních kostí  
(mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	24	0,63	0,078
1	13	0,34	0,077
2	1	0,03	0,026
celkem	38	1	

Stupeň porózy ve 35 % délky záprstních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 29 a Tabulka 29. Stupeň 0 byl pozorován na 63 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 37 % souboru a stupeň 2 nebyl na dorzální straně záprstních kostí ve 35 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 38 vzorků.

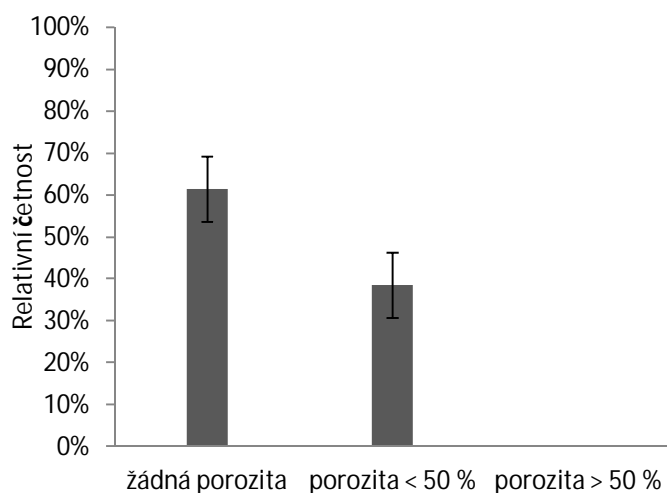
Stupeň porózy ve 35 % délky záprstních kostí na laterální straně shrnuje Graf 30 a Tabulka 30. Stupeň 0 byl pozorován na 62 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 38 % souboru a stupeň 2 nebyl na dorzální straně záprstních kostí ve 35 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 39 vzorků.



Graf 29. Relativní četnost stupňů porózy ve 35 % délky záprstních kostí  
(dorzální strana)

Tabulka 33. Četnosti stupňů porózy ve 35 % délky záprstních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	24	0,63	0,078
1	14	0,37	0,078
2	0	0	0
celkem	38	1	



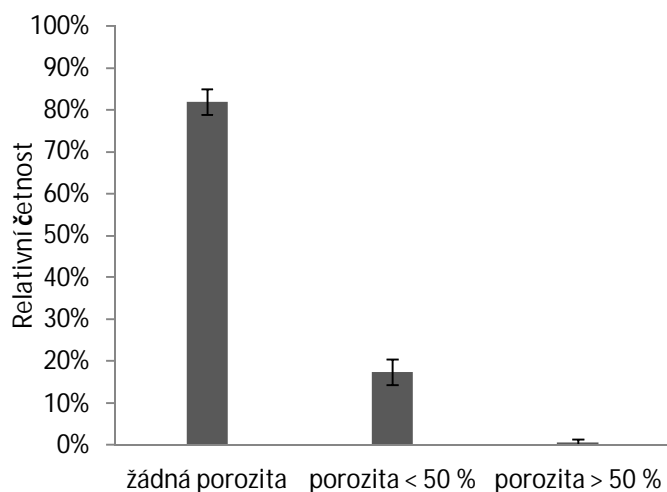
Graf 30. Relativní četnost stupňů porózy ve 35 % délky záprstních kostí (laterální strana)

Tabulka 34. Četnosti stupňů porózy ve 35 % délky záprstních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	24	0,62	0,078
1	15	0,38	0,078
2	0	0	0
celkem	39	1	

### Poróza v 50 % délky kosti

Celkovou míru porózy v 50 % délky záprstních kostí na palmární, mediální, dorzální i laterální straně shrnuje Graf 31 a Tabulka 31. Stupeň 0 byl pozorován na 82 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 17 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 1 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 155 vzorků.



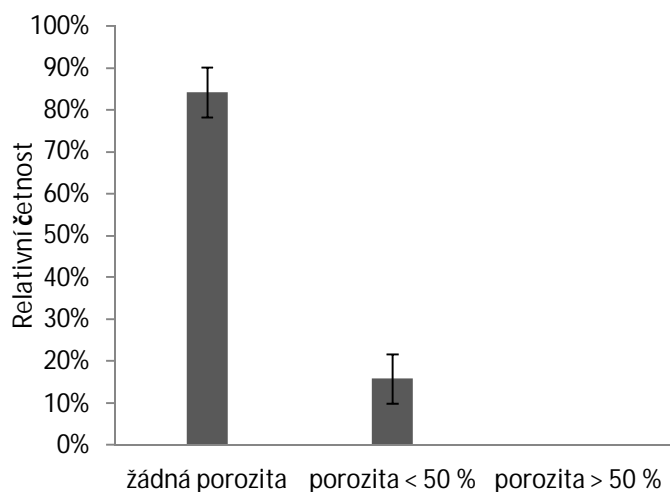
Graf 31. Relativní četnost stupňů porózy v 50 % délky záprstních kostí (všechny strany)

Tabulka 35. Četnosti stupňů porózy v 50 % délky záprstních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	127	0,82	0,031
1	27	0,17	0,030
2	1	0,01	0,006
celkem	155	1	

Stupeň porózy v 50 % délky záprstních kostí na palmární straně shrnuje Graf 32 a Tabulka 32. Stupeň 0 byl pozorován na 84 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 16 % souboru a stupeň 2 nebyl na palmární straně záprstních kostí v 50 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 38 vzorků.

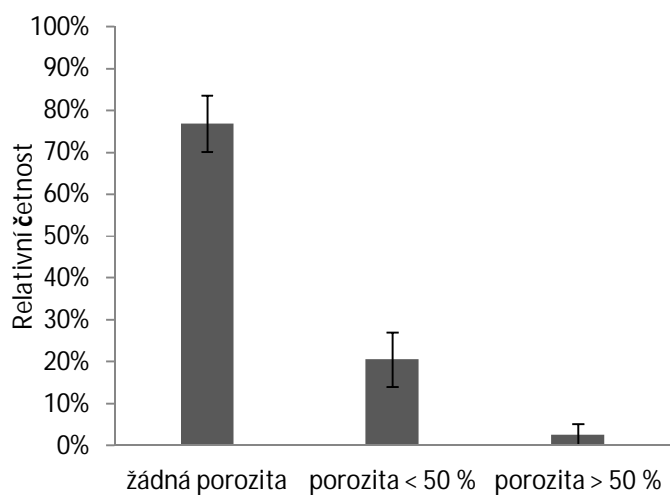
Stupeň porózy v 50 % délky záprstních kostí na mediální straně shrnuje Graf 33 a Tabulka 33. Stupeň 0 byl pozorován na 77 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 21 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 3 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 39 vzorků.



Graf 32. Relativní četnost stupňů porozity v 50 % délky záprstních kostí (palmární strana)

Tabulka 36. Četnosti stupňů porozity v 50 % délky záprstních kostí (palmární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	32	0,84	0,059
1	6	0,16	0,059
2	0	0	0
celkem	38	1	



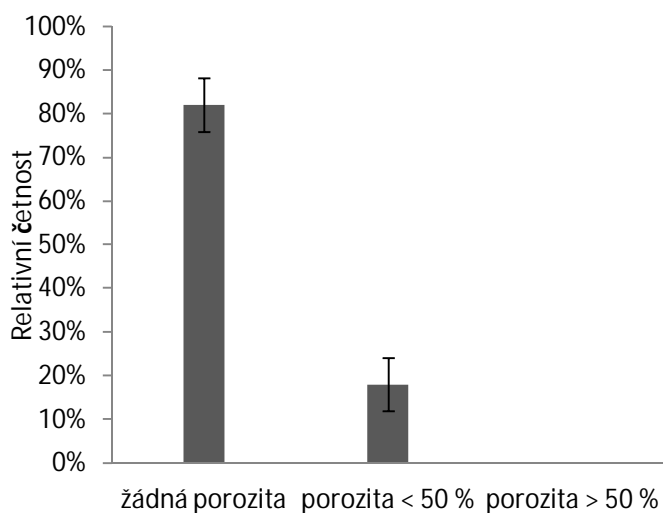
Graf 33. Relativní četnost stupňů porozity v 50 % délky záprstních kostí (mediální strana)



Tabulka 37. Četnosti stupňů porózy v 50 % délky záprstních kostí (mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	30	0,77	0,067
1	8	0,21	0,065
2	1	0,03	0,025
celkem	39	1	

Stupeň porózy v 50 % délky záprstních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 34 a Tabulka 34. Stupeň 0 byl pozorován na 82 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 18 % souboru a stupeň 2 nebyl na dorzální straně záprstních kostí v 50 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 39 vzorků.



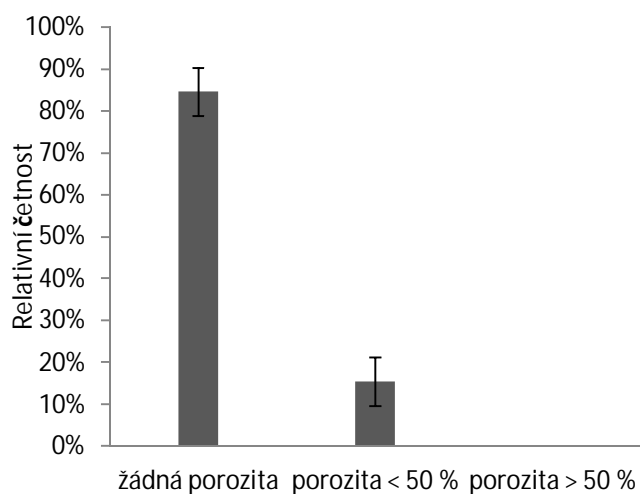
Graf 34. Relativní četnost stupňů porózy v 50 % délky záprstních kostí (dorzální strana)

Tabulka 38. Četnosti stupňů porózy v 50 % délky záprstních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	32	0,82	0,061
1	7	0,18	0,061
2	0	0	0
celkem	39	1	

Stupeň porózy v 50 % délky záprstních kostí na laterální straně shrnuje Graf 35 a Tabulka 35. Stupeň 0 byl pozorován na 85 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na

15 % souboru a stupeň 2 nebyl na laterální straně záprstních kostí v 50 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 39 vzorků



Graf 35. Relativní četnost stupňů porózy v 50 % délky záprstních kostí (laterální strana)

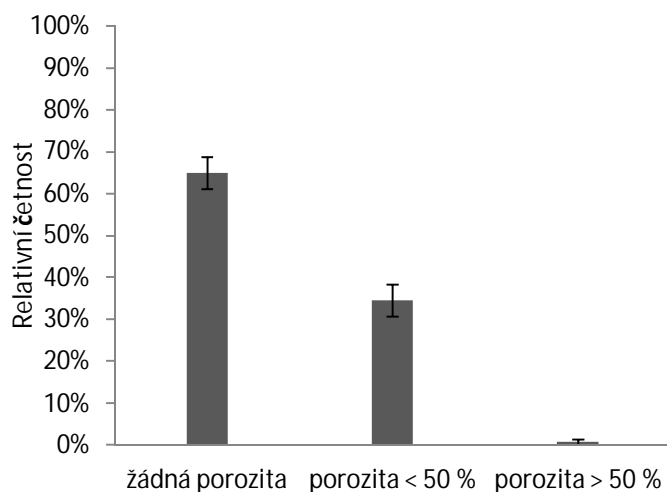
Tabulka 39. Četnosti stupňů porózy v 50 % délky záprstních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	33	0,85	0,058
1	6	0,15	0,058
2	0	0	0
celkem	39	1	

### Poróza v 65 % délky kosti

Celkovou míru porózy v 65 % délky záprstních kostí na palmární, mediální, dorzální i laterální straně shrnuje Graf 36 a Tabulka 36. Stupeň 0 byl pozorován na 65 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 34 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 1 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 154 vzorků.

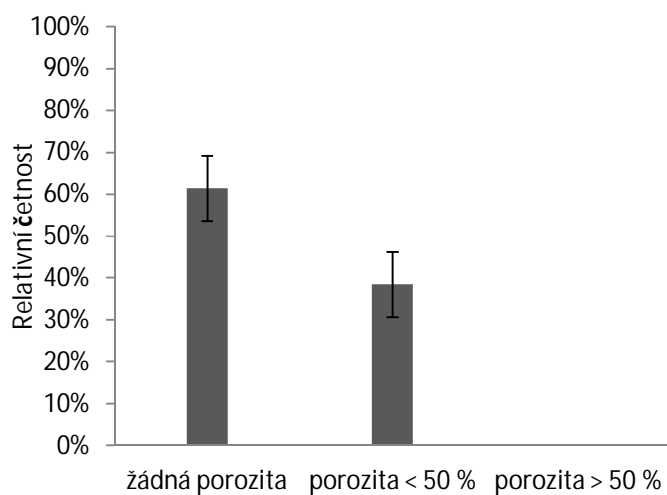
Stupeň porózy v 65 % délky záprstních kostí na palmární straně shrnuje Graf 37 a Tabulka 37. Stupeň 0 byl pozorován na 62 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 38 % souboru a stupeň 2 nebyl na palmární straně záprstních kostí v 65 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 39 vzorků.



Graf 36. Relativní četnost stupňů porózy v 65 % délky záprstních kostí (všechny strany)

Tabulka 40. Četnosti stupňů porózy v 65 % délky záprstních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	100	0,65	0,038
1	53	0,34	0,038
2	1	0,01	0,006
celkem	154	1	

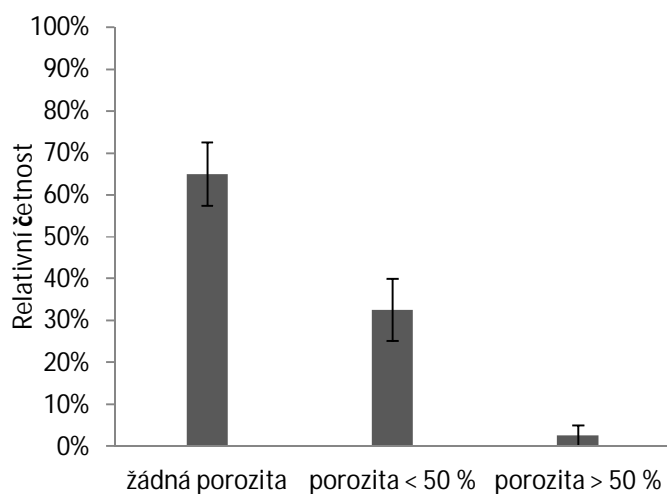


Graf 37. Relativní četnost stupňů porózy v 65 % délky záprstních kostí (palmární strana)

Tabulka 41. Četnosti stupňů porózy v 65 % délky záprstních kostí (palmární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	24	0,62	0,078
1	15	0,38	0,078
2	0	0	0
celkem	39	1	

Stupeň porózy v 65 % délky záprstních kostí na mediální straně shrnuje Graf 38 a Tabulka 38. Stupeň 0 byl pozorován na 65 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 33 % souboru a stupeň 2 byl pozorován palmární straně záprstních kostí v 65 % délky ve 3 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 40 vzorků.



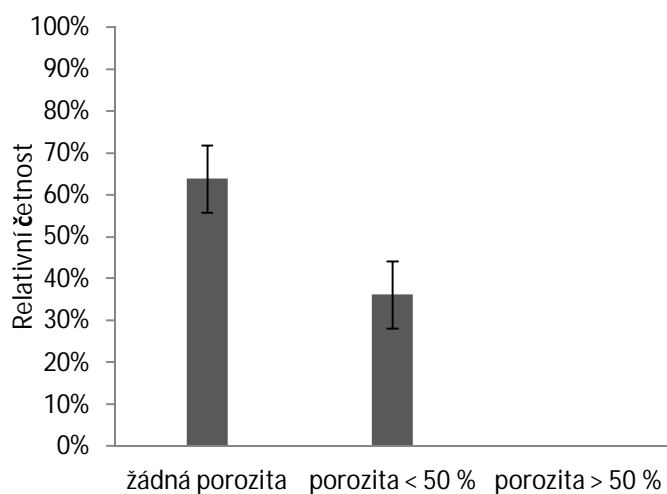
Graf 38. Relativní četnost stupňů porózy v 65 % délky záprstních kostí (mediální strana)

Tabulka 42. Četnosti stupňů porózy v 65 % délky záprstních kostí (mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	26	0,65	0,075
1	13	0,33	0,074
2	1	0,03	0,025
celkem	40	1	

Stupeň porózy v 65 % délky záprstních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 39 a Tabulka 39. Stupeň 0 byl pozorován na 64 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na

36 % souboru a stupeň 2 nebyl na dorzální straně záprstních kostí v 65 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 36 vzorků.

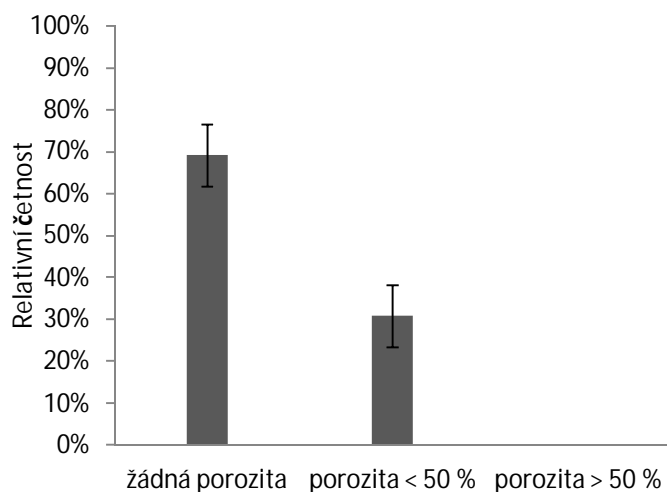


Graf 39. Relativní četnost stupňů porózy v 65 % délky záprstních kostí (dorzální strana)

Tabulka 43. Četnosti stupňů porózy v 65 % délky záprstních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	23	0,64	0,080
1	13	0,36	0,080
2	0	0	0
celkem	36	1	

Stupeň porózy v 65 % délky záprstních kostí na laterální straně shrnuje Graf 40 a Tabulka 40. Stupeň 0 byl pozorován na 69 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 31 % souboru a stupeň 2 nebyl na laterální straně záprstních kostí v 65 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 31 vzorků.



Graf 40. Relativní četnost stupňů porózy v 65 % délky záprstních kostí (laterální strana)

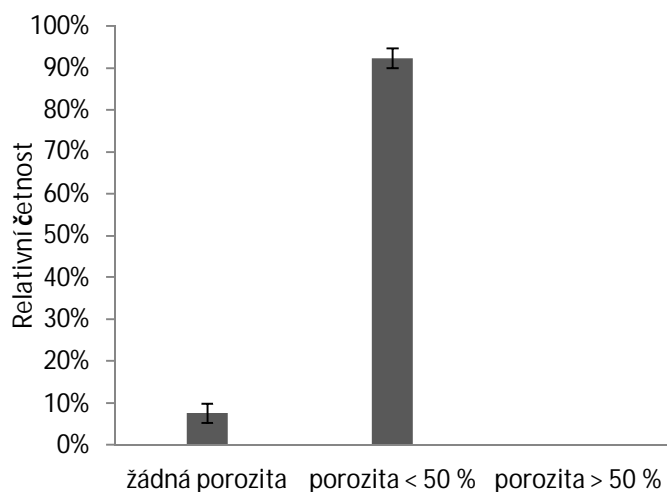
Tabulka 44. Četnosti stupňů porózy v 65 % délky záprstních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	27	0,69	0,074
1	12	0,31	0,074
2	0	0	0
celkem	39	1	

### Poróza v 80 % délky kosti

Celkovou míru porózy v 80 % délky záprstních kostí na palmární, mediální, dorzální i laterální straně shrnuje Graf 41 a Tabulka 41. Stupeň 0 byl pozorován na 8 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 98 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován v 80 % délky záprstních kostí vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 131 vzorků.

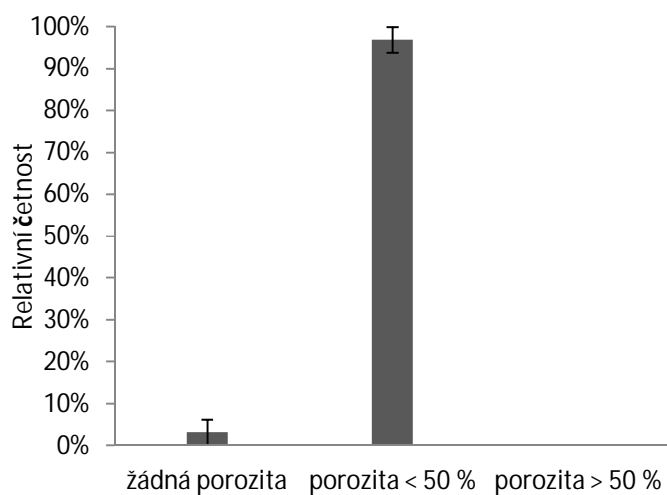
Stupeň porózy v 80 % délky záprstních kostí na palmární straně shrnuje Graf 42 a Tabulka 42. Stupeň 0 byl pozorován na 3 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 97 % souboru a stupeň 2 nebyl na laterální straně záprstních kostí v 80 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 32 vzorků.



Graf 41. Relativní četnost stupňů porózy v 80 % délky záprstních kostí (všechny strany)

Tabulka 45. Četnosti stupňů porózy v 80 % délky záprstních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	10	0,08	0,023
1	121	0,92	0,023
2	0	0	0
celkem	131	1	

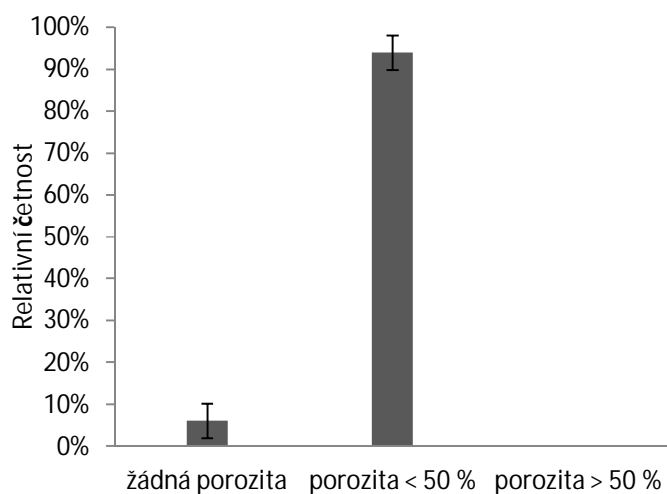


Graf 42. Relativní četnost stupňů porózy v 80 % délky záprstních kostí (palmární strana)

Tabulka 46. Četnosti stupňů porózy v 80 % délky záprstních kostí (palmární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	1	0,03	0,031
1	31	0,97	0,031
2	0	0	0
celkem	32	1	

Stupeň porózy v 80 % délky záprstních kostí na mediální straně shrnuje Graf 43 a Tabulka 43. Stupeň 0 byl pozorován na 6 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 94 % souboru a stupeň 2 nebyl na laterální straně záprstních kostí v 80 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 33 vzorků.



Graf 43. Relativní četnost stupňů porózy v 80 % délky záprstních kostí (mediální strana)

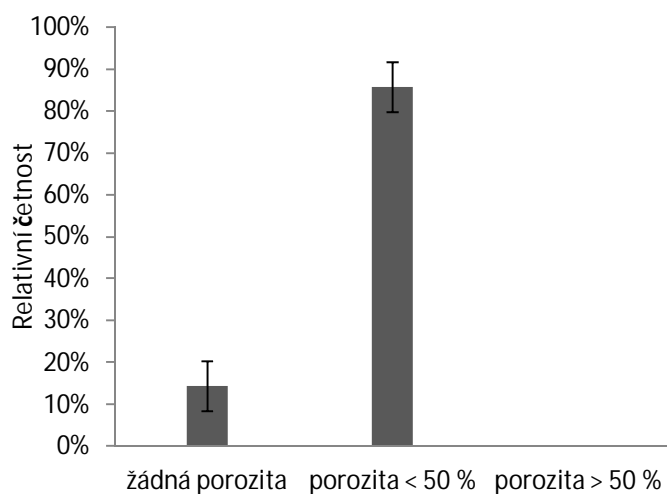
Tabulka 47. Četnosti stupňů porózy v 80 % délky záprstních kostí (mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	2	0,06	0,042
1	31	0,94	0,042
2	0	0	0
celkem	33	1	

Stupeň porózy v 80 % délky záprstních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 44 a Tabulka 44. Stupeň 0 byl pozorován na 14 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na



86 % souboru a stupeň 2 nebyl na laterální straně záprstních kostí v 80 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 35 vzorků.

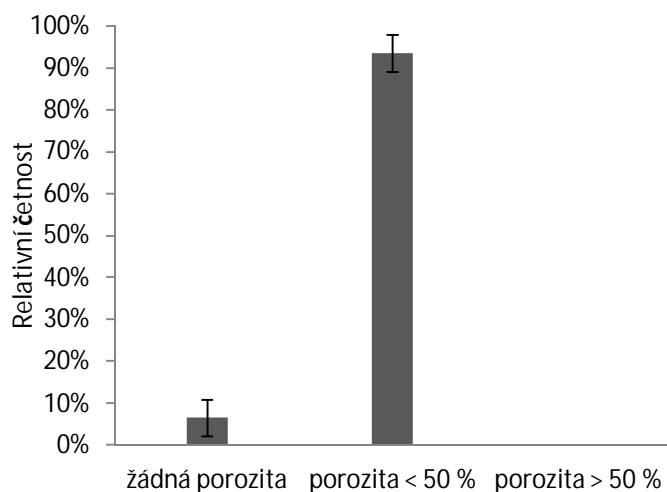


Graf 44. Relativní četnost stupňů porózy v 80 % délky záprstních kostí (dorzální strana)

Tabulka 48. Relativní četnost stupňů porózy v 80 % délky záprstních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	5	0,14	0,059
1	30	0,86	0,059
2	0	0	0
celkem	35	1	

Stupeň porózy v 80 % délky záprstních kostí na laterální straně shrnuje Graf 45 a Tabulka 45. Stupeň 0 byl pozorován na 6 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 94 % souboru a stupeň 2 nebyl na laterální straně záprstních kostí v 80 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 31 vzorků.



Graf 45. Relativní četnost stupňů porózy v 80 % délky záprstních kostí (laterální strana)

Tabulka 49. Četnosti stupňů porózy v 80 % délky záprstních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	2	0,06	0,044
1	29	0,94	0,044
2	0	0	0
celkem	31	1	

### 7.1.5 Testování hypotéz

V rámci každé proměnné sledované v závislosti na straně kosti jsme nepozorovali žádné statisticky signifikantní rozdíly, tedy hodnoty proměnných se mezi sebou v závislosti na straně neliší –  $P > 0,05$ . Výsledky testování nulové hypotézy Kruskal-Wallisovým testem, že rozložení stupňů proměnných je na všech stranách kosti stejné, jsou uvedeny v Tabulce 50. Nulová hypotéza nebyla s 95% pravděpodobností odmítnuta v žádném analyzovaném případě. Proměnné tedy pocházejí ze stejného výběru a mají statisticky neodlišné rozdělení. Můžeme tak předpokládat korelaci jednotlivých proměnných v rámci stran kosti.

Tabulka 50. Testování stranové odlišnosti proměnných na záprstních kostech

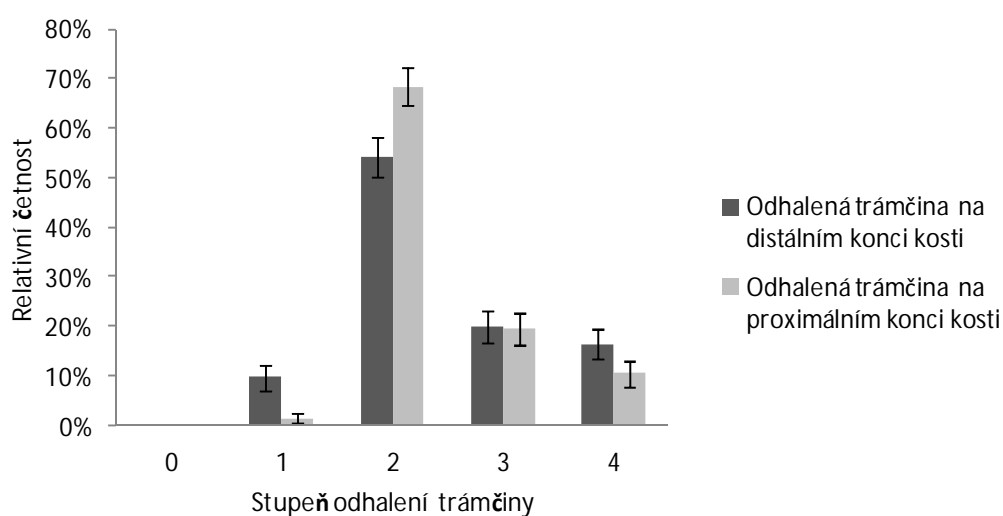
	<i>P</i> hodnota (Kruskal-Wallis test)
Zvětrání	0,727
Odhalená trámčina na proximálním konci kosti	0,835
Odhalená trámčina na distálním konci kosti	0,946
Krakeláž	0,992
Poróznost ve 20 % délky kosti	0,394
Poróznost ve 35 % délky kosti	0,786
Poróznost v 50 % délky kosti	0,78
Poróznost v 65 % délky kosti	0,841
Poróznost v 80 % délky kosti	0,352

Rozdíly v poróznosti mezi různými percentily délky kosti shrnujeme v Tabulce 50. Rozložení proměnné se statisticky významně neliší v poróznosti mezi 20 % a 80 % délky a mezi 35 % a 65 % délky kosti. Nulová hypotéza Mann-Whitneyovo U testu zní, že rozložení proměnných se mezi sebou statisticky významně neliší. Testováno opět s 95% pravděpodobností.

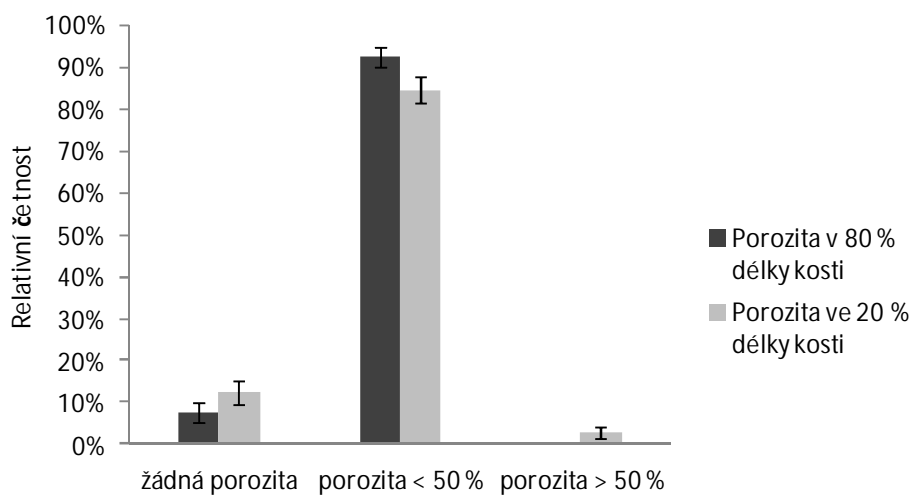
Rozdíly ve stupni odhalení trámčiny mezi proximálním a distálním koncem spolu s rozdíly ve stupni poróznosti ve 20 % a 80 % délky kosti shrnujeme v Tabulce 51. Grafické rozdíly ve stupni odhalení trámčiny mezi proximálním a distálním koncem ilustrujeme v Grafu 46. Rozdíly nejsou statisticky významné, proto můžeme usuzovat, že trámčina je na obou koncích záprstních kostí odhalena podobně a že i proximální a distální část jsou podobně porézní.

Tabulka 51. Porovnání rozdělení proměnné Poróznita v závislosti na percentilu délky na záprstních kostech (Mann-Whitney U test)

Percentily délky kosti	Percentily délky kosti			
	20	35	50	65
35	$P < 0,001$			
50	$P < 0,001$	$P < 0,001$		
65	$P < 0,001$	$P = 0,352$	$P = 0,001$	
80	$P = 0,469$	$P < 0,001$	$P < 0,001$	$P < 0,001$



Graf 46. Porovnání stupně odhalení trámčiny na proximálním a distálním konci záprstních kostí

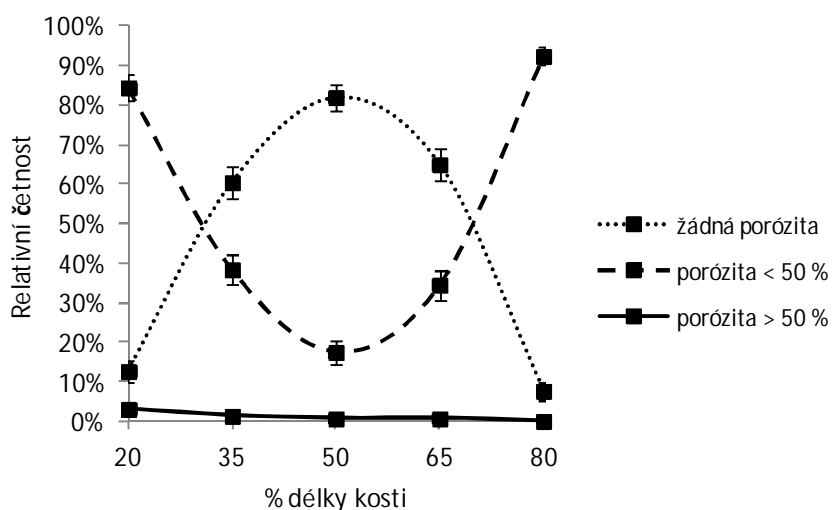


Graf 47. Porovnání stupně poróznity ve 20 % a 80 % délky záprstních kostí

Tabulka 52. Porovnání proximální a distální části záprstních kostí  
(Mann-Whitney U test)

	Odhalená trámčina proximální vs. distální konec	Porózita 20 % vs. 80 %
<i>P</i> hodnota	0,794	0,469

Z analýz porózy můžeme vyvodit porózní gradient se dnem v 50 % délky kosti. Záprstní kosti jsou nejvíce porézní ve 20 % a 80 % a v těchto percentilech se od sebe statisticky signifikantně neliší – tedy pochází ze stejného výběru. Od těchto percentilů směrem k polovině délky kosti klesá porózita, ve 35 % a 65 % délky kosti jsou záprstní kosti statisticky signifikantně méně porézní než v předcházejících percentilech. Nejméně porézní jsou nártní kosti v 50 % délky, opět statisticky signifikantně méně porézní, než v předchozích percentilech. Nártní kosti jsou podobně porézní ve 35 % a 65 % délky kosti. Tento závěr prezentujeme v Grafu 48.



Graf 48. Relativní četnost stupňů porózy v percentilech délky záprstních kostí

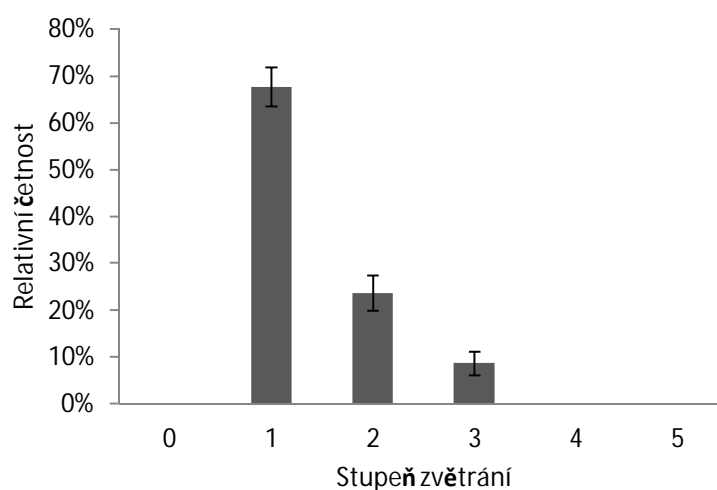
Z analýz také vyplývá, že mezi obnažením portální a distálního konce nártních kostí nejsou statisticky signifikantní rozdíly.

## 7.2 Nártní kosti

### 7.2.1 Stupeň zvětrání

Celkovou míru zvětrání záprstních kostí shrnuje Graf 46 a Tabulka 46. Hodnoceny byly všechny nártní kosti v souboru –  $n = 32$ , kosti byly hodnoceny na palmární, mediální, dorzální i laterální straně –  $n = 128$ . Svorčky jednotlivých sloupců sloupcových grafů uvádí intervaly spolehlivosti pro relativní četnosti.

Stupeň 0 nebyl na zkoumaném souboru pozorován vůbec, stupeň 1 na 51 % souboru, stupeň 2 na 23 %, stupeň 3 na 23 %, stupeň 4 a ani stupeň 5 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 164 vzorků.



Graf 49. Relativní četnost stupňů zvětrání všech stran nártních kostí

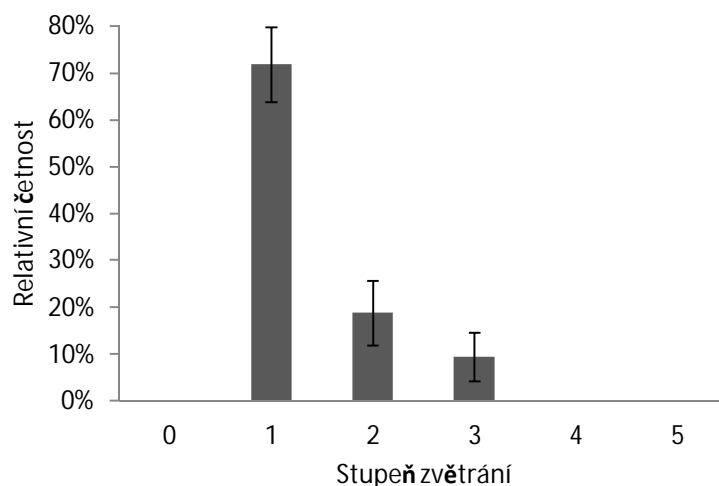
Tabulka 53. Četnosti stupňů zvětrání všech stran nártních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	86	0,68	0,041
2	30	0,24	0,038
3	11	0,09	0,025
4	0	0	0
5	0	0	0
celkem	127	1	

Stupeň zvětrání plantární strany záprstních kostí shrnuje Graf 47 a Tabulka 47. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 72 % souboru, stupeň 2 na

19 % souboru, stupeň 3 na 9 % souboru a stupeň 4 ani 5 nebyl na plantární straně nártních kostí pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 32 vzorků.

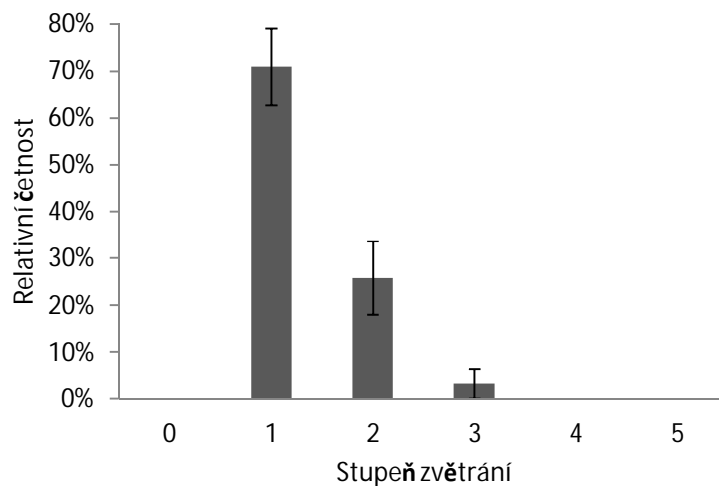
Stupeň zvětrání mediální strany záprstních kostí shrnuje Graf 48 a Tabulka 48. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 71 % souboru, stupeň 2 na 26 % souboru, stupeň 3 na 3 % souboru a stupeň 4 ani 5 nebyl na plantární straně nártních kostí pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 31 vzorků.



Graf 50. Relativní četnost stupňů zvětrání plantární strany nártních kostí

Tabulka 54. Četnosti stupňů zvětrání palmární strany nártních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	23	0,72	0,079
2	6	0,19	0,069
3	3	0,09	0,052
4	0	0	0
5	0	0	0
celkem	32	1	



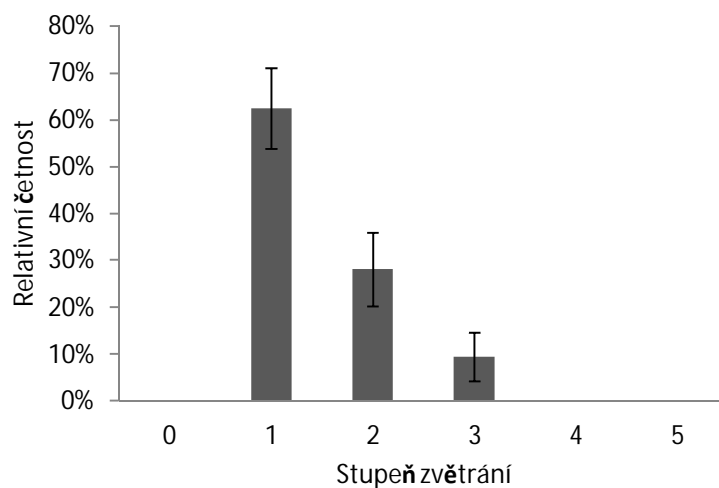
Graf 51. Relativní četnost stupňů zvětrání mediální strany nártních kostí

Tabulka 55. Četnosti stupňů zvětrání mediální strany nártních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	22	0,71	0,082
2	8	0,26	0,079
3	1	0,03	0,032
4	0	0	0
5	0	0	0
celkem	31	1	

Stupeň zvětrání mediální strany záprstních kostí shrnuje Graf 49 a Tabulka 49. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 63 % souboru, stupeň 2 na 28 % souboru, stupeň 3 na 9 % souboru a stupeň 4 ani 5 nebyl na plantární straně nártních kostí pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 32 vzorků.



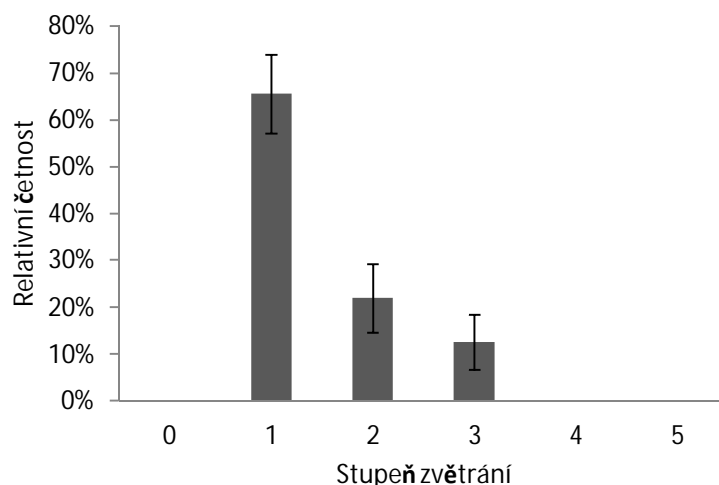


Graf 52. Relativní četnost stupňů zvětrání dorzální strany záprstních kostí

Tabulka 56. Četnosti stupňů zvětrání dorzální strany záprstních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	20	0,63	0,086
2	9	0,28	0,079
3	3	0,09	0,052
4	0	0	0
5	0	0	0
celkem	32	1	

Stupeň zvětrání laterální strany záprstních kostí shrnuje Graf 50 a Tabulka 50. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 66 % souboru, stupeň 2 na 22 % souboru, stupeň 3 na 13 % souboru a stupeň 4 ani 5 nebyl na plantární straně nártních kostí pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 32 vzorků.



Graf 53. Relativní četnost stupňů zvětrání laterální strany záprstních kostí

Tabulka 57. Četnosti stupňů zvětrání laterální strany záprstních kostí

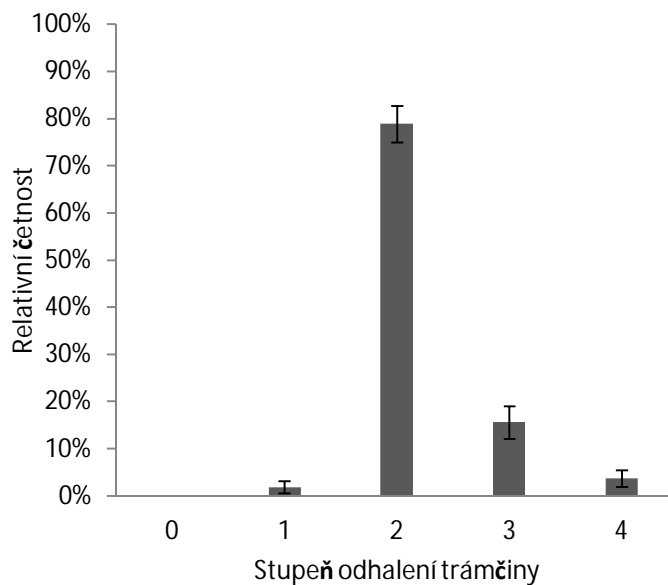
	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	21	0,66	0,084
2	7	0,22	0,073
3	4	0,13	0,058
4	0	0	0
5	0	0	0
celkem	32	1	

### 7.2.2 Odhalená trámčina konců kostí

Stupeň odhalení trámčiny jsme hodnotili na proximálním i distálním konci nártních kostí. Nejprve uvedeme výsledky hodnocení na proximálním konci kostí.

#### **Odhalená trámčina na proximálním konci nártních kostí**

Tento znak nebylo možno hodnotit na proximálním konci na všech stranách nártních kostí v 19 případech. Stupeň odhalení trámčiny na proximálním konci na všech stranách záprstních kostí shrnuje Graf 51 a Tabulka 51. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 2 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 79 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 16 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 4 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 109 vzorků.

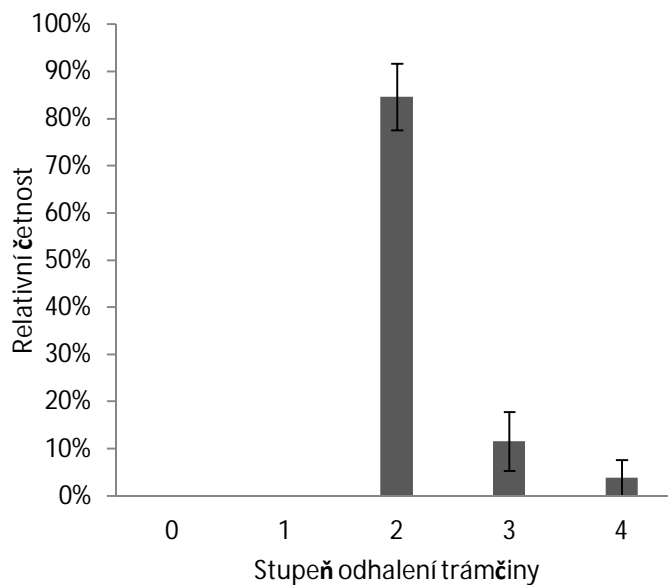


Graf 54. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí (všechny strany)

Tabulka 58. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	2	0,02	0,013
2	86	0,79	0,039
3	17	0,16	0,035
4	4	0,04	0,018
celkem	109	1	

Stupeň odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí na plantární straně shrnuje Graf 52 a Tabulka 52. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 také nebyl pozorován vůbec, stupeň 2 byl pozorován na 85 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 12 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 4 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 26 vzorků.

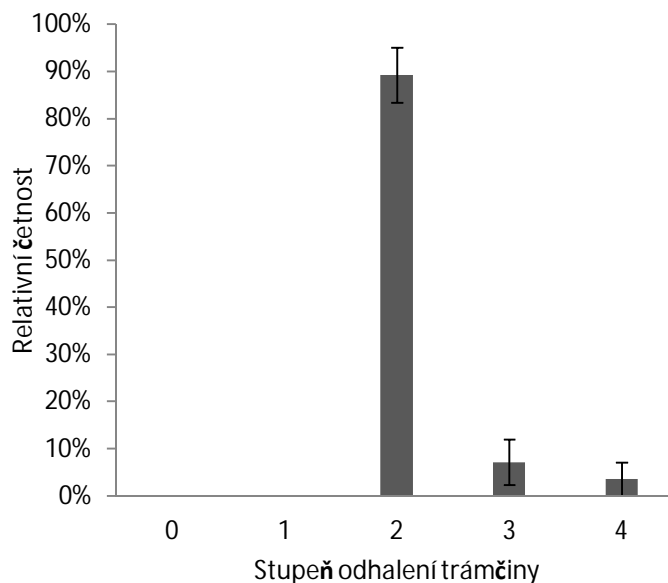


Graf 55. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí (plantární strana)

Tabulka 59. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí (plantární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	0	0,00	0,000
2	22	0,85	0,071
3	3	0,12	0,063
4	1	0,04	0,038
celkem	26	1	

Stupeň odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí na mediální straně shrnuje Graf 53 a Tabulka 53. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 také nebyl pozorován vůbec, stupeň 2 byl pozorován na 89 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 7 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 4 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 28 vzorků.

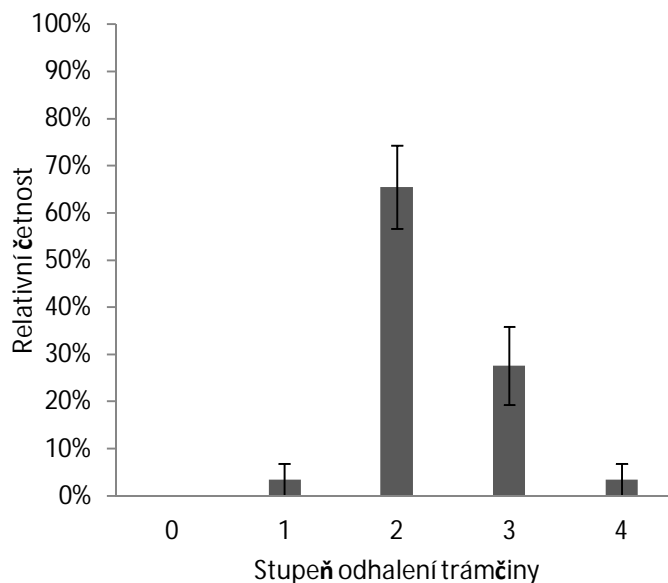


Graf 56. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí (mediální strana)

Tabulka 60. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí (mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	0	0,00	0,000
2	25	0,89	0,058
3	2	0,07	0,049
4	1	0,04	0,035
celkem	28	1	

Stupeň odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 54 a Tabulka 54. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 3 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 66 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 28 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 3 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 29 vzorků.

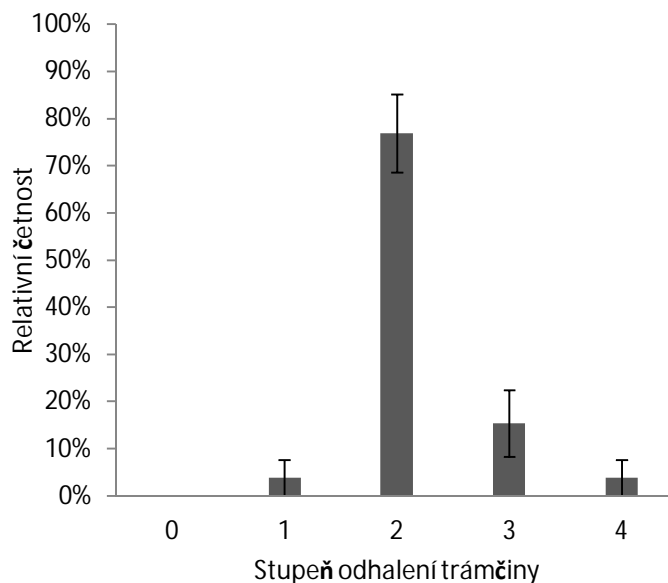


Graf 57. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí (dorzální strana)

Tabulka 61. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	1	0,03	0,034
2	19	0,66	0,088
3	8	0,28	0,083
4	1	0,03	0,034
celkem	29	1	

Stupeň odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí na laterální straně shrnuje Graf 55 a Tabulka 55. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 4 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 77 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 15 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 4 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 26 vzorků.



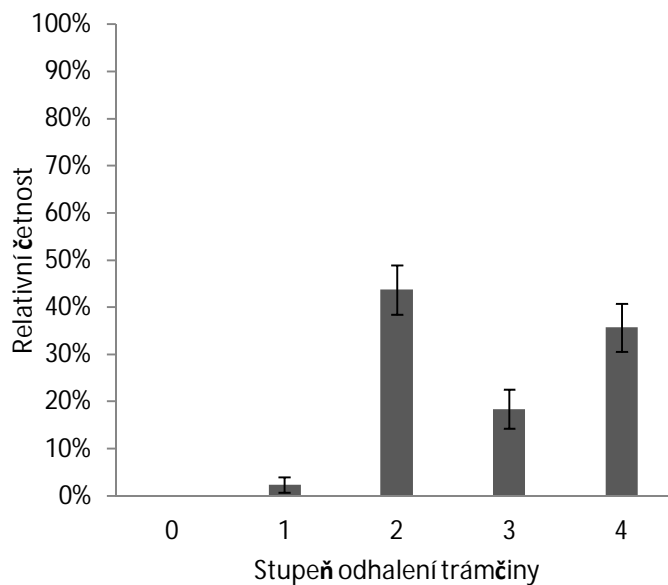
Graf 58. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí (laterální strana)

Tabulka 62. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci nártních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	1	0,04	0,038
2	20	0,77	0,083
3	4	0,15	0,071
4	1	0,04	0,038
celkem	26	1	

### **Odhalená trámčina na distálním konci záprstních kostí**

Stupeň odhalení trámčiny na distálním konci nártních kostí nebylo možno hodnotit na všech stranách kosti v 41 případech. Stupeň odhalení trámčiny na distálním konci na všech stranách záprstních kostí shrnuje Graf 56 a Tabulka 56. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 2 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 44 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 18 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 36 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 87 vzorků.



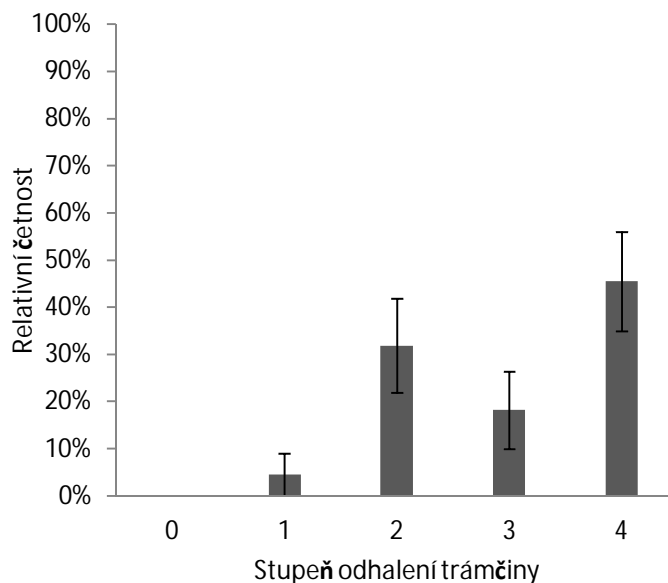
Graf 59. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (všechny strany)

Tabulka 63. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na proximálním konci záprstních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	2	0,02	0,016
2	38	0,44	0,053
3	16	0,18	0,042
4	31	0,36	0,051
celkem	87	1	

Stupeň odhalení trámčiny na distálním konci nártních kostí na plantární straně shrnuje Graf 57 a Tabulka 57. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 5 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 32 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 18 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 45 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 22 vzorků.



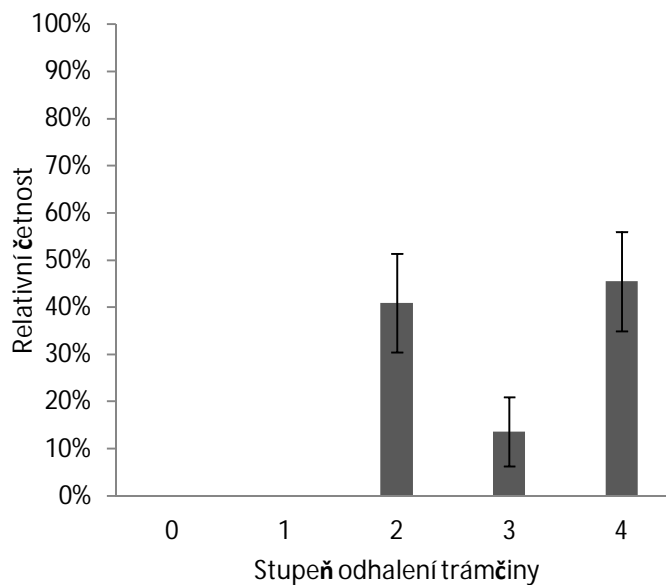


Graf 60. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (palmární strana)

Tabulka 64. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (palmární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	1	0,05	0,044
2	7	0,32	0,099
3	4	0,18	0,082
4	10	0,45	0,106
celkem	22	1	

Stupeň odhalení trámčiny na distálním konci nártních kostí na mediální straně shrnuje Graf 58 a Tabulka 58. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 také nebyl pozorován vůbec, stupeň 2 byl pozorován na 41 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 14 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 45 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 22 vzorků.

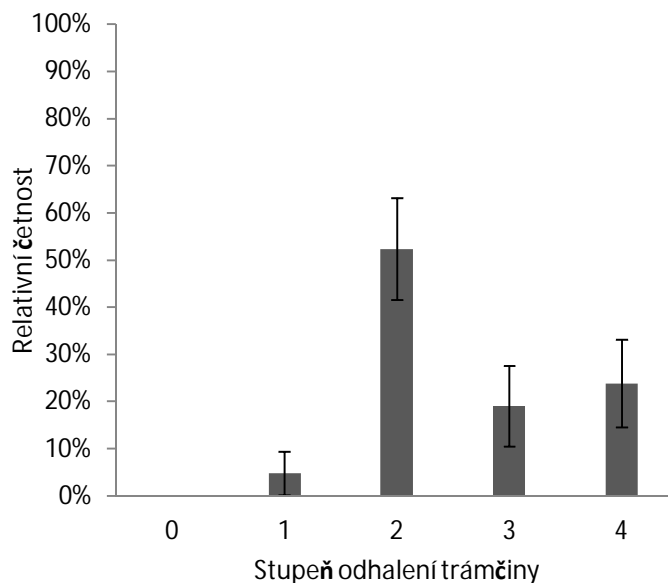


Graf 61. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (mediální strana)

Tabulka 65. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	0	0	0
2	9	0,41	0,105
3	3	0,14	0,073
4	10	0,45	0,106
celkem	22	1	

Stupeň odhalení trámčiny na distálním konci nártních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 59 a Tabulka 59. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 5 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 52 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 19 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 24 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 21 vzorků

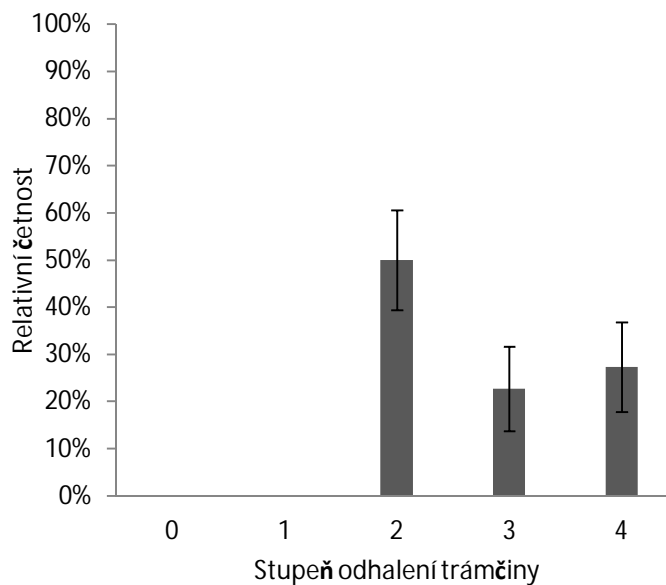


Graf 62. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (dorzální strana)

Tabulka 66. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	1	0,05	0,046
2	11	0,52	0,109
3	4	0,19	0,086
4	5	0,24	0,093
celkem	21	1	

Stupeň odhalení trámčiny na distálním konci nártních kostí na laterální straně shrnuje Graf 60 a Tabulka 60. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 také nebyl pozorován vůbec, stupeň 2 byl pozorován na 50 % souboru, stupeň 3 byl pozorován na 23 % souboru a stupeň 4 byl pozorován na 27 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 22 vzorků.



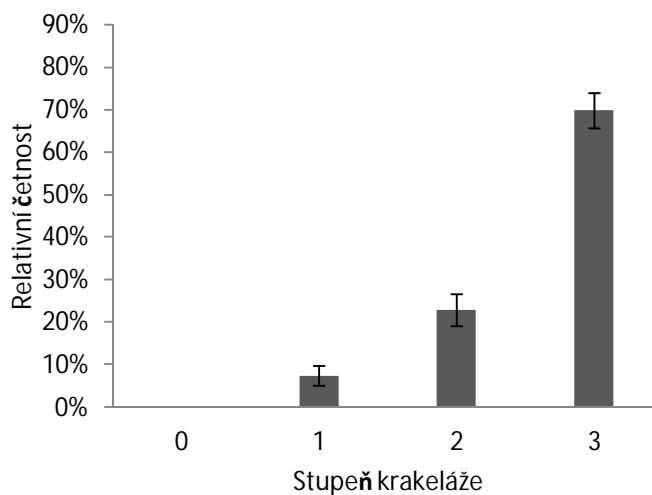
Graf 63. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (laterální strana)

Tabulka 67. Četnosti stupňů odhalení trámčiny na distálním konci záprstních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	0	0	0
2	11	0,50	0,107
3	5	0,23	0,089
4	6	0,27	0,095
celkem	22	1	

### 7.2.3 Krakeláž

Celkovou míru krakeláže záprstních kostí shrnuje Graf 61 a Tabulka 61. Stupeň 0 nebyl na zkoumaném souboru pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 7 % souboru, stupeň 2 na 23 % a stupeň 3 byl pozorován na 70 %. Hodnotili jsme soubor o velikosti 123 vzorků.



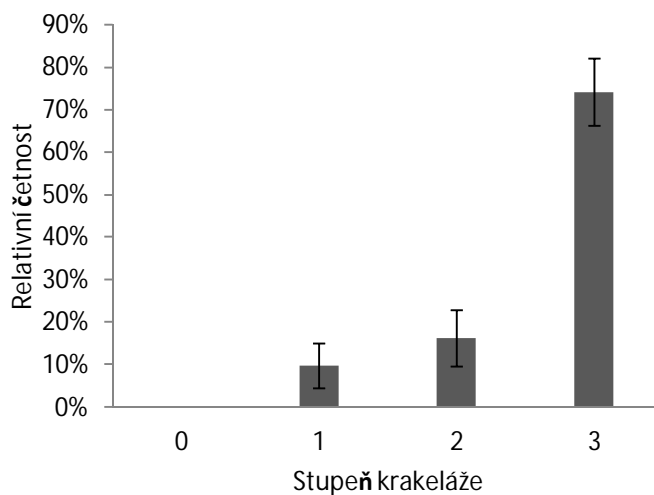
Graf 64. Relativní četnost stupňů krakeláže nártních kostí (všechny strany)

Tabulka 68. Četnosti stupňů krakeláže nártních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	9	0,07	0,023
2	28	0,23	0,038
3	86	0,70	0,041
celkem	123	1	

Stupeň krakeláže plantárního povrchu nártních kostí shrnuje Graf 62 a Tabulka 62. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 10 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 16 % souboru a stupeň 3 byl pozorován na 74 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 31 vzorků.

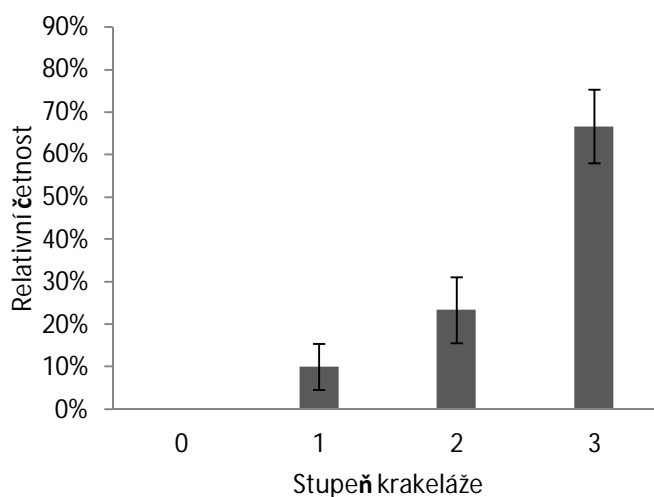
Stupeň krakeláže mediálního povrchu nártních kostí shrnuje Graf 63 a Tabulka 63. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 10 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 23 % souboru a stupeň 3 byl pozorován na 67 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 30 vzorků.



Graf 65. Relativní četnost stupňů krakeláže plantární strany nártních kostí

Tabulka 69. Četnosti stupňů krakeláže plantární strany nártních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	3	0,10	0,053
2	5	0,16	0,066
3	23	0,74	0,079
celkem	31	1	

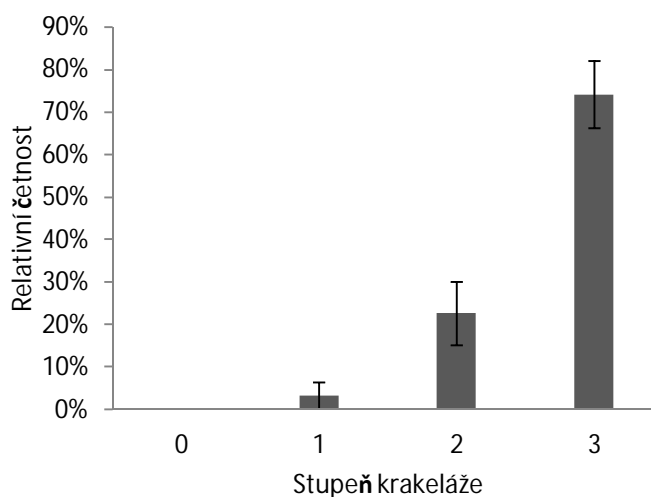


Graf 66. Relativní četnost stupňů krakeláže mediální strany nártních kostí

Tabulka 70. Četnosti stupňů krakeláže mediální strany nártních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	3	0,10	0,055
2	7	0,23	0,077
3	20	0,67	0,086
celkem	30	1	

Stupeň krakeláže dorzálního povrchu nártních kostí shrnuje Graf 64 a Tabulka 64. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 3 % souboru, stupeň 2 byl pozorován na 23 % souboru a stupeň 3 byl pozorován na 74 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 31 vzorků.



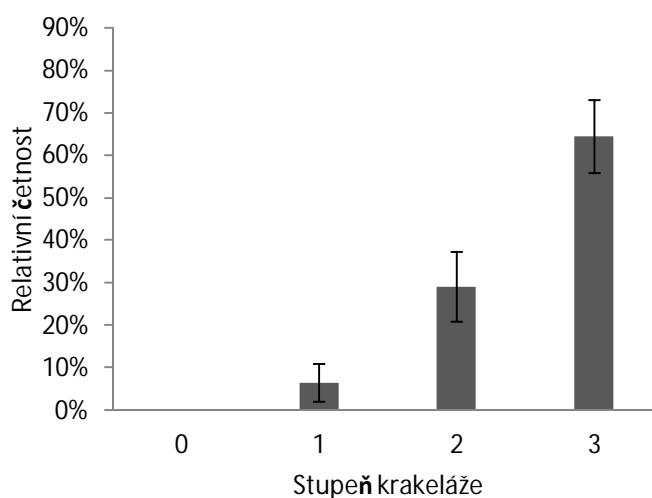
Graf 67. Relativní četnost stupňů krakeláže dorzální strany nártních kostí

Tabulka 71. Četnost stupňů krakeláže dorzální strany nártních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	1	0,03	0,032
2	7	0,23	0,075
3	23	0,74	0,079
celkem	31	1	

Stupeň krakeláže laterálního povrchu nártních kostí shrnuje Graf 65 a Tabulka 65. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 6 % souboru, stupeň 2

byl pozorován na 29 % souboru a stupeň 3 byl pozorován na 65 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 31 vzorků.



Graf 68. Relativní četnost stupňů krakeláže laterální strany nártních kostí

Tabulka 72. Četnosti stupňů krakeláže laterální strany nártních kostí

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	2	0,06	0,044
2	9	0,29	0,082
3	20	0,65	0,086
celkem	31	1	

#### 7.2.4 Porózyta

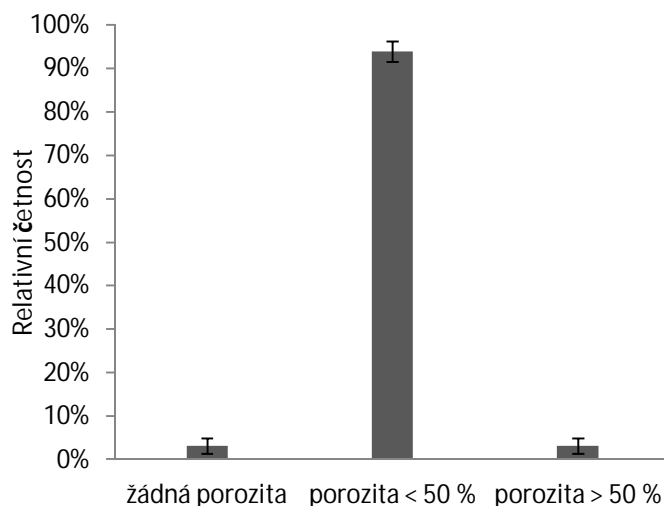
Porózyta jsme hodnotili na všech stranách nártních kostí ve 20 %, 35 %, 50 %, 65 % a v 80 % délky kosti. Všechny analyzované vzorky nebylo možné vždy hodnotit. Výsledkům v jednotlivých percentilech délky se budeme věnovat odděleně v následující části.

##### **Porózyta ve 20 % délky kosti**

Celkovou míru porózyty ve 20 % délky nártních kostí na plantární, mediální, dorzální i laterální straně shrnuje Graf 66 a Tabulka 66. Stupeň 0 byl pozorován na 3 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 94 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 3 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 98 vzorků.



Stupeň porózy ve 20 % délky nártních kostí na plantární straně shrnuje Graf 67 a Tabulka 67. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 96 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 4 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 23 vzorků.



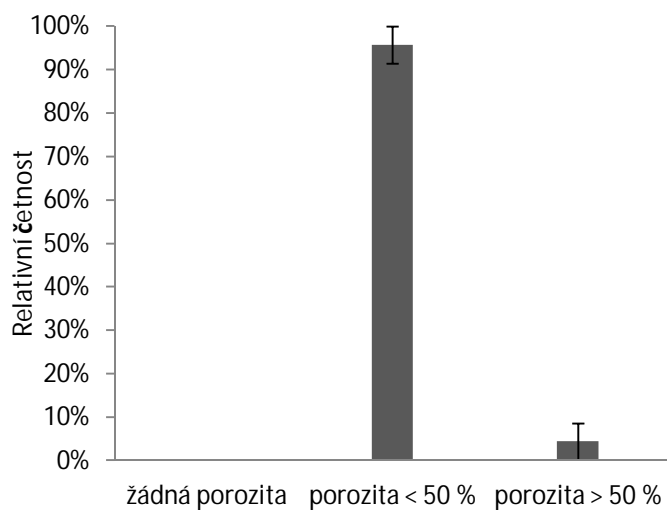
Graf 69. Relativní četnost stupňů porózy ve 20 % délky nártních kostí (všechny strany)

Tabulka 73. Četnosti stupňů porózy ve 20 % délky nártních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	3	0,03	0,017
1	92	0,94	0,024
2	3	0,03	0,017
celkem	98	1	

Stupeň porózy ve 20 % délky nártních kostí na mediální straně shrnuje Graf 68 a Tabulka 68. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 96 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 4 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 26 vzorků.

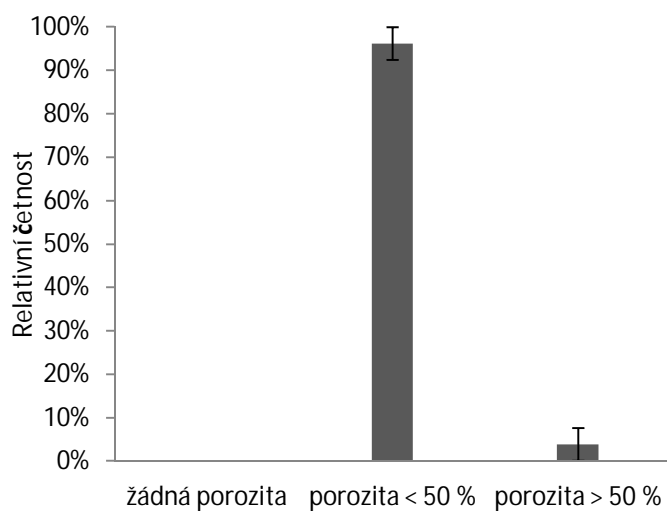
Stupeň porózy ve 20 % délky nártních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 69 a Tabulka 69. Stupeň 0 byl pozorován na 11 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 89 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován ve 20 % délky na dorzální straně vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 27 vzorků.



Graf 70. Relativní četnost stupňů porózy ve 20 % délky nártních kostí (plantární strana)

Tabulka 74. Četnosti stupňů porózy ve 20 % délky nártních kostí (plantární strana)

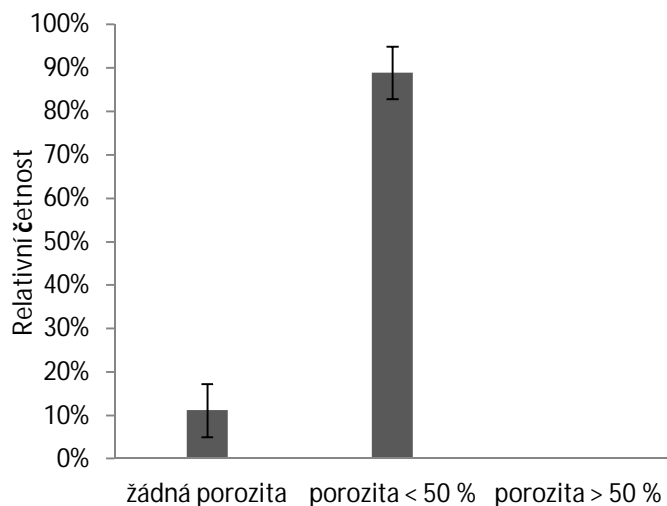
	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	22	0,96	0,043
2	1	0,04	0,043
celkem	23	1	



Graf 71. Relativní četnost stupňů porózy ve 20 % délky nártních kostí (mediální strana)

Tabulka 75. Četnosti stupňů porózy ve 20 % délky nártních kostí  
(mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	25	0,96	0,038
2	1	0,04	0,038
celkem	26	1	

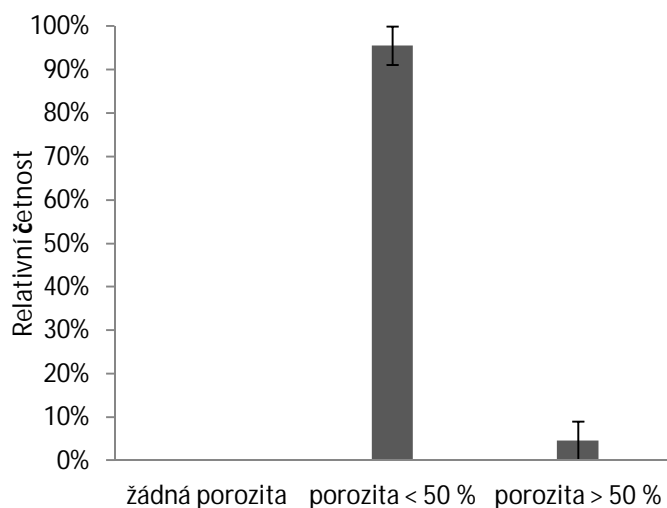


Graf 72. Relativní četnosti stupňů porózy ve 20 % délky nártních kostí  
(dorzální strana)

Tabulka 76. Četnosti stupňů porózy ve 20 % délky nártních kostí  
(dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	3	0,11	0,060
1	24	0,89	0,060
2	0	0	0
celkem	27	1	

Stupeň porózy ve 20 % délky nártních kostí na laterální straně shrnuje Graf 70 a Tabulka 70. Stupeň 0 nebyl pozorován vůbec, stupeň 1 byl pozorován na 95 % souboru a stupeň 2 byl pozorován na 5 % souboru. Hodnotili jsme soubor o velikosti 22 vzorků.



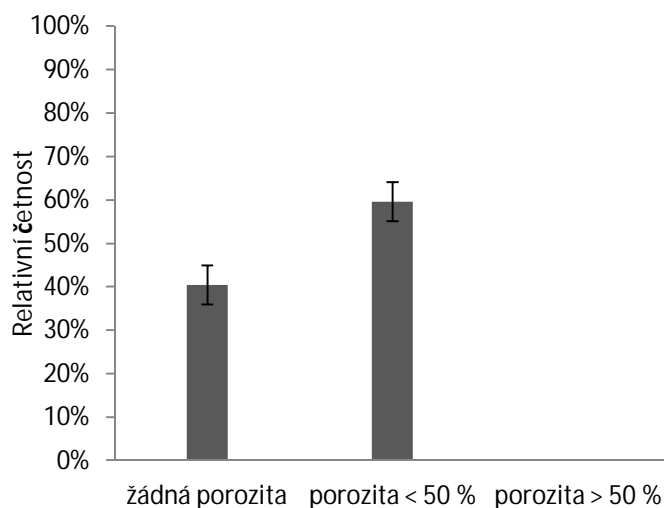
Graf 73. Relativní četnost stupňů porózy ve 20 % délky nártních kostí (laterální strana)

Tabulka 77. Četnosti stupňů porózy ve 20 % délky nártních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	0	0	0
1	21	0,95	0,044
2	1	0,05	0,044
celkem	22	1	

### Porozita ve 35 % délky kosti

Celkovou míru porózy ve 35 % délky nártních kostí na plantární, mediální, dorzální i laterální straně shrnuje Graf 71 a Tabulka 71. Stupeň 0 byl pozorován na 40 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 60 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 119 vzorků.



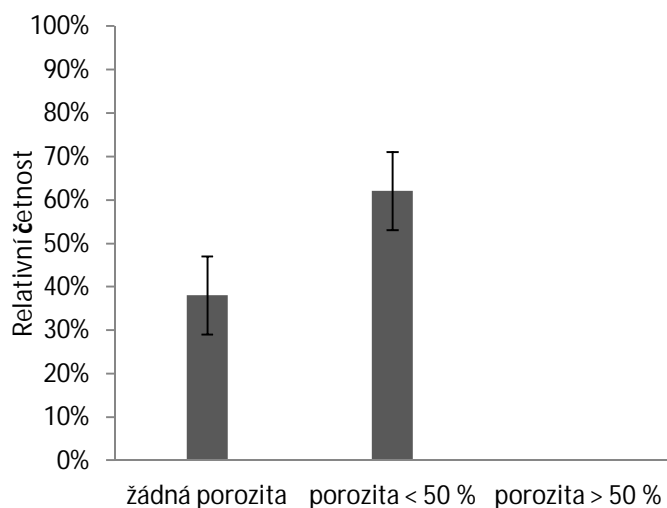
Graf 74. Relativní četnost stupňů porózy ve 35 % délky nártních kostí (všechny strany)

Tabulka 78. Četnosti stupňů porózy ve 35 % délky nártních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	48	0,40	0,045
1	71	0,60	0,045
2	0	0	0
celkem	119	1	

Stupeň porózy ve 35 % délky nártních kostí na plantární straně shrnuje Graf 72 a Tabulka 72. Stupeň 0 byl pozorován na 38 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 62 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 29 vzorků.

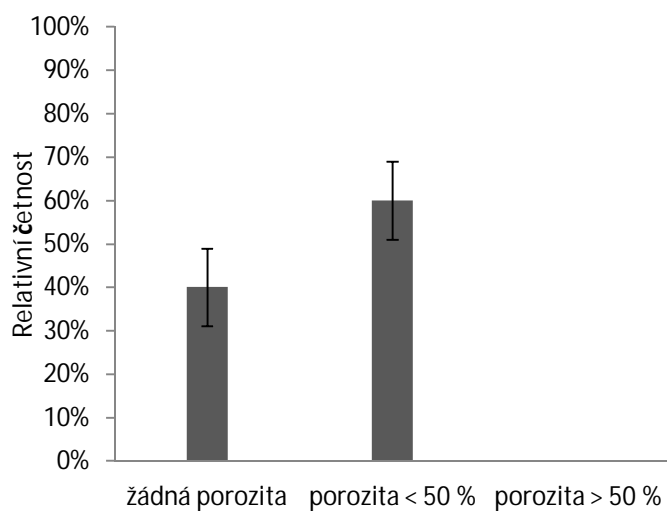
Stupeň porózy ve 35 % délky nártních kostí na mediální straně shrnuje Graf 73 a Tabulka 73. Stupeň 0 byl pozorován na 40 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 60 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 30 vzorků.



Graf 75. Relativní četnost stupňů porózy ve 35 % délky nártních kostí (plantární strana)

Tabulka 79. Četnosti stupňů porózy ve 35 % délky nártních kostí (plantární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	11	0,38	0,090
1	18	0,62	0,090
2	0	0	0
celkem	29	1	



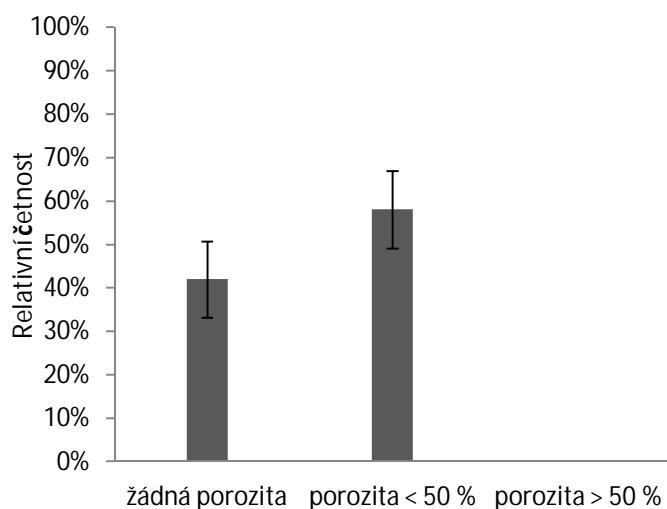
Graf 76. Relativní četnost stupňů porózy ve 35 % délky nártních kostí (mediální strana)

Tabulka 80. Četnosti stupňů porózy ve 35 % délky nártních kostí  
(mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	12	0,4	0,089
1	18	0,6	0,089
2	0	0	0
celkem	30	1	

Stupeň porózy ve 35 % délky nártních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 74 a Tabulka 74. Stupeň 0 byl pozorován na 42 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 58 % souboru a stupeň 2 nebyl na dorzální straně nártních kostí ve 35 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 31 vzorků.

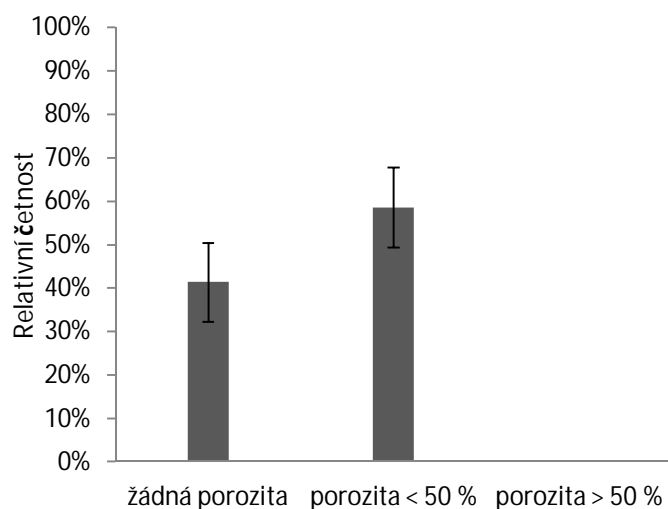
Stupeň porózy ve 35 % délky nártních kostí na laterální straně shrnuje Graf 75 a Tabulka 75. Stupeň 0 byl pozorován na 41 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 59 % souboru a stupeň 2 nebyl na dorzální straně nártních kostí ve 35 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 29 vzorků.



Graf 77. Relativní četnost stupňů porózy ve 35 % délky nártních kostí  
(dorzální strana)

Tabulka 81. Četnosti stupňů porózy ve 35 % délky nártních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	13	0,42	0,089
1	18	0,58	0,089
2	0	0	0
celkem	31	1	



Graf 78. Relativní četnost stupňů porózy ve 35 % délky nártních kostí (laterální strana)

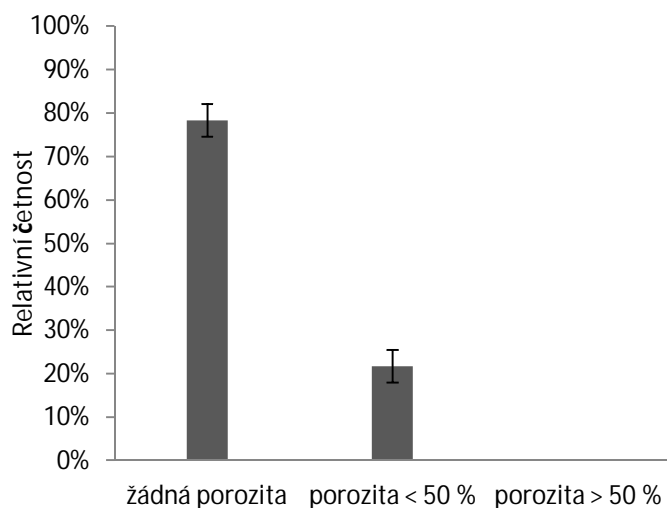
Tabulka 82. Četnosti stupňů porózy ve 35 % délky nártních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	12	0,41	0,091
1	17	0,59	0,091
2	0	0	0
celkem	29	1	

### Poróza v 50 % délky kosti

Celkovou míru porózy v 50 % délky nártních kostí na plantární, mediální, dorzální i laterální straně shrnuje Graf 76 a Tabulka 76. Stupeň 0 byl pozorován na 78 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 22 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 120 vzorků.





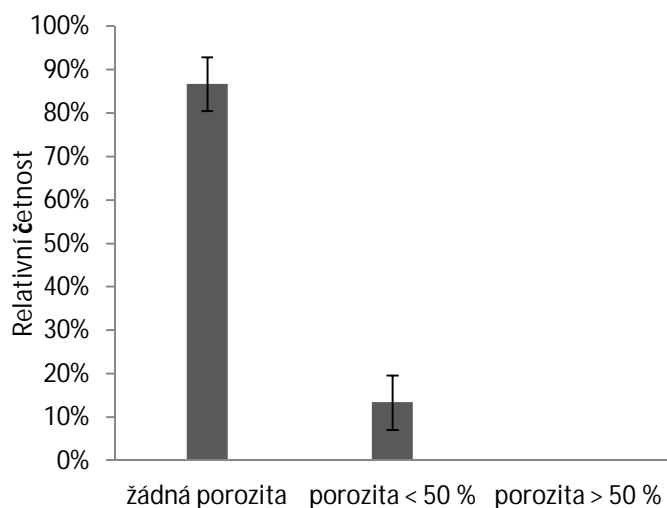
Graf 79. Relativní četnost stupňů porózy v 50 % délky nártních kostí (všechny strany)

Tabulka 83. Četnosti stupňů porózy v 50 % délky nártních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	94	0,78	0,038
1	26	0,22	0,038
2	0	0	0
celkem	120	1	

Stupeň porózy v 50 % délky nártních kostí na plantární straně shrnuje Graf 77 a Tabulka 77. Stupeň 0 byl pozorován na 87 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 13 % souboru a stupeň 2 nebyl na plantární straně nártních kostí v 50 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 30 vzorků.

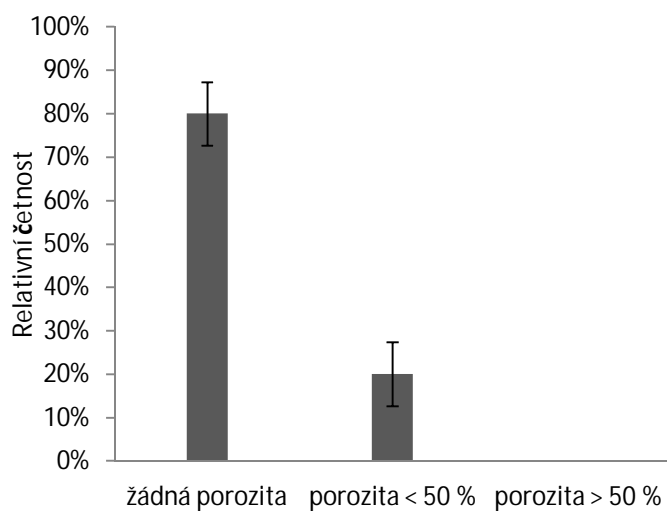
Stupeň porózy v 50 % délky nártních kostí na mediální straně shrnuje Graf 78 a Tabulka 78. Stupeň 0 byl pozorován na 80 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 20 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 30 vzorků.



Graf 80. Relativní četnost stupňů porózy v 50 % délky nártních kostí (plantární strana)

Tabulka 84. Četnosti stupňů porózy v 50 % délky nártních kostí (plantární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	26	0,87	0,062
1	4	0,13	0,062
2	0	0	0
celkem	30	1	

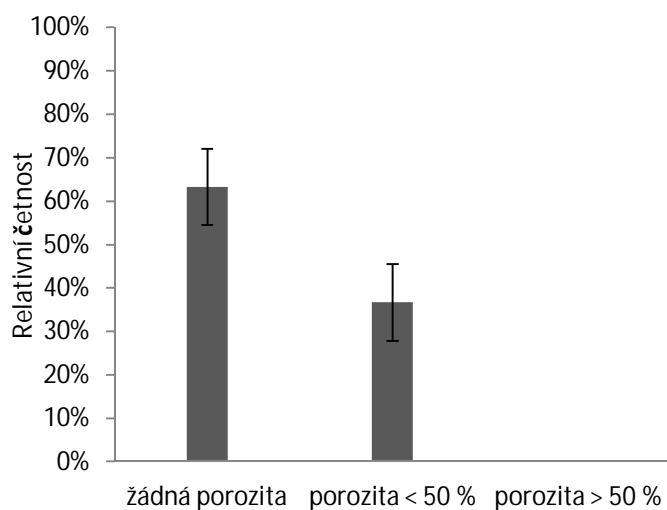


Graf 81. Relativní četnost stupňů porózy v 50 % délky nártních kostí (mediální strana)

Tabulka 85. Četnosti stupňů porózy v 50 % délky nártních kostí (mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	24	0,8	0,073
1	6	0,2	0,073
2	0	0	0
celkem	30	1	

Stupeň porózy v 50 % délky nártních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 79 a Tabulka 79. Stupeň 0 byl pozorován na 63 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 37 % souboru a stupeň 2 nebyl na dorzální straně nártních kostí v 50 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 30 vzorků.



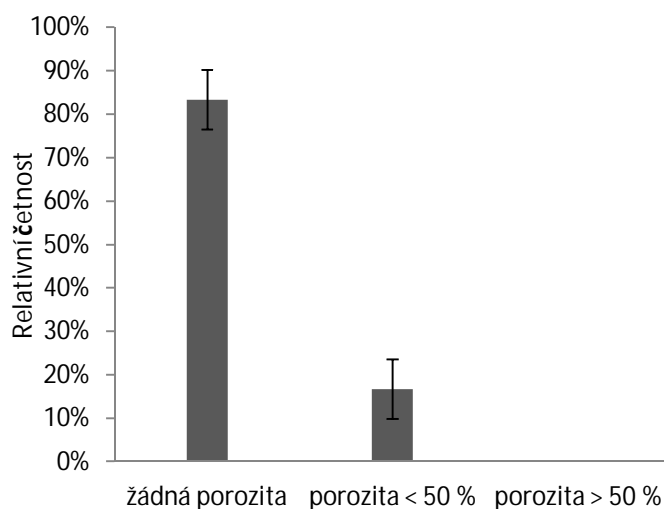
Graf 82. Relativní četnost stupňů porózy v 50 % délky nártních kostí (dorzální strana)

Tabulka 86. Četnosti stupňů porózy v 50 % délky nártních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	19	0,63	0,088
1	11	0,37	0,088
2	0	0	0
celkem	30	1	

Stupeň porózy v 50 % délky záprstních kostí na laterální straně shrnuje Graf 80 a Tabulka 80. Stupeň 0 byl pozorován na 83 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na

17 % souboru a stupeň 2 nebyl na laterální straně nártních kostí v 50 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 30 vzorků



Graf 83. Relativní četnost stupňů porózy v 50 % délky nártních kostí (laterální strana)

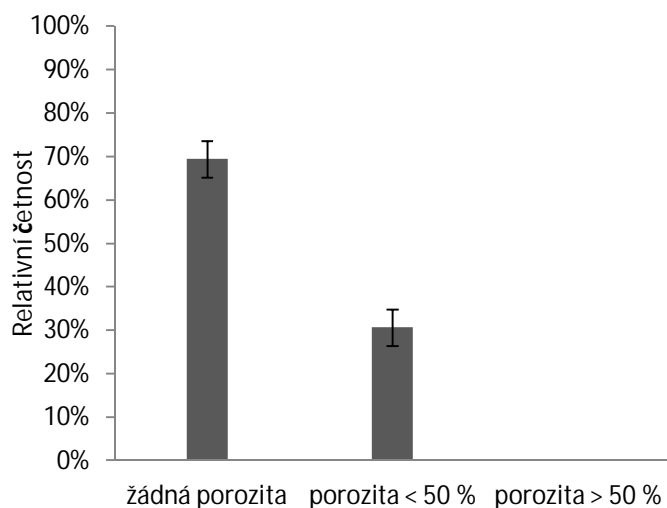
Tabulka 87. Četnosti stupňů porózy v 50 % délky nártních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	25	0,83	0,068
1	5	0,17	0,068
2	0	0	0
celkem	30	1	

### Poróza v 65 % délky kosti

Celkovou míru porózy v 65 % délky nártních kostí na plantární, mediální, dorzální i laterální straně shrnuje Graf 81 a Tabulka 81. Stupeň 0 byl pozorován na 69 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 31 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 121 vzorků.

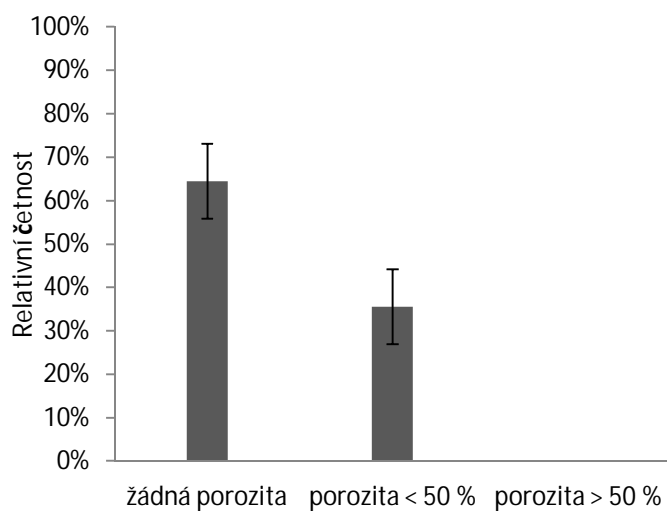
Stupeň porózy v 65 % délky nártních kostí na plantární straně shrnuje Graf 82 a Tabulka 82. Stupeň 0 byl pozorován na 65 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 33 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 31 vzorků.



Graf 84. Relativní četnost stupňů porózy v 65 % délky nártních kostí (všechny strany)

Tabulka 88. Četnosti stupňů porózy v 65 % délky nártních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	84	0,69	0,042
1	37	0,31	0,042
2	0	0	0
celkem	121	1	

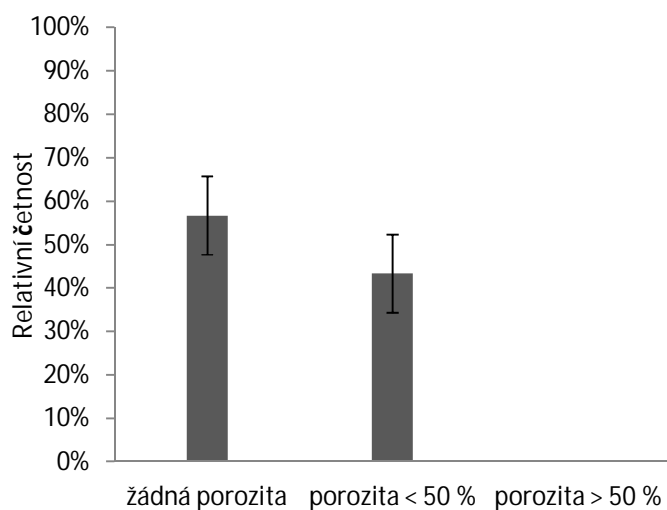


Graf 85. Relativní četnost stupňů porózy v 65 % délky nártních kostí (plantární strana)

Tabulka 89. Četnosti stupňů porózy v 65 % délky nártních kostí  
(plantární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	20	0,65	0,086
1	11	0,35	0,086
2	0	0	0
celkem	31	1	

Stupeň porózy v 65 % délky nártních kostí na mediální straně shrnuje Graf 83 a Tabulka 83. Stupeň 0 byl pozorován na 57 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 43 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 30 vzorků.



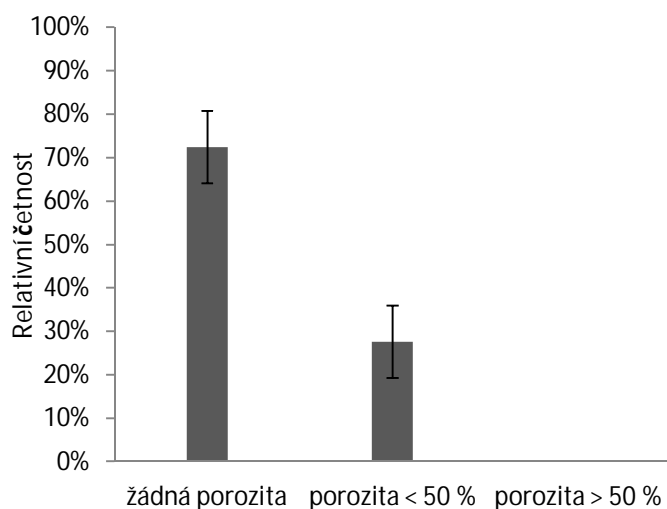
Graf 86. Relativní četnost stupňů porózy v 65 % délky nártních kostí  
(mediální strana)

Tabulka 90. Četnosti stupňů porózy v 65 % délky nártních kostí  
(mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	17	0,57	0,090
1	13	0,43	0,090
2	0	0	0
celkem	30	1	

Stupeň porózy v 65 % délky nártních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 84 a Tabulka 84. Stupeň 0 byl pozorován na 72 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 28 %

souboru a stupeň 2 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 29 vzorků.

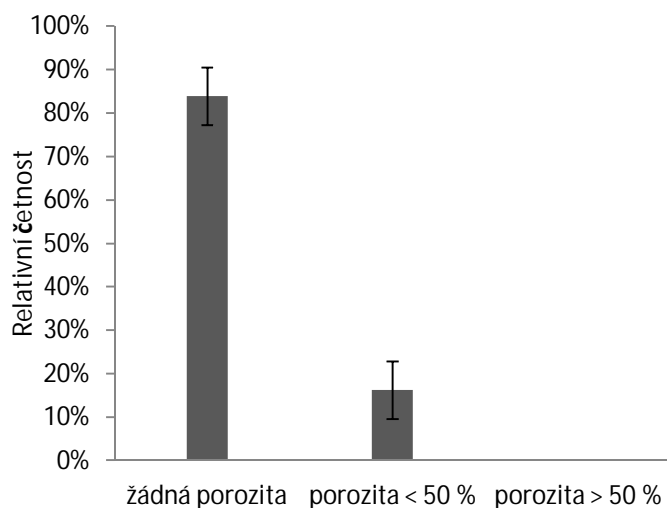


Graf 87. Relativní četnost stupňů porózy v 65 % délky nártních kostí (dorzální strana)

Tabulka 91. Četnosti stupňů porózy v 65 % délky nártních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	21	0,72	0,083
1	8	0,28	0,083
2	0	0	0
celkem	29	1	

Stupeň porózy v 65 % délky záprstních kostí na laterální straně shrnuje Graf 85 a Tabulka 85. Stupeň 0 byl pozorován na 84 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 16 % souboru a stupeň 2 nebyl na laterální straně nártních kostí v 65 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 31 vzorků.



Graf 88. Relativní četnost stupňů porózy v 65 % délky nártních kostí (laterální strana)

Tabulka 92. Četnosti stupňů porózy v 65 % délky nártních kostí (laterální strana)

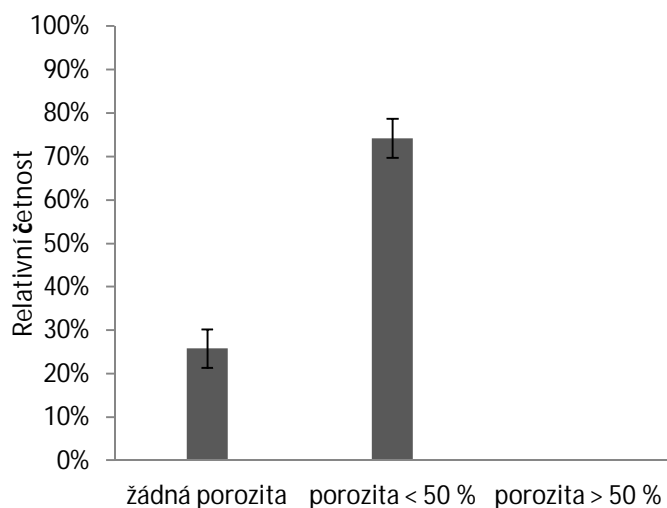
	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	26	0,84	0,066
1	5	0,16	0,066
2	0	0	0
celkem	31	1	

### Poróza v 80 % délky kosti

Celkovou míru porózy v 80 % délky nártních kostí na plantární, mediální, dorzální i laterální straně shrnuje Graf 86 a Tabulka 86. Stupeň 0 byl pozorován na 26 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 74 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován v 80 % délky záprstních kostí vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 97 vzorků.

Stupeň porózy v 80 % délky nártních kostí na plantární straně shrnuje Graf 87 a Tabulka 87. Stupeň 0 byl pozorován na 31 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 69 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 26 vzorků.

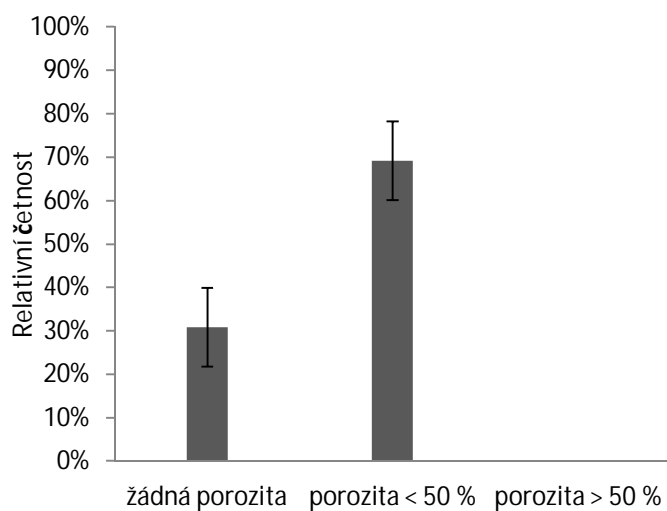




Graf 89. Relativní četnost stupňů porózy v 80 % délky nártních kostí (všechny strany)

Tabulka 93. Četnosti stupňů porózy v 80 % délky nártních kostí (všechny strany)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	25	0,26	0,044
1	72	0,74	0,044
2	0	0	0
celkem	97	1	

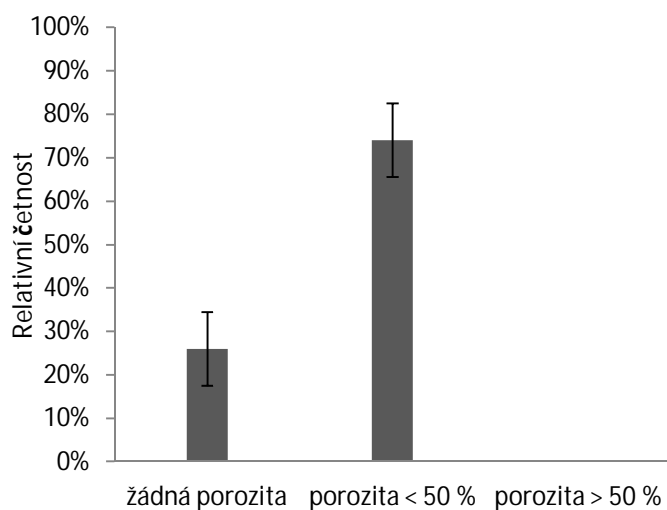


Graf 90. Relativní četnost stupňů porózy v 80 % délky nártních kostí (plantární strana)

Tabulka 94. Četnosti stupňů porózy v 80 % délky nártních kostí  
(plantární strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	8	0,31	0,091
1	18	0,69	0,091
2	0	0	0
celkem	26	1	

Stupeň porózy v 80 % délky nártních kostí na mediální straně shrnuje Graf 88 a Tabulka 88. Stupeň 0 byl pozorován na 26 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 74 % souboru a stupeň 2 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 27 vzorků.



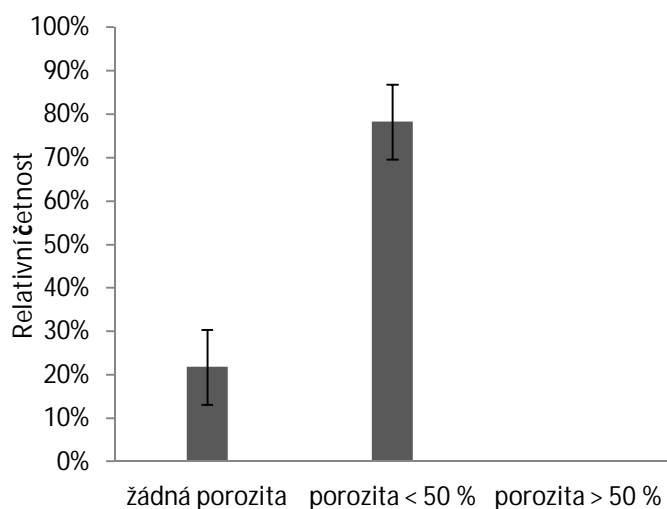
Graf 91. Relativní četnost stupňů porózy v 80 % délky nártních kostí  
(mediální strana)

Tabulka 95. Četnosti stupňů porózy v 80 % délky nártních kostí  
(mediální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	7	0,26	0,084
1	20	0,74	0,084
2	0	0	0
celkem	27	1	

Stupeň porózy v 80 % délky nártních kostí na dorzální straně shrnuje Graf 89 a Tabulka 89. Stupeň 0 byl pozorován na 22 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 78 %

souboru a stupeň 2 nebyl pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 23 vzorků.

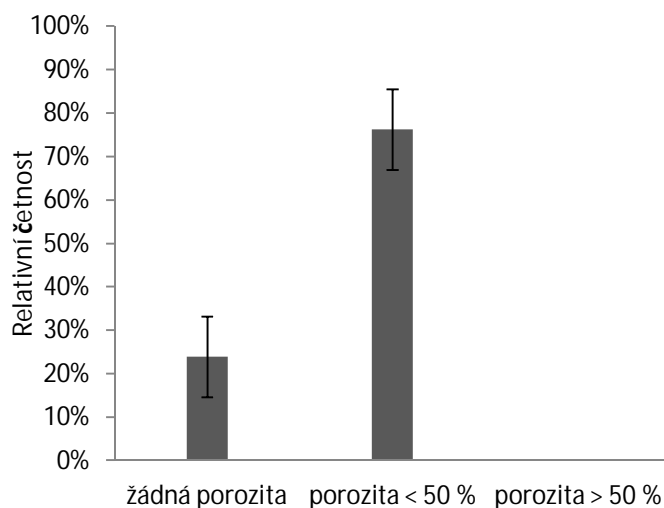


Graf 92. Relativní četnost stupňů porózy v 80 % délky nártních kostí (dorzální strana)

Tabulka 96. Relativní četnost stupňů porózy v 80 % délky nártních kostí (dorzální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	5	0,22	0,086
1	18	0,78	0,086
2	0	0	0
celkem	23	1	

Stupeň porózy v 80 % délky nártních kostí na laterální straně shrnuje Graf 90 a Tabulka 90. Stupeň 0 byl pozorován na 24 % souboru, stupeň 1 byl pozorován na 76 % souboru a stupeň 2 nebyl na laterální straně nártních kostí v 80 % délky pozorován vůbec. Hodnotili jsme soubor o velikosti 21 vzorků.



Graf 93. Relativní četnost stupňů porózy v 80 % délky nártních kostí (laterální strana)

Tabulka 97. Četnosti stupňů porózy v 80 % délky nártních kostí (laterální strana)

	absolutní četnost	relativní četnost	SE
0	5	0,24	0,093
1	16	0,76	0,093
2	0	0	0
celkem	21	1	

### 7.2.5 Testování hypotéz

V rámci každé proměnné sledované na všech stranách kosti jsme nepozorovali ani u nártních kostí žádné statisticky signifikantní rozdíly, tedy hodnoty proměnných se mezi sebou v závislosti na straně statisticky významně neliší. Výsledky testování nulové hypotézy Kruskal-Wallisovým testem, že rozložení stupňů proměnných je na všech stranách kosti stejné, jsou uvedeny v Tabulce 98. Nulová hypotéza nebyla s 95% pravděpodobností odmítnuta v žádném analyzovaném případě. Proměnné tedy pocházejí ze stejného výběru. Můžeme tak předpokládat korelaci jednotlivých proměnných v rámci stran kosti.

Tabulka 98. Testování stranové odlišnosti proměnných na nártních kostech

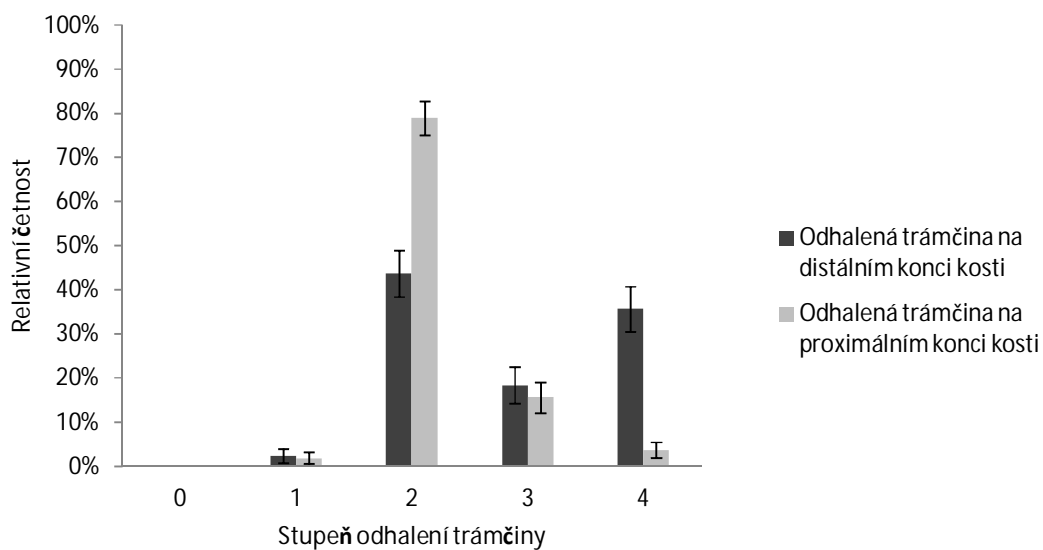
	<i>P</i> hodnota (Kruskal-Wallis test)
Zvětrání	0,807
Odhalená trámčina na proximálním konci kosti	0,482
Odhalená trámčina na distálním konci kosti	0,356
Krakeláž	0,787
Poróznost ve 20 % délky kosti	0,059
Poróznost ve 35 % délky kosti	0,99
Poróznost v 50 % délky kosti	0,13
Poróznost v 65 % délky kosti	0,123
Poróznost v 80 % délky kosti	0,903

Rozdíly v poróznosti mezi různými percentily délky kosti shrnujeme v Tabulce 98. Rozložení proměnné se statisticky významně neliší v poróznosti mezi 50 % a 65 % délky kosti. Nulová hypotéza Mann-Whitneyovo U testu zní, že rozložení proměnných se mezi sebou statisticky významně neliší.

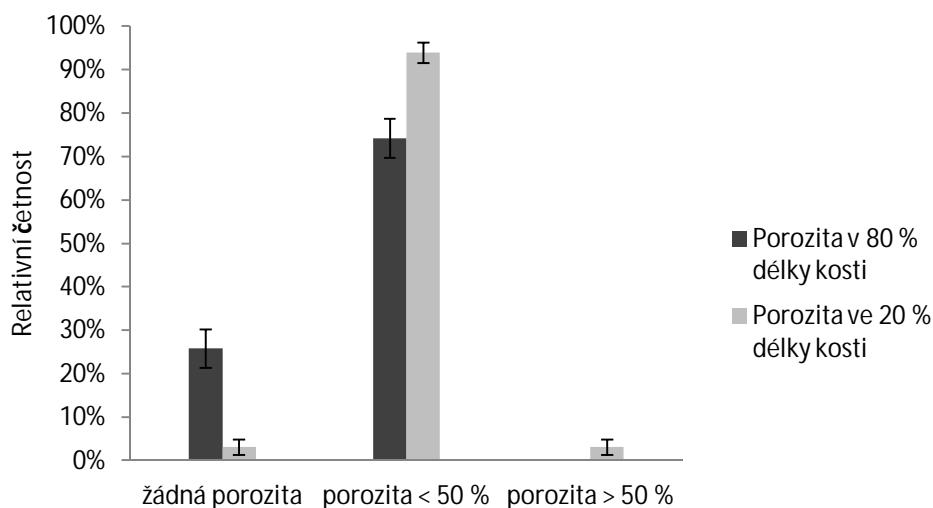
Rozdíly ve stupni odhalení trámčiny mezi proximálním a distálním koncem spolu s rozdíly ve stupni poróznosti ve 20 % a 80 % délky kosti shrnujeme v Tabulce 99. Grafické rozdíly ve stupni odhalení trámčiny mezi proximálním a distálním koncem ilustrujeme v Grafu 92. Rozdíly jsou statisticky signifikantní, proto můžeme usuzovat, že trámčina je na obou koncích záprstních kostí odhalena rozdílně a tedy, konce jsou statisticky signifikantně rozdílně zachované. Vzhledem k hodnotám odečteným z Grafu 92 můžeme usoudit, že distální konec nártních kostí je statisticky signifikantně hůře zachovaný. Statisticky signifikantní jsou i rozdíly mezi porózností ve 20 % a v 80 % délky nártních kostí. Proximální a distální část kosti jsou tedy různě porézní. Z Grafu 93 můžeme usoudit, že 80. percentil délky nártních kostí je statisticky signifikantně méně porézní, než 20. percentil délky nártních kostí.

Tabulka 99. Porovnání rozdělení proměnné Porózyta v závislosti na percentilu délky na nártních kostech (Mann-Whitney U test)

	Percentily délky kosti			
	20	35	50	65
35	$P < 0,001$			
50	$P < 0,001$	$P < 0,001$		
65	$P < 0,001$	$P < 0,001$	$P = 0,116$	
80	$P < 0,001$	$P = 0,025$	$P < 0,001$	$P < 0,001$



Graf 94. Porovnání stupně odhalení trámčiny na proximálním a distálním konci nártních kostí



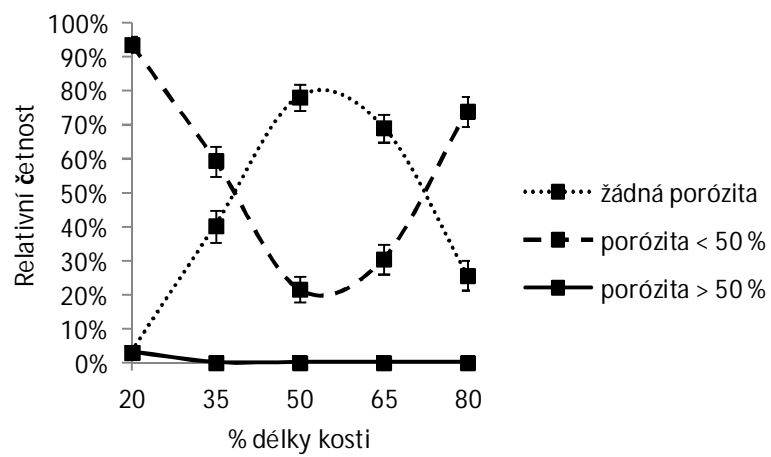
Graf 95. Porovnání stupně porózy ve 20 % a 80 % délky nártních kostí

Tabulka 100. Porovnání proximální a distální části nártních kostí (Mann-Whitney test, 95% pravděpodobnost)

	Odhalená trámčina proximální vs. distální konec	Poróza 20 % vs. 80 %
<i>P</i> hodnota	< 0,001	< 0,001

Z analýz porózy můžeme vyvodit gradient porózy s plochým dnem v 50 % až 65 % délky kosti. Nártní kosti jsou nejvíce porézní ve 20 %, pak poróza postupně klesá ve 35 % délky kosti, nejméně porézní jsou nártní kosti v 50 % až 65 % délky, rozdíly v porózitě nejsou statisticky významné. V 80 % délky se poróza opět zvyšuje, ovšem na úroveň porózy ve 35 % délky kosti, od níž se statisticky významně neodlišuje. Poróza v těchto percentilech se od sebe statisticky významně neodlišuje. Tyto závěry prezentujeme v Grafu 96 a výše v Tabulce 99.

Z analýz dále vyplývá, že distální konec nártních kostí má statisticky významně více obnaženou trámčinu než konec proximální, ale je statisticky významně méně porézní.



Graf 96. Relativní četnost stupňů poróznosti v percentilech délky nártních kostí



### 7.3 Testování rozdílů mezi záprstními a nártními kostmi

Proměnnými se budeme zabývat postupně, ke statistické analýze vztahu nám posloužil opět Mann-Whitneyovo U test. Přehled všech testovaných rozdílů uvádíme v Tabulce 101. Statisticky signifikantní odlišnost mezi proměnnými v závislosti na skupině kostí – záprstní vs. nártní kosti – byla pozorována u Zvětrání, Odhalené trámčiny na proximálním i distálním konci kosti, u Krakeláže, u Porózy ve 20 %, 35 % a 80 % délky kosti. Poróza v 50 % a 65 % délky kosti se mezi záprstními a nártními kostmi statisticky nelišila.

Tabulka 101. Statistická signifikance rozdílů proměnných v závislosti na skupině kostí

	<i>P</i> hodnota (Mann-Whitney U test)
Zvětrání	0,001
Odhalená trámčina na proximálním konci	0,038
Odhalená trámčina na distálním konci	0,001
Krakeláž	0,017
Poróza ve 20 % délky	0,021
Poróza ve 35 % délky	0,002
Poróza v 50 % délky	0,474
Poróza v 65 % délky	0,457
Poróza v 80 % délky	< 0,001

Ovšem, podíváme-li se na rozdíly mezi proměnnými podrobněji, dojedeme k překvapivým zjištěním. Vezmeme-li v potaz i strany kostí, výrazně poklesne statisticky signifikantní odlišnost, viz Tabulka 101. Nyní se záprstní signifikantně odlišují, ovšem ne vysoce signifikantně, od nártních kostí jen ve Zvětrání mediální strany, v Odhalené trámčině na distálním konci na palmární, resp. plantární straně a na

mediální straně a v Porózitě v 80 % délky na palmární/plantární straně a na mediální straně.

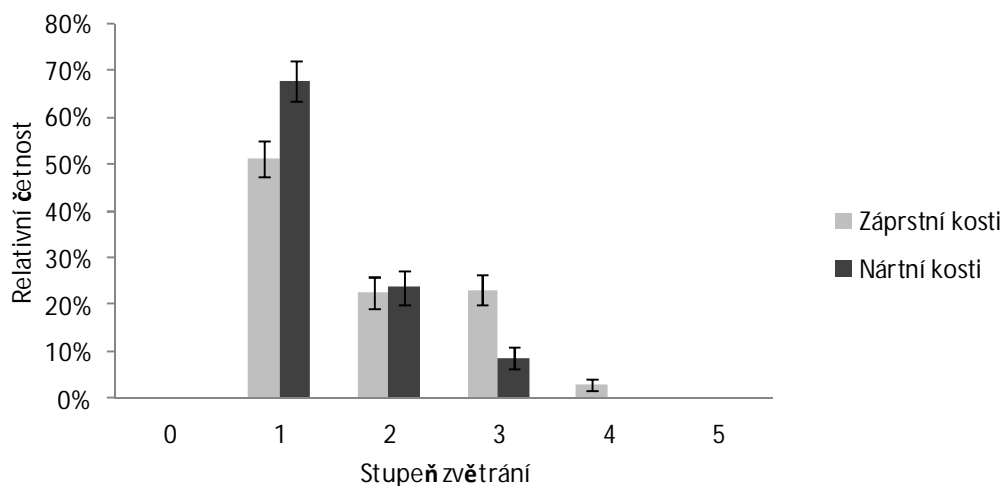
Tabulka 102. Testování odlišnosti proměnných v závislosti na straně mezi záprstními a nártními kostmi

	<i>P</i> hodnota (Mann-Whitney U test)			
	palmární/plantární strana	mediální strana	dorzální strana	laterální strana
Zvětrání	0,15	0,032*	0,145	0,055
Odhalená trámčina na proximálním konci	0,083	0,171	0,772	0,384
Odhalená trámčina na distálním konci	0,05*	0,019*	0,383	0,115
Kraková	0,351	0,136	0,572	0,089
Porózita ve 20 % délky	0,06	0,122	0,684	0,506
Porózita ve 35 % délky	0,249	0,081	0,081	0,102
Porózita v 50 % délky	0,778	0,723	0,081	0,886
Porózita v 65 % délky	0,799	0,542	0,468	0,159
Porózita v 80 % délky	0,013*	0,034*	0,466	0,075

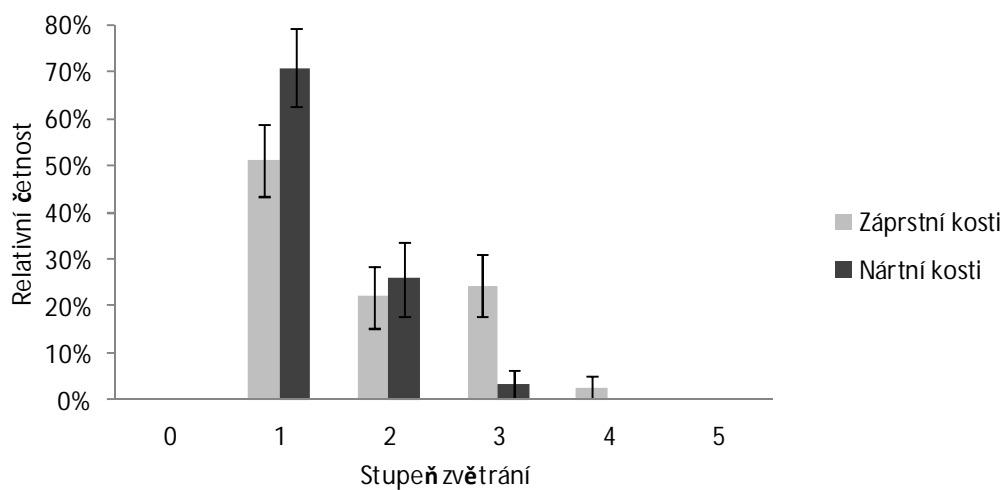
\* zvýrazněna signifikantní odlišnost, odlišnost však není vysoce signifikantní

Další zpřesnění rozdílů uvádíme v Grafech 97–104. U Zvětrání je statisticky signifikantní rozdíl mezi záprstními a nártními kostmi na mediální straně. Zde se liší především ve stupni 3, který je více zastoupen u souboru záprstních kostí na rozdíl od stupně 1, který je zastoupen více u nártních kostí. Z toho vyplývá, že v analyzovaném souboru byly statisticky signifikantně –  $P = 0,032$  – více zvětrány záprstní kosti na mediální straně. Dále jsme pozorovali rozdíly v míře odhalení trámčiny na palmární/plantární straně –  $P = 0,05$  – a na mediální straně –  $P = 0,019$ . Na palmární/plantární a mediální straně to byl stupeň nejvyšší, tedy 4, který byl výrazně více zastoupen u nártních kostí, navíc jsme u nártních kostí na mediální straně nepozorovali stupeň 1 odhalení trámčiny, který jsme naopak pozorovali v 8 % případů na záprstních kostech. A tedy můžeme tvrdit, že trámčina na distálním konci souboru nártních kostí je statisticky signifikantně –  $P < 0,05$  – více obnažena. Porózita se mezi

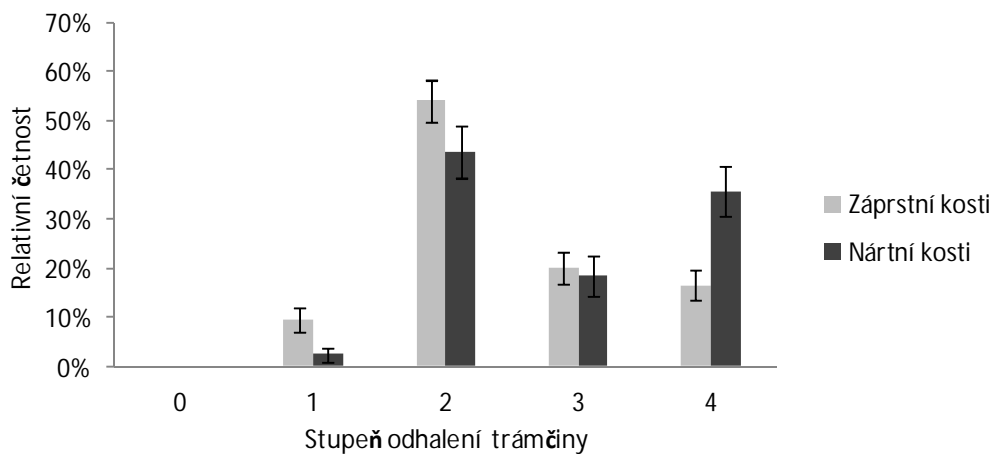
záprstními a nártními kostmi v 80 % jejich délky lišila především na palmární/plantární straně –  $P = 0,013$  – a na mediální straně –  $P = 0,034$ . Tato signifikance znamená, že nártní kosti jsou v 80% délky na plantární a mediální straně signifikantně méně porézní.



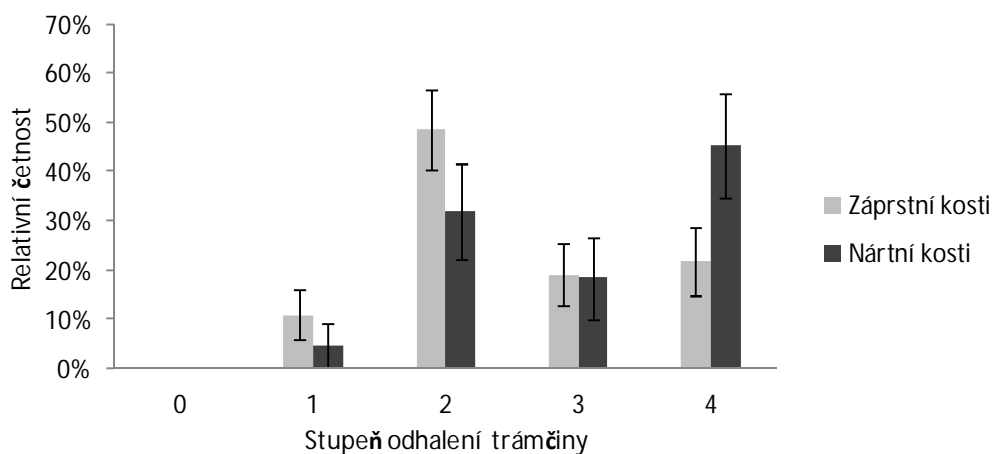
Graf 97. Relativní četnost stupňů zvětrání na všech stranách kostí



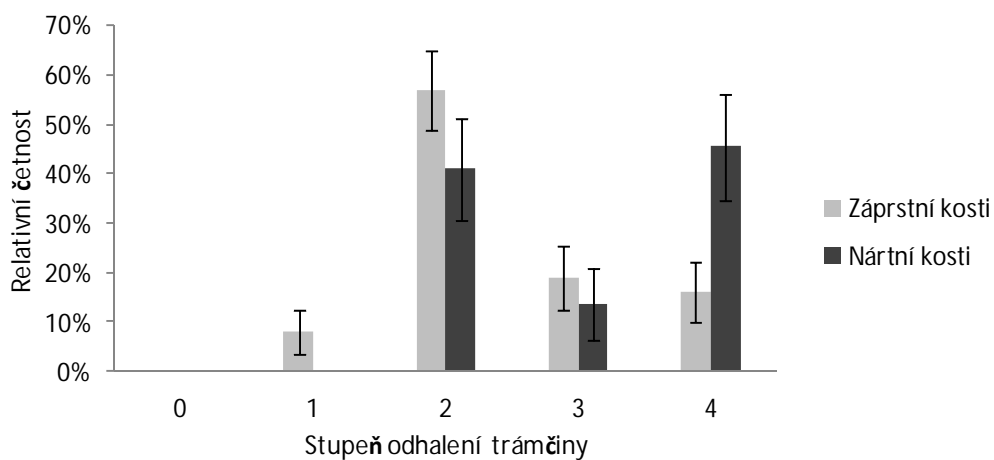
Graf 98. Relativní četnost stupňů zvětrání na mediálně straně kostí



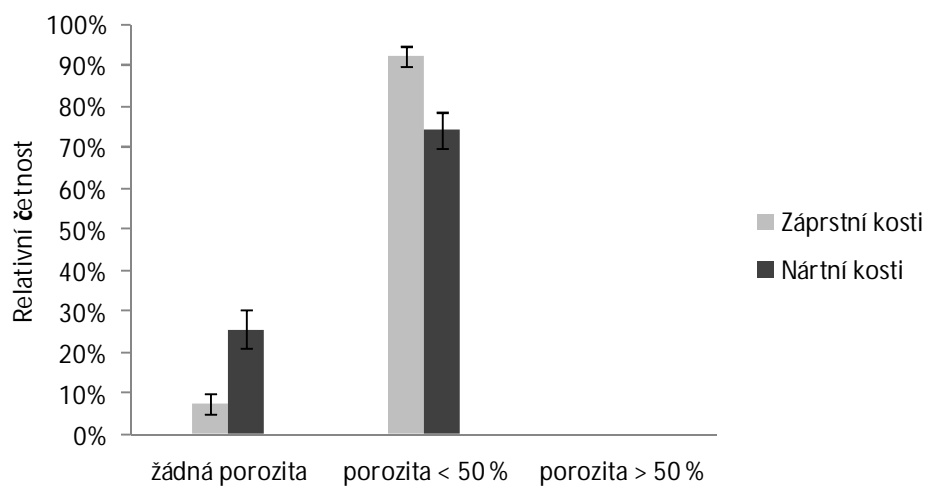
Graf 99. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na všech stranách kostí



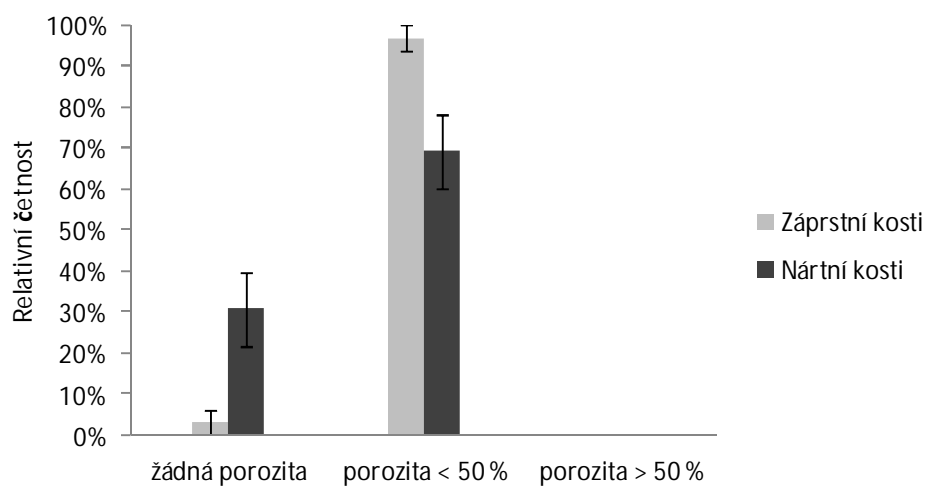
Graf 100. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na palmární/plantární straně kostí



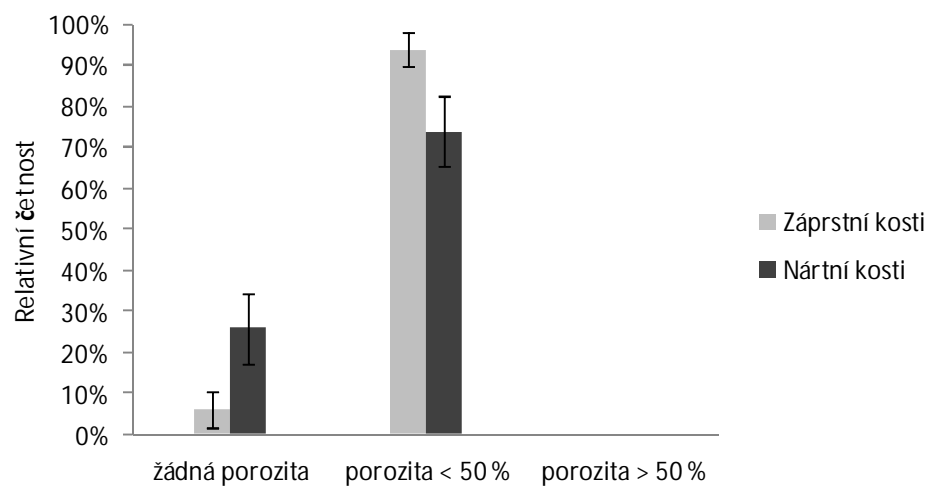
Graf 101. Relativní četnost stupňů odhalení trámčiny na mediální straně kostí



Graf 102. Relativní četnost míry porózy na všech stranách v 80 % délky kostí



Graf 103. Relativní četnost míry porózy na palmární/plantární straně v 80 % délky kostí



Graf 104. Relativní četnost porózy na mediální straně v 80 % délky kostí

vynecháno záměrně

## 8 DISKUZE

V rámci skupiny záprstních kostí jsme nenalezli žádné statisticky signifikantní rozdíly mezi proměnnými v závislosti na straně kosti. Z toho bychom mohli usuzovat na to, že se tyto kosti, během své tafonomické historie nedostaly na povrch nebo na povrchu byly jen krátkou dobu, takže se na nich nemohlo zapsat odlišné působení zvětrání na části obrácené do atmosféry a na části ležící na zemském povrchu (Behrensmeyer, 1978). Toto tvrzení dále potvrzuje jejich relativně dobrá zachovalost v rámci proměnné Zvětrání (Behrensmeyer, 1978). Ovšem výrazné zastoupení Krakeláže stupně 3 tento závěr problematizuje, protože ukazuje na výrazné narušení homogenity povrchu. Působení činnosti mikroorganismů odbourávajících kost mohla také ovlivnit přítomnost hrobové výbavy ve formě růžence omotaného kolem rukou, který mohl mít, v závislosti na materiálu, baktericidní účinky nebo mohl měnit lokální pH půdy, vázat do sebe půdní vlhkost apod. (Carter et Tibett, 2008; Janaway, 2008). V neposlední řadě tak samotný pohřeb do země snižuje teplotní výkyvy i teplotu obecně, znesnadňuje přístup kyslíku a tak zpomaluje metabolismus bakterií a aerobních hub, které destruuji kost (Jans et al., 2004). Dalším dokladem jejich malého vystavení povrchovým vlivům je relativně méně odhalená dřeňová dutina konců kostí obsahující morek a to i přesto, že špitál měl hospodářské zvířectvo a na hřbitově se běžně dobytek i další hospodářská zvířata běžně pohybovala (Bělohlávek, 1965; Lyman, 1994; Králíková, 2007). Baktericidní účinky mohly mít i ropné látky, které jsou v půdě přítomny (Dudík, 2010 in Lungová, 2013). Hloubku pohřbu bychom mohli odhadnout opět z toho, že mezi kostmi má výrazné zastoupení stupeň Krakeláže 3. Odhad je však problematický, protože tato proměnná spolu spojuje mnoho různých tafonomických stop. Takže v případě větších prasklin bychom mohli usuzovat na trampling pochodujícími vojsky či hospodářskými zvířaty, u rýh různých tvarů na stopy po zubech hlodavců apod. Vzhledem k faktu, že rozlišení těchto stop nebylo předmětem analýzy, nejsme bohužel schopni ukázat na hlavního tafonomického činitele zodpovědného za takto vysoké zastoupené stupně Krakeláže 3 v souboru. Dále nám k přesvědčivějším závěrům chybí srovnání souboru s jinou lokalitou.

Narušení proximálního a distálního konce kostí mohlo být dáno jejich tvarem – spíše podlouhlý se slabší kompaktností. Takový tvar a typ je náchylnější k poškození (Darwent et Lyman, 2001). To, že je distribuce odhalení trámčiny na proximálním a

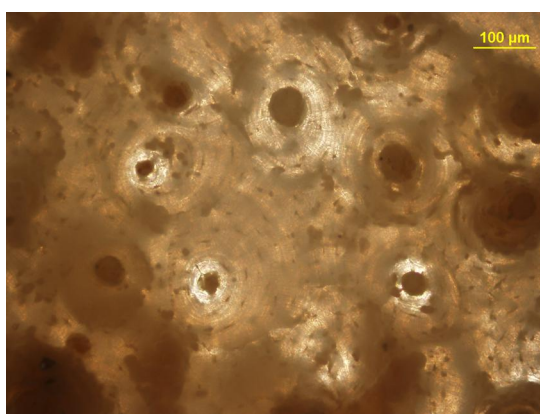


distálním konci podobná, může nasvědčovat tomu, že kosti nebyly příliš vystaveny destruktivním silám – tvar proximálního a distálního konce s u záprstních kostí výrazně odlišuje ve sféricitě a protože jakékoli hrany a výstupky mají tendenci abradovat nejdříve, je podobná zchovalost obou konců kosti dána právě umenšením působení taxonomickým činitelům (Behrensmeyer, 1978). A dalším argumentem podporujícím toto tvrzení je i výzkum Darwenta et Lymana (2001), kteří doložili odlišnou zchovalost kostí v závislosti na jejich tvaru.

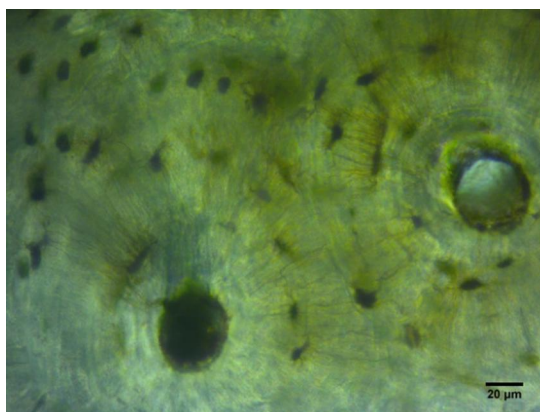
Rozdíly ve stupních porózy v různých percentilech délky nasvědčují různému působení tafonomických činitelů. Poróza uvnitř kosti se zvyšuje degradací kostního kolagenu a rozpouštěním kostního minerálu (Turner-Walker et al., 2002). Na povrchu kosti dochází k bouřlivé výměně iontů (Hedges, 2002), což urychluje degradaci kolagenu i narušování povrchu kosti (Hedges, 2002). Protože nemáme informace o vlhkosti a pH půdy z dané lokality, můžeme se jenom dohadovat o intenzitě této iontové výměny. Ani zjištění, že půda na lokalitě U Zvonu zahrnuje morfologicky velké spektrum typů, nám interpretaci nijak neusnadňuje. Písčité půdy mají větší propustnost vodě, zatímco jílovité půdy vodu spíše zadržují (Fitzpatrick, 2008). I tak je fakt, že jsme byli schopni sledovat póry pouhým okem důležitým zjištěním, protože k určité výměně iontů mezi kostí a půdou muselo dojít. K tomu mohly napomáhat i četné a poměrně rozsáhlé povodně, kterými byla lokalita zasažena – přísun čerstvé vody mohl urychlit rozpouštění kosti (Hedges, 2002). Stejně tak můžeme předpokládat i vysokou hladinu spodní vody, protože lokalita byla po většinu času své historie malým ostrovem (Bělohávek, 1997).

Vysoká hladina spodní vody a několikrát povodně v kombinaci s jílovitou půdou vlastně mohli rozklad pohřbených jedinců zpomalit, snížení přístupu kyslíku mohlo podpořit saponifikaci a „nastartovat“ MA diagenetický vývoj kosti (Smith et al., 2007; Jans, 2008). Tak bychom měli na většině histologických řezů sledovat stopy ataku po anaerobních bakteriích a cyanobakteriích (Hedges, 2002; Jans, 2008). Preliminární histologické výzkumy však přítomnost MFD nepotvrdily (viz Obrázek 16 a 17). Je třeba zdůraznit, že jsou to opravdu preliminární výzkumy a tedy že jsme možná MFD sledovali, ale nezaregistrovali. To mohlo nastat z důvodu malého pozorovaného souboru, z důvodu nekvalitních histologických preparátů nebo analýzou preparátů pod malým zvětšením. Poslední důvod se zdá jako nejméně relevantní. Byla-li zde přítomna destrukce a my jsme ji nezachytili, pak to bylo pravděpodobně proto, že

jsme nevěděli, že se jedná o destrukci. To, zda diagenéze kostí se ubírá trajektorií ACH, bychom mohli potvrdit infračervenou spektrometrií s Fourierovo transformací (FTIR), v kombinaci s analýzou poměru C:P a další analýzou přítomnosti MFD. Překvapivé je také zjištění, že histologické řezy z oblasti distálního konce kosti s odhalenou trámčinou zachovávají histologickou strukturu a tedy, že obnažení nitra kosti nemusí znamenat rychlou ztrátu histologické struktury. Ovšem toto zjištění je rovněž preliminární, vychází z nepatrného vzorku preparátů a rovněž není podpořeno delším pozorováním.



Obrázek 16. Snímek hutné kostní tkáně záprstní kosti pod normálním světlem (archiv autora)  
změny ve světlosti jsou dány rozdílnou tloušťkou preparátu



Obrázek 17. Snímek hutné kostní tkáně záprstní kosti pod polarizovaným světlem (archiv autora)

Gradient porózy se dnem v 50 % délky záprstních kostí bychom vysvětlili tím, že s postupem ke středu těla dlouhé kosti narůstá tloušťka kompakty a zvětšuje se její hustota (Currey, 2002). Tak je pro mikroorganismy těžší rozvolnit organickou složku kosti od složky anorganické. I chemická a fyzikální degradace je tímto zpomalena,

protože pro registrovatelnou stopu musí vynaložit větší úsilí – tedy musí působit buď s větší intenzitou, nebo po delší dobu.

Ani v rámci skupiny nártních kostí jsme nenalezli žádné statisticky signifikantní rozdíly mezi proměnnými v závislosti na straně kosti. Z toho bychom mohli opět usuzovat na to, že se tyto kosti, během své tafonomické historie nedostaly na povrch nebo na povrchu byly jen krátkou dobu, takže se na nich nemohlo zapsat odlišné působení zvětrání na části obrácené do atmosféry a na části ležící na zemském povrchu (Behrensmeyer, 1978). Toto tvrzení dále potvrzuje jejich relativně dobrá zachovalost v rámci proměnné Zvětrání (Behrensmeyer, 1978). Dalším inhibičním faktorem mohla být obuv. Doklady o pohřbívání obutých nebožtíků z oblasti českých zemí máme (Králíková, 2007), ovšem rozsah této praktiky není známý. Janaway ve svých studiích (2001; 2008) uvádí různou dobu rozkladu a tedy odolnost oděvů z přírodních materiálů. Nejrychleji se rozkládají materiály obsahující ve větší míře celulózu – především bavlna, len a konopí, dále sestupně vlna, hedvábí a kůže. Obuv byla kožená, a tedy nejvíce odolná ze všech běžně používaných přírodních materiálů (Janaway, 2001; Janaway, 2008). Zvýšení pomyslné ochrany proti mikroorganismům a působení pH půdy mohly poskytnout i výztuže podrážek z kovů (Králíková, 2007). Kovy mohou být v závislosti na kombinaci pH půdy a oxidačně-redukčního potenciálu odolné vůči korozi – např. zlato, mohou rychle vytvořit ochrannou korozní vrstvu – např. měď, nebo mohou rychle zkorodovat a rozpadnout se (Janaway, 2008). Koroze může dokonce konzervovat přidružené organické materiály (Janaway, 2008). Rozklad těla sám o sobě zvyšuje pH prostředí (Carter et Tibbett, 2008), čímž podporuje demineralizaci kostní tkáně (Child, 1995). Alkalické prostředí naopak zvyšuje pravděpodobnost zachování kosti (Forbes, 2008a). Alkalické prostředí také podporuje formování hematitu a magnetitu z železných součástí oděvu, které mohou uzavřít organickou hmotu a tím ji zachovat (Janaway, 2008). Ovšem železo nemá, na rozdíl od mědi, biocidní účinky (Janaway, 2008). Protože se na našem území našly kovové součásti obuvi pouze v kontextu patní části obuvi (Králíková, 2007), můžeme v závislosti předpokládat lepší zachovalost proximálních konců nártních kostí v porovnání s distálními konci. Tuto hypotézu podporují i statistická zjištění, která ukazují, že distální konec je skutečně statisticky signifikantně více obnažen oproti konci proximálnímu. Také můžeme inferovat, že proximální části nártních kostí jsou jakoby „chráněny“ artikulací s kostmi zánártním a vytvářejí anatomicky sférickější struktury oproti distálnímu segmentu nohy.

Další závěry opět mate výrazné zastoupení Krakeláže stupně 3, protože pokazuje na výrazné narušení homogenity povrchu, které se statisticky signifikantně neliší. Působení činnosti mikroorganismů odbourávajících kost mohla ovlivnit přítomnost hrobové výbavy ve formě tentokrát obuvi, která mohla mít, v závislosti na materiálu, baktericidní účinky nebo mohla podpořit zformování adipocire (Carter et Tibett, 2008; Forbes, 2008; Janaway, 2008). Obuv ještě v kombinaci s pohřbem do země ještě více snižuje teplotní výkyvy a znesnadňuje přístup kyslíku a tak zpomaluje metabolismus bakterií a aerobních hub, které destruuji kost (Jans et al., 2004). Dokladem malého vystavení nártních kostí atmosféře je relativně méně odhalená dřevná dutina konců kostí, tak jako u nártních kostí, obsahující morek a to i přesto, že špitál měl hospodářské zvířectvo (viz výše). Baktericidní účinky mohly ropné látky, které jsou v půdě přítomny (Dudík, 2010 in Lungová, 2013). Problém s hodnocením Krakeláže jsme nastínili výše a zde se nebudeme opakovat.

Statisticky signifikantní odlišnost porózy ve 20 % délky kosti od porózy v 80 % délky je velice zajímavá. Vzhledem k tvaru nártních kostí je větší poróza ve 20 % délky kosti zarážející, protože bychom vzhledem k menšímu obvodu očekávali tenčí povrchové lamely a tím naopak větší zastoupení porózy v 80 % délky kosti. Jako jedna z příčin se může zdát snadnější dostupnost vnějším činitelům – menší objem měkkých tkání. Ovšem vztah porózy mezi těmito percentily musí být předmětem dalšího výzkumu. Problémy v interpretaci činí i další statisticky signifikantně neodlišné porózy v dalších percentilech délky kost – 50. a 65., 35. a 80. – a rovněž ploché dno porózy mezi 50. a 65. percentilem. Určité vysvětlení můžeme hledat ještě v hustotě kostní tkáně, kterou pro různé obratlovce shrnuje Lyman (1994). Ten uvádí u metatarsů i článků prstů klesající hustotu s nárůstem distální vzdálenosti.

Rozdíly mezi oběma skupinami kostí – záprstními a nártními – jsou statisticky signifikantní u Zvětrání na mediální straně,  $P = 0,032$ , kde jsou záprstní kosti více zvětrané, dále u Odhalené trámčiny na distálním konci kosti, kde jsou naopak na plantární a mediální straně v porovnání s palmární a mediální stranou záprstních kostí statisticky signifikantně více obnažené nártní kosti a v porózitě v 80 % délky kosti na stejných stranách kostí, kde jsou naopak více porézní záprstní kosti.

Větší míru zvětrání záprstních kostí bychom mohli přisoudit jejímu „neobutí“, ovšem to neodpovídá větší míře odhalení trámčiny na nártních kostech. Zdá se tak, že větší roli zde bude hrát hustota kostní tkáně (Lyman, 1994). Tomu naopak opět

odporuje statisticky signifikantní vyšší porózita na palmární a mediální straně záprstních kostí v porovnání s plantární a mediální stranou nártních kostí.

vynecháno záměrně

## 9 ZÁVĚR

Jedním ze zásadních zdrojů informací o životě minulých lidských populací jsou jejich kosterní pozůstatky. V křesťanské středověké a raně novověké střední Evropě v normálních případech pohřbívalo do země v dorzálním dekubitu v rakvi, na prkně nebo mohl být zesnulý zabalen do textilie. Vše, co se s jedincem po jeho smrti pod vlivem křesťanství odehrávalo, záviselo na jeho sociálním postavení. Kosterní pozůstatky jsou výsledkem působení tafonomických činitelů biotických i abiotických. Po smrti tělo prochází několika stádii rozkladu a v závislosti na tafonomických činitelích dojde k vysušení nebo ke skeletonizaci. V závislosti na dalších procesech se jedinec může nakonec obrátit v prach. Identifikace tafonomických procesů je klíčem k dekonstrukci navršeného zkresení mezi živou populací, jejími kulturními praktikami a jejími kosterními pozůstatky.

Tafonomické procesy spolupůsobí vně i uvnitř jedince a navzájem se ovlivňují. V závislosti na vnějších podmínkách se odvíjejí různou rychlostí posmrtná stadia algor mortis, livor mortis a rigor mortis. Nastává autolýza – jakési sebetrávení. Tělní bakterie se rychle šíří do celého těla a metabolizují tkáň. Vše se opět odehrává v závislosti vnějších podmínkách. Měkké tkáňe podléhají rozkladu, jedinec postupně skeletonizuje

Míra zachování kostních pozůstatků je pak dána součtem diagenetických procesů hutné kostní tkáňe a procesů působících na povrch kosti. Nedostatečné podchycení markerů na povrchu kosti ve vztahu k diagenезi nás vedlo k vytvoření nové metody hodnocení zachovalosti povrchu kosti, která by případně mohla odrážet diagenetické procesy hutné kostní tkáňe. Metoda především zachycuje variabilitu tafonomických stop způsobených taxonomickými činiteli na povrch kosti. Jednotlivé proměnné mají vysokou reliabilitu – intraobservační shodu, ale nízkou validitu – interobservační shodu, která je způsobena především nedostatečným zacvičením.

Povrch kostí jeví určité statisticky signifikantní rozdíly jednak v rámci jednotlivých souborů kostí, ale také mezi těmito soubory.

Porozitní gradient u záprstních a nártních kostí je dán pravděpodobně různou hustotou kostní tkáňe v různé délce kosti. Toto vysvětlení však není dostatečné. Rozdílná míra odhalení kostní trámčina na proximálním a distálním konci u nártních kostí je pravděpodobně dána větší sféřicitou proximálního segmentu nohy v tarso-

metatarsálním spojení, oproti distálnímu segmentu – metatarso-falangové spojení nebo přítomností kovových segmentů obuvi. Statisticky signifikantně větší zvětření na mediální straně záprstních kostí oproti nártním kostem je pravděpodobně dáno tím, že ruce jsou při uložení do hrobu méně zakryty oděvem/obuví než nohy. Rozdíl u odhalení trámčiny na distálním konci kostí, která je více obnažena u nártních kostí pak může být dána slabšími povrchovými lamelami hutné kosti a nižší hustotou kostní tkáně. Rozdíly v porózitě v 80 % délky kostí se nepodařilo uspokojivě vysvětlit.

Histologická analýza neprokázala žádné stopy mikroskopické fokální destrukce, proto propojení skórovaných proměnných s diagenetickými procesy zůstává obtížné. Nepřítomnost MFD může být dána malým zkoumaným souborem, nezkušeností výzkumníka, nevhodnou technikou, ale také může být faktem.



vynecháno záměrně

## 10 CITOVANÁ LITERATURA

- Agresti A. 2007. *An Introduction to Categorical Data Analysis*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Anderson GS, and Cervenka VJ. 2001. *Insects Associated with the Body: Their Use and Analyses*. In: Haglund WD, and Sorg MH, editors. *Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspectives*. New York: CRC Press.
- Andrews P. 1995. *Experiments in Taphonomy*. *Journal of Archaeological Science* 22:147-153.
- Andrews P, and Cook J. 1985. *Natural Modifications to Bones in a Temperate Setting*. *Man, New Series* 20(4):675-691.
- Avizienis A, Laprie J-C, and Randell B. 2001. *Fundamental Concepts of Dependability*. New Castle University. p 1-20.
- Barlow RE. 2002. *Mathematical Reliability Theory: From the Beginning to the Present Time*. Invited paper
- Behrensmeyer AK. 1978. *Taphonomic and ecologic information from bone weathering*. *Paleobiology* 4(2):150-162.
- Bell LS, Skinner MF, and Jones SJ. 1996. *The speed of post mortem change to the human skeleton and its taphonomic significance*. *Forensic Science International*(82):129-140.
- Bělohávek M. 1997. *Plzeňská předměstí*. Plzeň: NAVA. 136 p.
- Bělohávek M, Kovář J, Šváb M, and Zeman A. 1965. *Dějiny Plzně: Od počátků do roku 1788*. Plzeň: Krajské nakladatelství. 356 p.
- Binford LR. 1978. *Nunamint ethnoarcheology*. New York: Academic Press.

- Brain CK. 1969. The contribution of Namib Desert Hottentots to an understanding of australopithecine bone accumulations. *Scientific Papers of the Namib Desert Research Station* 39:13-22.
- C. RW, and M. BW. (1985). Decomposition of buried bodies and methods that may aid in their location. *Journal of Forensic Sciences* 30:836-852.
- Carmines EG, and Zeller RA. 1979. *Reliability and Validity Assessment*. London: Sage Publications.
- Carter DO, and Tibbett M. 2008. Cadaver Decomposition and Soil: Processes. In: Tibbett M, and Carter DO, editors. *Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains*. New York: CRC Press.
- Cattaneo C, Gelsthorpe K, Phillips P, and Sokol RJ. 1995. Differential Survival of Albumin in Ancient Bone. *Journal of Archaeological Science*(22):271-276.
- Clark MA, Worrell MB, and Pless JE. 1997. Postmortem Changes in Soft Tissues. In: Haglund WD, and Sorg MH, editors. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. New York: CRC Press.
- Collins MJ, Child AM, and Turner-Walker G. 1995. A basic mathematical simulation of the chemical degradation of ancient collagen. *Journal of Archaeological Science* 22:175-183.
- Crowther J. 2002. The Experimental Earthwork at Wareham, Dorset after 33 Years: Retention and Leaching of Phosphate Released in the Decomposition of Buried Bone. *Journal of Archaeological Science* 29:405-411.
- Currey JD. 2002. *Bones: structure and mechanics*. Princeton: Princeton University Press. 438 p.
- Čechura M. 2010. Pohřební ritus ve středověku a novověku ve světle archeologického a antropologického výzkumu. *Archaeologia Historica* 35(1-2):111-120.
- Dadour IR, and Harvey ML. 2008. The Role of Invertebrates in Terrestrial Decomposition: Forensic Applications. In: Tibbett M, and Clark MA, editors.

Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains. New York: CRC Press.

Darwent CM, and Lyman RL. 2001. Detecting the Postburial Fragmentation of Carpals, Tarsals, and Phalanges. In: Haglund WD, and Sorg MH, editors. *Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspectives*. New York: CRC Press.

Dirkmaat DC, and Adovasio JM. 1997. The Role of Archaeology in the Recovery and Interpretation of Human Remains from an Outdoor Forensic Setting. In: Haglund WD, and Sorg MH, editors. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. New York: CRC Press.

Dixon RA, Dawson L, and Taylor D. 2008. The Experimental Degradation of Archaeological Human Bone by Anaerobic Bacteria and the Implications for Recovery of Ancient DNA.

Dudík F. 2010. Plzeň - Západočeská galerie, průzkum. Geologická zpráva.

Efremov IA. 1940. Taphonomy: a new branch of paleontology. *Pan-American Geologist* 74:81-93.

Fitzpatrick RW. 2008. Nature, Distribution, and Origin of Soil Materials in the Forensic Comparison of Soils. In: Tibbett M, and Carter DO, editors. *Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains*. New York: CRC Press.

Forbes SL. 2008a. Decomposition Chemistry in a Burial Environment. In: Tibbett M, and Clark MA, editors. *Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains*. New York: CRC Press.

Forbes SL. 2008b. Potential Determinants of Postmortem and Postburial Interval of Buried Remains. In: Tibbett M, and Clark MA, editors. *Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains*. New York: CRC Press.

- Gordon CC, and Buikstra JE. 1981. Soil pH, Bone Preservation and Sampling Bias at Mortuary Sites. *American Antiquity* 46(3):566-571.
- Graham RW, and Kay M. 1988. Taphonomic comparisons of cultural and noncultural faunal deposits at the Kimmswick and Barnhart sites, Jefferson County, Missouri. In: Laub RS, Miller NG, and Steadman DW, editors. *Late Pleistocene and early Holocene paleoecology and archeology of the Eastern Great Lakes Region*: Buffalo Society of Natural Sciences.
- Guarino FM, Angelini F, Vollono C, and Orefice C. 2006. Bone preservation in human remains from the Terme del Sarno at Pompeii using light microscopy and scanning electron microscopy. *Journal of Archaeological Science* 33:513-520.
- Gutierrez MA. 2001. Bone Diagenesis and Taphonomic History of the Paso Otero 1 Bone Bed, Pampas of Argentina. *Journal of Archaeological Science* 28:1277-1290.
- Haley SM, and Osberg JS. 1989. Kappa Coefficient Calculation Using Multiple Ratings Per Subject: A Special Communication. *Physical Therapy*(69):970-974.
- Hedges REM. 2002. Bone Diagenesis: An Overview of Process. *Archaeometry* 44(3):319-328.
- Hedges REM, Millard AR, and Pike AWG. 1995. Measurements and Relationships of Diagenetic Alteration of Bone from Three Archaeological Sites. *Journal of Archaeological Science* 22:201-209.
- Hochrein MJ. 2001. An Autopsy of the Grave: Recognizing, Collecting, and Preserving Forensic Geotaphonomic Evidence. In: Haglund WD, and Sorg MH, editors. *Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspectives*. New York: CRC Press.
- Hopkins DW. 2008. The Role of Soil Organisms in Terrestrial Decomposition. In: Tibbett M, and Clark MA, editors. *Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains*. New York: CRC Press.

- Child AM. 1995. Towards an Understanding of the Microbial Decomposition of Archaeological Bone in the Burial Environment. *Journal of Archaeological Science* 22:165-174.
- Janaway RC. 2001. Degradation of Clothing and Other Dress Materials Associated with Buried Bodies of Both Archaeological and Forensic Interest. In: Haglund WD, and Sorg MH, editors. *Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspectives*. New York: CRC Press.
- Janaway RC. 2008. The Decomposition of Materials Associated with Buried Cadavers. In: Tibbett M, and Clark MA, editors. *Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains*. New York: CRC Press.
- Jans MME. 2008. Microbial bioerosion of bone - a review. In: Max Wisshak LT, editor. *Current Developments in Bioerosion*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Jans MME, Kars H, Nielsen-Marsh CM, Smith CI, Nord AG, and Arthur P. 2002. In situ preservation of archeological bone: a histological study within a multidisciplinary approach. *Archaeometry* 44(3):343-352.
- Jans MME, Nielsen-Marsh CM, Smith CI, Collins MJ, and Kars H. 2004. Characterisation of microbial attack on archaeological bone. *Journal of Archaeological Science* 31:87-95.
- Košák F. 1899. Nemoc, smrt a pohřeb v pověrách, pověstech a obyčejích lidu na Rokycansku. *Český lid* 8:194-198.
- Králíková M. 2007. Pohřební rítus 16.-18. století na území střední Evropy. Brno: CERM. 209 p.
- Landis JR, and Koch GG. 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*(33):159-174.
- Lungová V. 2013. Hodnocení stavu zachovalosti koster nedospělých jedinců z pozdně středověkého až novověkého hřbitova U Zvonu v Plzni se zaměřením na vnitřní faktory: Západočeská univerzita.

- Lyman RL. 1994. *Vertebrate Taphonomy*: Cambridge University Press.
- Mann RW, Bass WM, and Meadows L. 1990. Time Since Death and Decomposition of the Human Body: Variables and Observations in Case and Experimental Field Studies. *Journal of Forensic Sciences* 35(1):103-111.
- Marshall LG, and Pilgram T. 1991. Meat versus within-bone nutrients: another look of the meaning of body part representation in archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 18:149-163.
- Martinovský I, Douša J, Jelen J, Nováček K, Řeháček K, Skála A, Široký R, and Waska K. 2004. *Dějiny Plzně v datech*. Praha: NLN, s. r. o.
- Mellen PFM, Lowry MA, and Micozzi MS. 1993. Experimental Observations on Adipocere Formation. *Journal of Forensic Sciences* 38:91-93.
- Messick S. 1998. Test Validity: A Matter of Consequence. *Social Indicators Research* 45:35-44.
- Miller LM, Vairavamurthy V, Chance MR, Mendelsohn R, Paschalis EP, Betts F, and Boskey AL. 2001. In Situ Analysis of Mineral Content and Crystallinity in Bone Using Infrared Micro-Spectroscopy of the  $\text{PO}_4^{3-}$  Vibration. *Biochimica et Biophysica Acta* 1527:11-19.
- O'Shea JM. 1996. *Villagers of the Maros: A Portrait of an Early Bronze Age Society*. New York and London: Plenum Press.
- Orton RE. 1998. Samuel Messick's Consequential Validity. *Philosophy of Education*:538-545.
- Parsons TJ, and Weedn VW. 1997. Preservation and Recovery of DNA in Postmortem Specimens and Trace Samples. In: Haglund WD, and Sorg MH, editors. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. New York: CRC Press.
- Prokeš L. 2007. Posmrtné změny a jejich význam při interpretaci pohřebního ritu: ke vztahu mezi archeologií a forenzními vědami. Brno: UAM FF MU.

- Roksandic M. 2001. Position of Skeletal Remains as a Key to Understanding Mortuary Behavior. In: Haglund WD, and Sorg MH, editors. *Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspectives*. New York: CRC Press.
- Sechrest L. 1984. Reliability and Validity. In: Bellack AS, and Hersen M, editors. *Research methods in clinical psychology*: Pergamon Press. p 417.
- Smith CI, C. M. Nielsen-Marsh, Jans MME, and Collins MJ. 2007. Bone diagenesis in the European Holocene I: patterns and mechanisms. *Journal of Archaeological Science* 34:1485-1493.
- Sorg MH, and Haglund WD. 2001. Advancing Forensic Taphonomy: Purpose, Theory, and Practice. In: Haglund WD, and Sorg MH, editors. *Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspectives*. New York: CRC Press.
- Stiner MC. 2002. On in situ Attrition and Vertebrate Body Part Profiles. *Journal of Archaeological Science* 29:979-991.
- Stojanowski CM, Seidemann RM, and Doran GH. 2002. Differential Skeletal Preservation at Windover Pond: Causes and Consequences. *American Journal of Physical Anthropology* 119(15-26).
- Stout SD. 1978. Histological Structure and Its Preservation in Ancient Bone. *Current Anthropology* 19(3):601-604.
- Tonar Z, editor. 2009. *Atlas histologie tvrdých tkání*. Plzeň: Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova v Praze. 76 p.
- Turner-Walker G, and Nielsen-Marsh CM. 2002. Sub-micron spongiform porosity is the major ultra-structural alteration occurring in archaeological bone. *International Journal of Osteoarchaeology* 12:407-414.
- Ubelaker DH. 1997. Taphonomic Applications in Forensic Anthropology. In: Haglund WD, and Sorg MH, editors. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. New York: CRC Press.



- Ubelaker DH. 2001. Approaches to the Study of Commingling in Human Skeletal Biology. In: Haglund WD, and Sorg MH, editors. *Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspectives*. New York: CRC PRes.
- Unger J. 2002. Pohřbívání v 16. století. Sborník prací Filosofické fakulty brněnské univerzity 6-7:41-48.
- Unger J. 2006. Pohřební ritus 1. až 20. století v Evropě z antropologicko-archeologické perspektivy. Brno: NAUMA. 254 p.
- Vass AA. 2001. Beyond the Grave - understanding human decomposition. *Microbiology Today* 28:190-192.
- Wiliam D. 2001. Reliability, validity, and all that jazz. *Education* 29(3):17-21.
- Wood WR, and Johnson DL. 1978. A survey of disturbance processes in archaeological site formation. In: Schiffer MB, editor. *Advances in archaeological method and theory*. New York: Academic Press.
- Wright LE, and Schwarcz HP. 1996. Infrared and Isotopic Evidence for Diagenesis of Bone Apatite at Dos Pilas, Guatemala: Palaeodietary Implications. *Journal of Archaeological Science* 23:933-934.
- Zuber R. 1987. *Osudy moravské církve v 18. století*. Praha: Česká katolická charita.

## 11 RESUMÉ

In this thesis we developed new method for bone-surface scoring. Basic purpose of this new method is to transcribe bone-surface traits to quantitative variables to be able to “compute” the bone-surface. We tried to choose such traits that could match bone-diagenetic traits. None of the known studies interconnects these traits in such a matter and their possible correlation could result in a non-invasive method of analyzing bone histology. We analyzed metacarpal and metatarsal bones from Christian Medieval and Early-Modern cemetery at church of sv. Máří Magdaléna near historical center of Pilsen, Czech Republic.

One of the key media to tell us something about past populations are their skeletal remains. In the Christian Medieval and Early-Modern periods in the middle Europe was the dominant form of burial Christian burial. The passed individual was buried in the ground in a coffin or just laid in the ground. The key factor influencing the burial was a position of the deceased in social hierarchy. His/her remains are the result of action of taphonomic agents both biotic and abiotic. After death, the deceased body undergoes postmortem changes. As the result of the taphonomic agents the body can desiccate or skeletonize and finally turn into the dust. The identification of taphonomic agents and processes is the key step in the process of desedimentation of taphonomic-cultural sediment laid on skeletal remains of once living population.

Taphonomical processes both in and at a deceased individual cooperate and influence each other. The resulting state of human remains is an outcome of summation of these processes. Insufficient methodology in scoring bone-surface pushed us to develop a new one based on observable skeletal markers with the use of the method developed by Behrensmeyer (1978). We scored bone weathering, trabecular exposure of both proximal and distal ends of bones, craquelure of bone surface and bone porosity at 20%, 35%, 50%, 65% and 80% of bone length. All the variables were scored on all four bone sides. This method has high level of reliability – intraobserver agreement, but poor level of validity – interobserver agreement – due to lack of practice.

We found significant differences both in the samples of metacarpal and metatarsal bones and between them.

We have observed gradual level of porosity both in metacarpal and in metatarsal bones. Except, there has been observed an elongation of region with the least porosity among metatarsal bones. This is thought to be due to differential bone density. There has also been different level in trabecular exposure among metatarsal bones. This is because of sphericity of proximal tarsal-metatarsal fragment in comparison to distal fragment. Significantly larger weathering of metacarpal bones to metatarsal bones is due to diminished level of coverage of metacarpal bones. Differences in distal trabecular exposure between metacarpal and metatarsal bones could be due to more thin lamellate bone at bone surface and due to lesser density of metatarsal bones. The difference at 80% of bone length between metacarpal and metatarsal bones was not satisfactory explained.

Histological analysis did not find any microscopic focal destructions and therefore it is for the present impossible to interconnect taphonomic histological traces with taphonomic traces on bone surface.