

MEDZITKANIVOVÉ ROZDIELY V OBSAHU STOPOVÝCH PRVKOV KOSTIER ZO VČASNOSTREDOVEKÉHO POHREBISKA BOROVCE (OKR. PIEŠŤANY)

Alena Šefčáková

Abstract: *Tissue differences in the trace elements contents of skeletons from the Early Medieval cemetery at Borovce (district Piešťany, southwest Slovakia).* The present article provides results of spectrophotometric analysis of eleven trace elements (P, Sr, Si, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, Ti, Ba, Ca) realised by means of an electron microanalysator JXA 840 A with integrated wave-dispersed x-ray spectrometers of the Bragg's type (WDS). Two types of samples (compact tissue from the femur neck, cancellous bone from the femur head) were extracted from both the right and left femora of 41 individuals buried at the cemetery of Borovce (8th – 1/2 12th c. A.D.). From the elements tested, only Mg and Fe (except for the cancellous tissue from the left side) show normal distribution. In the case of compact-cancellous bone differences, the normal distribution is revealed by Zn, Cu, Ti (right – left side pooled sample), by Mg, Fe, Mn (on the right), as well as by Sr and Si (on the left). Because of this non-normal distribution, we tested results by means of the nonparametric tests (Sign test, Wilcoxon pair test, Friedman ANOVA with Kendall concordant coefficient), and the parametric pair t-test for right and left bone, respectively. Only in the case of calcium (Ca), significant tissue differences ($p < 0,05$) were indicated on left side, the mean content of this element being higher in cancellous tissue. Since the amount of Ca in skeletal material depends on its concentration in the surrounding soil and it also not ranks among the elements causing typical surface contamination of the bone, its tissue differences could not be easily interpreted.

Key words: trace elements, skeletons, tissue differences, Early Middle Ages, Slovakia

Úvod

Analýza obsahu stopových prvkov historických ľudských kostrových pozostatkov odhaľuje dôležité aspekty v rámci vzťahov človeka a životného prostredia, ktoré nám môžu pomôcť poznať minulosť a porozumieť dnešným okolnostiam života. Avšak na to, aby sa podarilo získať čo najrelevantnejšie výsledky analýz, treba zvoliť zodpovedajúcu metódu. Jednou z najdôležitejších jej častí je výber miesta na kostre na odber vzoriek, z ktorých budú stopové prvky merané.

Pri odbere vzoriek na rozbor stopových prvkov z ľudských kostí treba mať na pamäti, že proces diagenézy mení pomer prvkov v kosti oproti situácii pred smrťou. Prvky sa nachádzajú v rôznych koncentráciách v rôznych častiach kosti, každý z nich má pomerne vysokú intraindividuálnu variabilitu (Francalacci 1990, Schug 1997). Pre kvalitu analýzy má veľký význam, aby boli vzorky odobrané z častí kostí, ktoré sú čo najmenej porušené. Častou príčinou ich poškodenia bývajú okrem iného aj mikroorganizmy a huby (Thurzo, Šefčáková 1993, Staščíková et al. 1994). Ich šírenie úzko súvisí s mineralizáciou kostí

a jej vaskulárnymi priestormi. Avšak dobrá histologická zachovalosť celej kosti nezaručuje rovnako dobrú zachovalosť jej častí (Hanson et Buikstra 1987).

Podľa niektorých názorov u jednotlivých kostí kostry koncentrácia stopových prvkov môže variovať a koncentrácia má tendenciu sa zvyšovať v súvislosti s vyššou proporciou spongiózy ku kompaktnej kosti (napr. stavce, rebrá, bedrová kosť), pretože spongióza je premenlivejšia ako kompakta (Waldron 1987).

Podľa iných sa väčšina zo stopových prvkov vo vyšších množstvách nachádza v kompakte (napríklad Ca, P, Sr, Zn), niektoré v spongióze (napríklad Pb), pričom každý z nich vykazuje špecifickú distribúciu (Schug 1997) v prípade skúmania rozloženia v tej istej kosti daného historického veku. Odber vzoriek z tej istej kosti, z toho istého miesta a z tej istej vrstvy (Jambor 1988) môže intraindividuálne rozdiely redukovať, ale nie vylúčiť (Francalacci 1990).

Tendencia prvkov je koncentrovať sa v epifýzach dlhých kostí. U zubov sa sústreďujú v cirkumpulálnom dentíne a ich obsah varíruje podľa typu zubu (Waldron 1987).

Rozbory stopových prvkov sa vykonávajú z rôznych častí skeletu ako napríklad z rebier (Szpunar et al. 1978, Price, Kavanagh 1982, Kyle 1986, Palmieri et al. 1994), stavcov (Shinomiya et al. 1998), metakarpálnych, metatarzálnych článkov, článkov prstov (Price, Kavanagh 1982, Kyle 1986) a z kostí lebky (Jambor 1988, Smrčka et al. 1988, Smrčka et al. 1989, Jambor et al. 1993, Nocen 1999). Dobré výsledky sa dosahujú pri analýzach najmä kompaktných dlhých kostí (Brown, Blakely 1985, Hatch, Geidel 1985, Grupe 1986b, Oakberg et al. 2000) predovšetkým z femuru, ale aj z tibie a humeru (Hatch, Geidel 1985, Grupe 1986a, Klepinger et al. 1986, Hanson et Buikstra 1987, Smrčka et al. 1988, Jambor, Smrčka 1989, Grupe et Bach 1993, Francalacci et al. 1993, Palmieri et al. 1994, Schutkowski 2000).

Pomocou diskriminačnej analýzy zistili Palmieri et al. (1994), že údaje o stopových prvkoch získané z femuru vykazujú vyššiu homogenitu ako z rebier, čo potvrdilo histomorfologické skúmania Lamberta et al. (1985) a Hansona a Buikstry (1987), ktorí zistili, že poróznejšie rebrá viac podliehajú diagenéze ako vzorky z kompakty femurov a kvalita vzoriek zo stredu diafýzy femuru z hľadiska zachovalosti býva vyššia ako z rebier. Lambert et al. (1985) objavili, že Sr, Zn a Mg ukazujú identické hladiny obsahu v rebrách aj femuroch, čo by zodpovedalo minimálnym diagenetickým vplyvom. Obsah Ca, Na a Pb je oveľa nižší v rebrách ako vo femuroch (pravdepodobná súvislosť s poróznosťou rebier a nemôžu byť vylúčené aj fyziologické rozdiely). Fe, Al, Mn, Cu a K ukazujú vyššie hladiny v rebrách, čo by mohlo zodpovedať vyššej citlivosti na kontamináciu z pôdy.

Obsah stopových prvkov bol úspešne analyzovaný aj z exhumovaných vlasov historických kostier v pilotnej štúdií Grupeovej a Dörnera (1989) a zo zubov (Kyle 1986, Molleson 1988, Vernois et al. 1988).

Všeobecne sa usudzuje, že najvhodnejším miestom na odber vzoriek sú najkompaktnejšie časti kostí (Grupe 1986a,b, Klepinger et al. 1986, Waldron 1987, Jambor, Smrčka 1989, Grupe 1993).

Podľa všetkého je najvhodnejším miestom na odber vzoriek proximálna časť mediálnej strany diafýzy femuru na úrovni trochanter minor, kde sa nachádza najrozsiahlšie a najsilnejšie kompaktné tkanivo. Tu je kontaminácia relatívne najmenšia a je možné odstrániť dostatočne silné vonkajšie a vnútorné povrchové vrstvy znečistené prostredím (Hatch, Geidel 1985, Jambor, Smrčka 1989). Zistili sa rôzne odchýlky obsahu prvkov v kompakte diafýzy rôznych druhov dlhých kostí, čo môže byť

spôsobené nehomogénnou kombináciou anorganických a organických súčastí v rámci ich stavby (Klepinger et al. 1986).

Cieľom našej práce je porovnať obsah prvkov z proximálnej časti mediálnej strany diafýzy femuru na úrovni trochanter minor, kde sa nachádza najsilnejšia kompakta, s obsahom prvkov v hlavici femuru, kde je tkanivo výrazne spongiózne a redšie. Štúdia úzko súvisí s podobne tematicky zameranými prácami, ktoré sme realizovali v minulých rokoch (Šefčáková 2002, 2003, Šefčáková, Krištín 2000, 2001a, 2001b).

Materiál

Ľudské kostrové pozostatky použité v tejto štúdií sú podľa archeologických informácií datované od 8. až do prvej polovice 12. storočia (Staššíková-Štukovská 2003) a pochádzajú z archeologického výskumu v Borovciach (okr. Piešťany), ktorého vedúcou je PhDr. Danica Staššíková-Štukovská z Archeologického ústavu SAV v Nitre (Staššíková-Štukovská 1996, 2003).

Preskúmaná plocha archeologického výskumu tvorí vyše 8800 m² (Staššíková-Štukovská 1997, 2003) a do konca sezóny v roku 2001 bolo objavených 437 hrobov, ktoré sa spracovávajú v Antropologickom oddelení SNM PM.

Z pohrebiska bolo v spolupráci s D. Staššíkovou-Štukovskou vybraných stratigraficky jednoznačných 50 ľudských jedincov, pričom pri výbere hrobov sme sa pokúsili dodržať približne rovnaký počet mužov, žien a detí a taktiež približne rovnaký počet jedincov v rôznych vekových kategóriách. U vybraných jedincov sme pomocou klasických metód určili pohlavie a vek (Acsádi, Nemeskéri 1970, Ferembach, Schwidetzky, Stloukal 1979, Knussmann ed. 1988).

Metodika

Spracovanie vzoriek a analýza

Na základe viacerých štúdií (Grupe 1986a,b, Klepinger et al. 1986, Jambor, Smrčka 1989, Grupe a Bach 1993) sme predpokladali, že na odber vzoriek je najvhodnejší femur. Odobrali sme teda z pravej aj z ľavej stehnovej kosti 50 jedincov dve vzorky. Jednu z najhustejšieho kompaktného tkaniva z proximálnej časti mediálnej strany diafýzy femuru na úrovni trochanter minor a druhú zo spongiózy hlavice, kde je tkanivo redšej konzistencie.

Analýza stopových prvkov bola realizovaná pomocou elektrónového mikroanalyzátoru JXA 840 A s integrovanými vlnovo-disperznými rtg. spektrometrami Braggovho typu (WDS) a energiovo-disperzného spektrometra (EDS), ktorý umožňuje rozbor všetkých prvkov (okrem vodíka, lítia a prvkov vzácnych plynov) a bol k dispozícii v Centrálnom laboratóriu elektrónovo-optických metód (CLEOM), vedeckom pracovisku Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave.

Elektrónová mikroanalýza je založená na jave emisie charakteristického RTG žiarenia v dôsledku dopadu elektrónového lúča na vzorku. Excitovaný objem je veľký rádovo niekoľko μm^3 . Hĺbka, z ktorej žiarenie vystupuje, je spravidla 1 – 2 μm , čo závisí od hustoty vzorky (Krištín, bez udania roku).

Zisťovali sme obsah 11 prvkov, a to fosforu (P), stroncia (Sr), kremíku (Si), horčíku (Mg), zinku (Zn), medi (Cu), železa (Fe), mangánu (Mn), titánu (Ti), bária (Ba) a kalcia (Ca).

Ako štandardy boli použité syntetický apatit (Ca, P), stroncianit (Sr), kremeň (Si), spinel (Mg), ZnO (Zn), CuO (Cu), hematit (Fe), manganit (Mn), rutil (Ti) a baryt (Ba).

Výpočet zloženia bol kalkulovaný pomocou metódy ZAF (korekcia podľa atomového čísla, korekcia podľa absorpcie a korekcia podľa fluorescencie) Prepočet na zlúčeninu s kyslíkom sa urobil podľa stechiometrických pomerov a hodnoty OH+F+Cl+H₂O boli dopočítané na 100 hmotnostných percent.

Štatistické vyhodnotenie

Numerické údaje sme spracovávali pomocou programu *Excel* (MS Office, verzia 5,0/95 a 97, © Microsoft Inc., 1984 – 1997) a štatistického programu *Statistica for Windows* (verzia 5.1, © Statsoft Inc., 1984 – 1996).

Pre štatistické spracovanie bolo pre nás ako primárne testovanie normality rozloženia dát Shapiro-Wilkovým W testom, ktorý je vhodný a rozšírený kvôli dobrej testovacej sile.

Po overení normality sme použili neparametrické testy – znamienkový (Sign) test, Wilcoxonov test, Friedmanovu ANOVu a Kendallov koeficient zhody.

Znamienkový (Sign) test (neparametrická obdoba párového t testu) testuje nulovú hypotézu tvrdiacu, že dve spojené náhodné veličiny U, V, ktorých hodnoty zisťujeme vždy na rovnakom objekte (párová závislosť), majú rovnaké rozdelenie. K vlastnému výpočtu nie je potrebné poznať konkrétne hodnoty veličín, stačí informácia, ktorá z možností $u < v$ alebo $u > v$ nastala. Pokiaľ majú obidve veličiny rovnaké rozdelenie (nulová hypotéza), každá z nerovností by mala nastať asi v polovici prípadov (Zvára 1999).

Wilcoxonov párový test (Wilcoxonov znamienkovo-poradový test) – neberie do úvahy iba znamienka rozdielov medzi dvoma pármami, ale aj ich veľkosť a poradie týchto rozdielov. Z tohto dôvodu sa považuje za silnejší ako Sign test (Chajdiak et al. 1994).

Na testovanie rozptylu a sily vzájomnej súvislosti sa používajú Friedmanova ANOVA pre navzájom závislé vzorky (párové hodnoty) a Kendallov koeficient zhody (zodpovedá parametrickému Spearmanovmu korelačnému koeficientu). Ide o neparametrickú obdobu analýzy rozptylu, ktorá je založená na poradiach (Chajdiak et al. 1994).

Z parametrických testov sme použili t - test pre párové hodnoty.

Výsledky a diskusia

Nakoniec sme mohli preskúmať údaje o frekvencii 11 prvkov od 41 jedincov (Obr. 1).

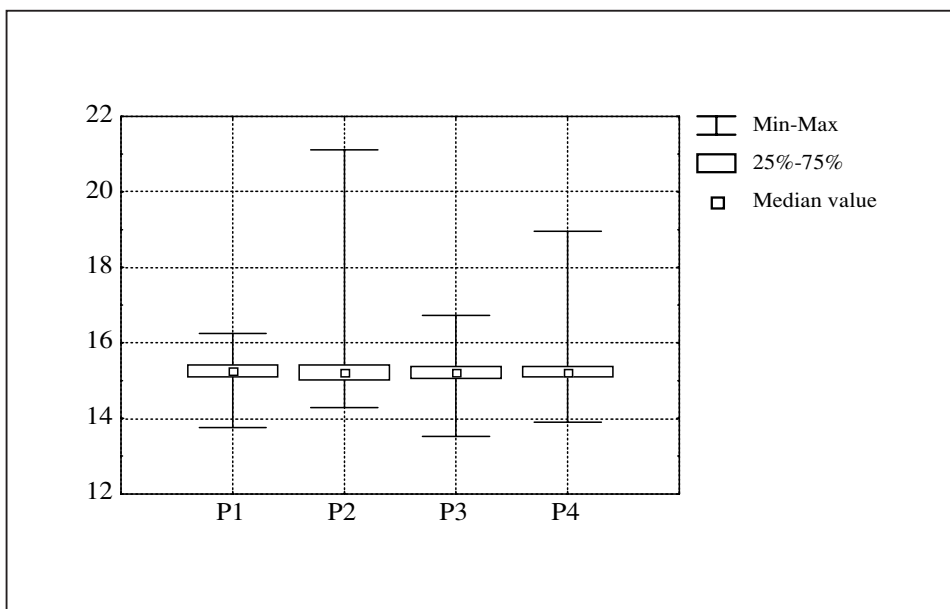
Pri výbere druhu testov sme museli mať na zreteli normalitu rozloženia jednotlivých hodnôt zisťovaných Shapiro-Wilkovým testom použitú aj pri riešení problematiky bilaterality (Šefčáková, Krištín 2000). Navyše sme vypočítali rozdiely medzi hodnotami zistenými v kompakte a v spongióze, ktoré sme opäť testovali Shapiro-Wilkovým testom, aby sme zistili normalitu rozloženia rozdielov zvlášť pre pravú a ľavú stranu. Podľa tab.1 vidíme, že medzitkanivové rozdiely nemajú normálne rozloženie obojstranne v prípade P, Ba a Ca. Iba na pravej strane nie sú normálne rozložené hodnoty Sr a Si. Iba na ľavej strane nemajú normálne rozloženie Mg, Fe a Mn. Obojstranne môžeme hovoriť o tzv. gaussovskom rozložení hodnôt v prípade prvkov Zn, Cu a Ti. Napravo ide o Mg, Fe a Mn a naľavo o Sr a Si.

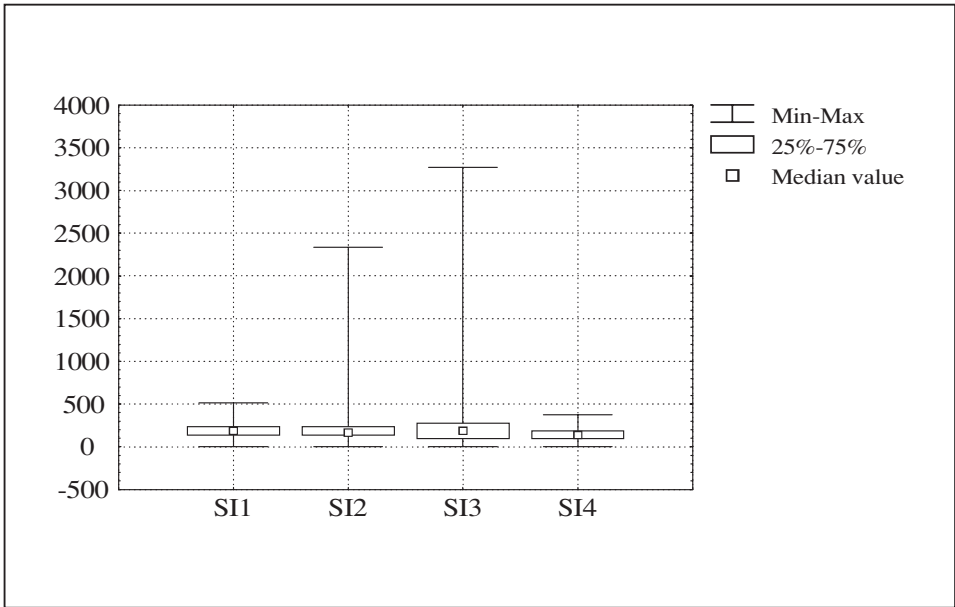
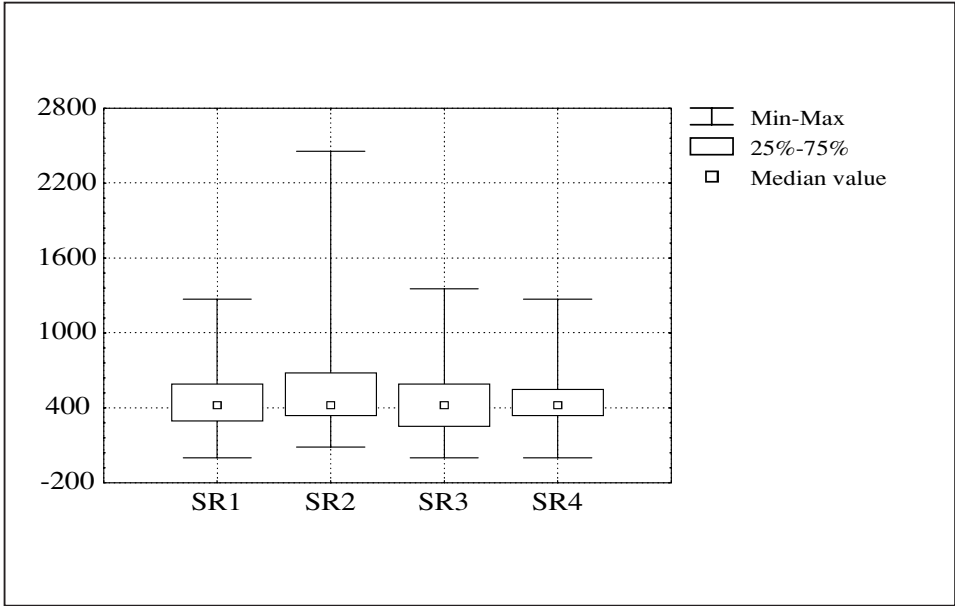
Tab. 1. Shapiro-Wilksov W test normality rozloženia medzitkanivových rozdielov

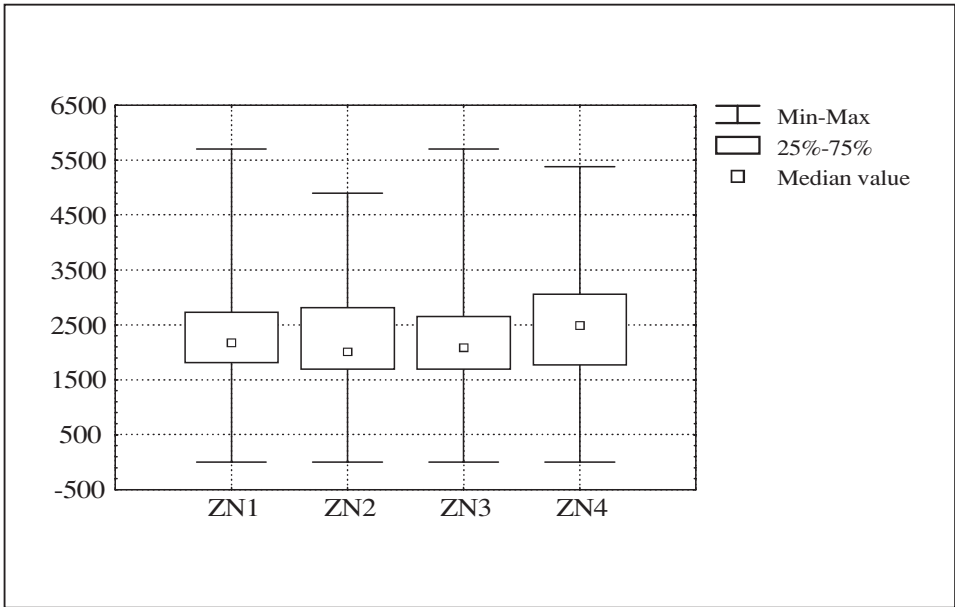
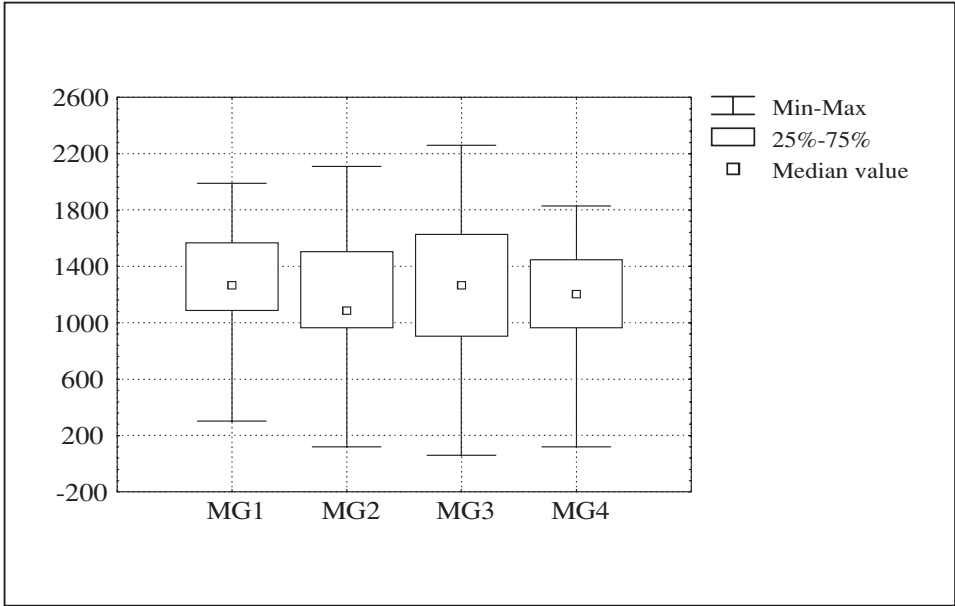
* p < 0,05				** p < 0,01			
Pravá strana	N	W	p	Ľavá strana	N	W	p
P1-P2	41	0,591	0,000 **	P3-P4	41	0,748	0,000 **
SR1-SR2	41	0,827	0,000 **	SR3-SR4	41	0,961	0,238
SI1-SI2	41	0,509	0,000 **	SI3-SI4	41	0,966	0,362
MG1-MG2	41	0,954	0,135	MG3-MG4	41	0,911	0,003 **
ZN1-ZN2	41	0,966	0,359	ZN3-ZN4	41	0,954	0,143
CU1-CU2	41	0,951	0,106	CU3-CU4	41	0,983	0,858
FE1-FE2	41	0,976	0,664	FE3-FE4	41	0,931	0,019 *
MN1-MN2	41	0,983	0,872	MN3-MN4	41	0,939	0,040 *
TI1-TI2	41	0,974	0,592	TI3-TI4	41	0,966	0,347
BA1-BA2	41	0,903	0,002 **	BA3-BA4	41	0,941	0,047 *
CA1-CA2	41	0,899	0,001 **	CA3-CA4	41	0,711	0,000 **

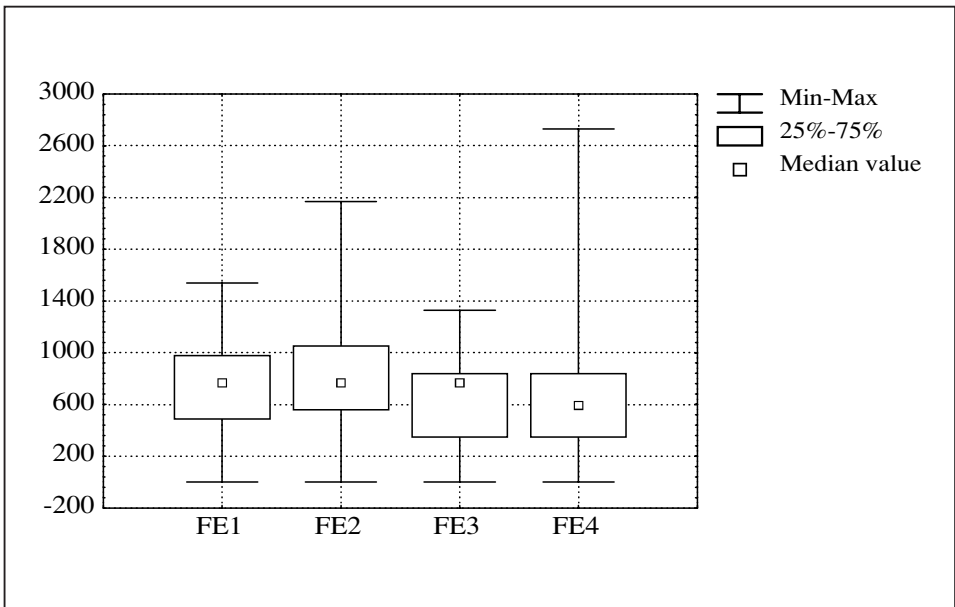
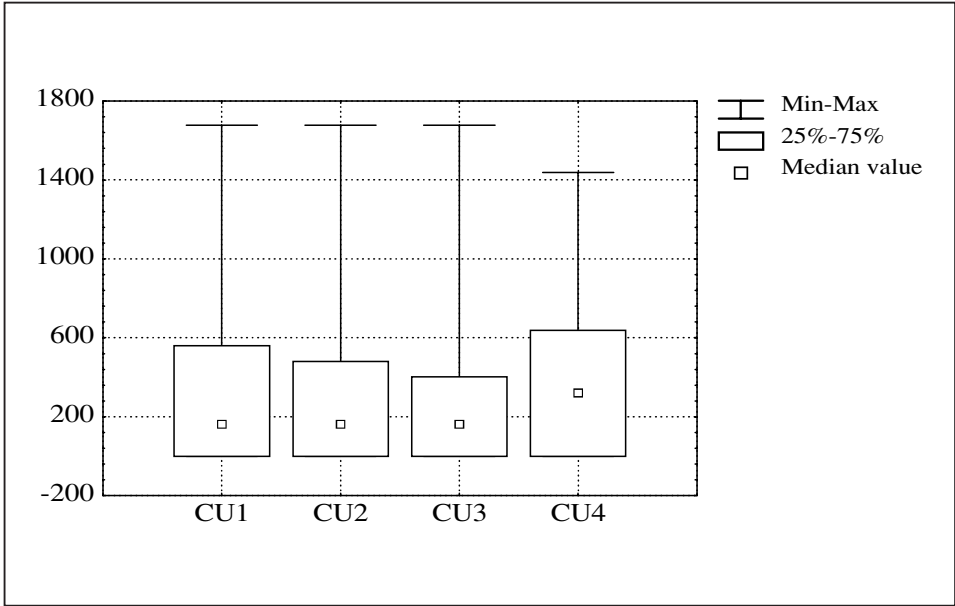
Ca, P - %, ostatné prvky - ppm, 1 – kompakta z pravého femuru (PF), 2 – spongióza z PF, 3 – kompakta z ľavého femuru (LF), 4 – spongióza z LF

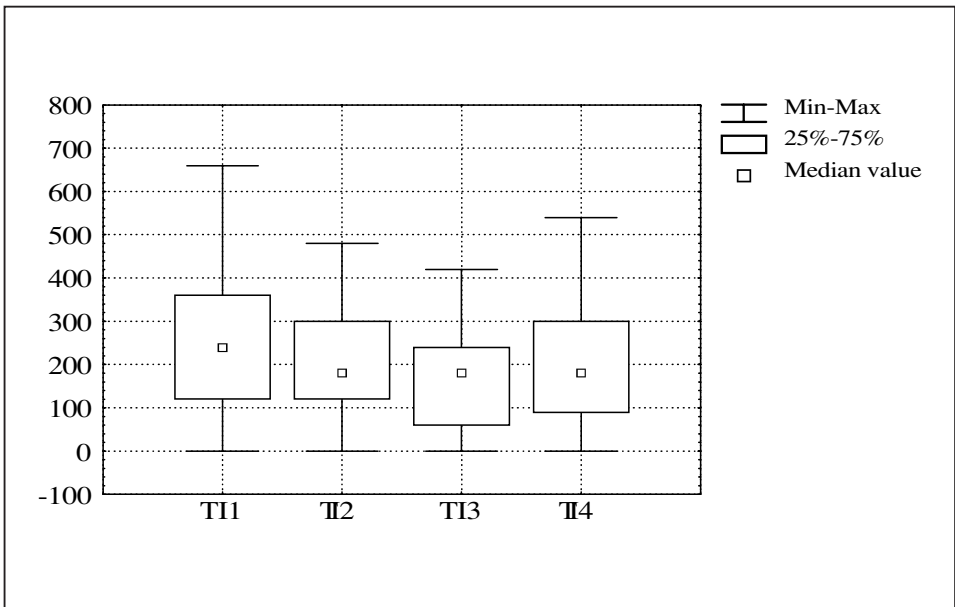
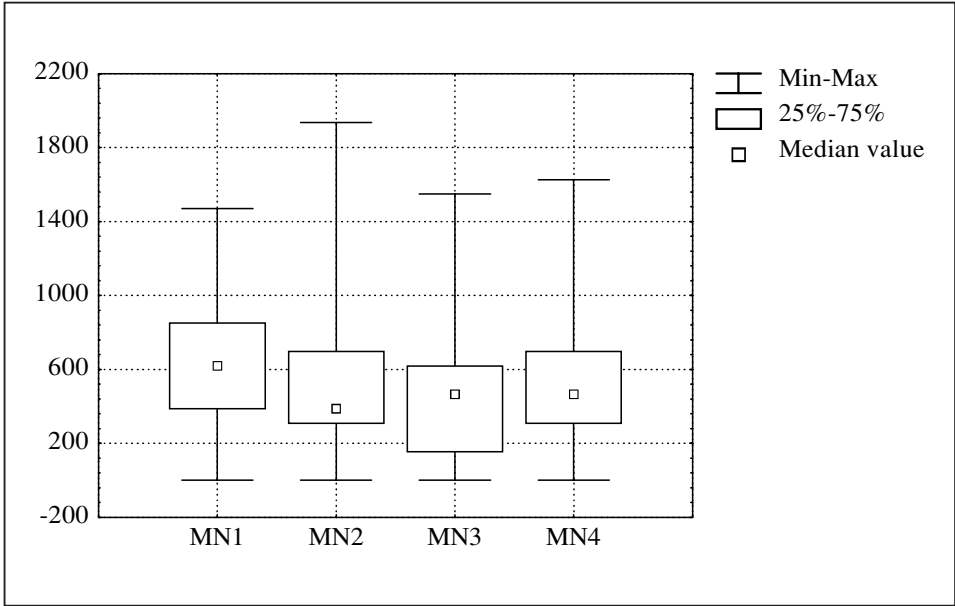
Obr. 1. Medzitkanivové rozdiely (1 – pravá kompakta, 2 – pravá spongióza, 3 – ľavá kompakta, 4 – ľavá spongióza), Cu, P – %, ostatné prvky – ppm

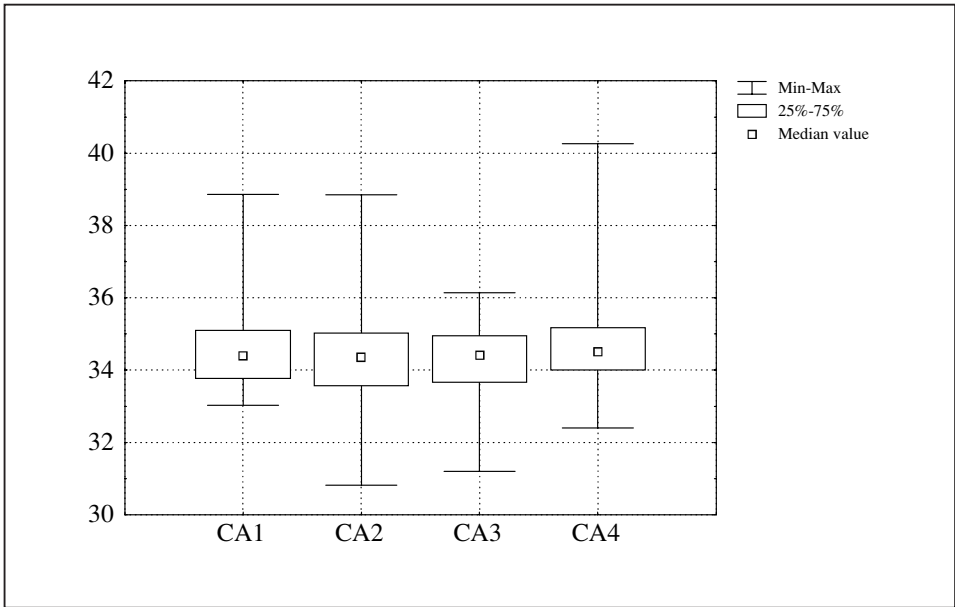
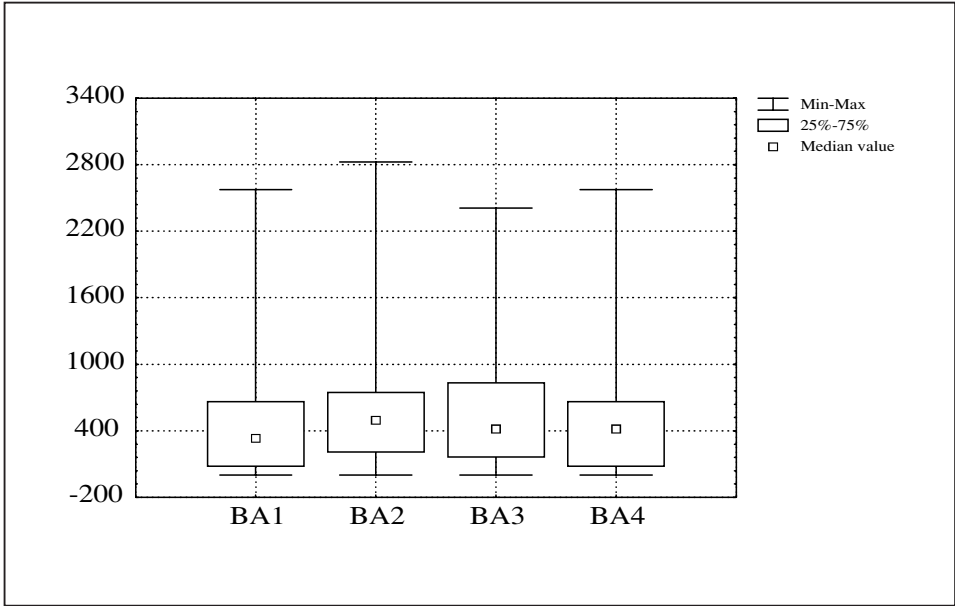












S prihliadnutím na časté negaussovské rozloženie hodnôt ako samotných prvkov, tak aj ich rozdielov, sme opäť použili predovšetkým neparametrické testy (znamienkový test a Wilcoxonov párový test).

Podľa znamienkového (Sign) testu (Tab. 2) sa nepreukázali žiadne medzitkanivové rozdiely ani na pravej a ani na ľavej strane. Podľa citlivejšieho Wilcoxonovho testu (Tab. 3) sa na ľavej strane ukázal na 5 %-nej hladine signifikantnosti preukazný rozdiel v prípade obsahu **Ca**, pričom jeho vyšší obsah je charakteristický pre spongiózu.

Tab. 2. Znamienkový neparametrický test rozdielov medzi tkanivami

* p < 0,05									
Pravá strana	N	v < V (%)	Z	p-hlad.	Ľavá strana	N	v < V (%)	Z	p-hlad.
P1 & P2	41	51,220	0,000	1,000	P3 & P4	41	46,342	0,312	0,755
SR1 & SR2	37	48,649	0,000	1,000	SR3 & SR4	36	55,556	0,500	0,617
SI1 & SI2	39	56,410	0,641	0,522	SI3 & SI4	35	42,857	0,676	0,499
MG1 & MG2	39	35,897	1,601	0,109	MG3 & MG4	34	41,177	0,857	0,391
ZN1 & ZN2	40	37,500	1,423	0,155	ZN3 & ZN4	40	62,500	1,423	0,155
CU1 & CU2	30	36,667	1,278	0,201	CU3 & CU4	37	62,162	1,315	0,188
FE1 & FE2	38	52,632	0,162	0,871	FE3 & FE4	39	46,154	0,320	0,749
MN1 & MN2	40	40,000	1,107	0,268	MN3 & MN4	38	63,158	1,460	0,144
TI1 & TI2	36	47,222	0,167	0,868	TI3 & TI4	32	50,000	-0,177	0,860
BA1 & BA2	36	58,333	0,833	0,405	BA3 & BA4	38	42,105	0,811	0,417
CA1 & CA2	41	48,781	0,000	1,000	CA3 & CA4	41	63,415	1,562	0,118

1 – kompakta z pravého femuru (PF), 2 – spongióza z PF, 3 – kompakta z ľavého femuru (LF), 4 – spongióza z LF

Tab. 3. Wilcoxonov párový test - rozdiely medzi tkanivami

* p < 0,05									
Pravá strana	N	T	Z	p-hlad.	Ľavá strana	N	T	Z	p-hlad.
P1 & P2	41	395,0	0,460	0,646	P3 & P4	41	416,0	0,188	0,851
SR1 & SR2	41	322,5	0,438	0,662	SR3 & SR4	41	261,5	1,123	0,261
SI1 & SI2	41	332,5	0,802	0,422	SI3 & SI4	41	237,5	1,269	0,204
MG1 & MG2	41	254,0	1,898	0,058	MG3 & MG4	41	200,5	1,658	0,097
ZN1 & ZN2	41	349,5	0,813	0,416	ZN3 & ZN4	41	344,0	0,887	0,375
CU1 & CU2	41	167,0	1,347	0,178	CU3 & CU4	41	285,5	0,996	0,319
FE1 & FE2	41	343,5	0,392	0,695	FE3 & FE4	41	342,5	0,663	0,507
MN1 & MN2	41	324,5	1,149	0,250	MN3 & MN4	41	311,0	0,863	0,388
TI1 & TI2	41	278,0	0,864	0,388	TI3 & TI4	41	210,0	1,010	0,313
BA1 & BA2	41	247,0	1,351	0,177	BA3 & BA4	41	353,0	0,254	0,800
CA1 & CA2	41	393,0	0,486	0,627	CA3 & CA4	41	266,0	2,132	0,033 *

1 – kompakta z pravého femuru (PF), 2 – spongióza z PF, 3 – kompakta z ľavého femuru (LF), 4 – spongióza z LF

Pri testovaní rozptylu neparametrickou Friedmanovou ANOVA neboli zistené žiadne rozdiely a Kendallov koeficient zhody sa vo všetkých prípadoch pohyboval okolo nuly, čo signalizuje, že sú lineárne nekorelované.

U prvkov, ktorých medzitkanivové rozdiely preukázali normálne rozdelenie, sme použili parametrický párový t-test (Tab. 4), ktorý vyšiel ako na pravej, tak aj na ľavej strane negatívne.

Tab. 4. t - test pre párové hodnoty, rozdiely medzi tkanivami

* p < 0,05										
Pravá s.	x 1 komp.	S.D.	x 2 spong.	S.D.	N	Rozd.	S.D. Rozd.	t	df	p
Mg	0,127	0,034	0,118	0,040	41	0,009	0,038	1,477	40	0,147
Zn	0,230	0,111	0,223	0,110	41	0,007	0,130	0,352	40	0,727
Cu	0,041	0,050	0,032	0,038	41	0,009	0,051	1,116	40	0,271
Fe	0,073	0,034	0,079	0,042	41	-0,006	0,055	-0,701	40	0,487
Mn	0,063	0,037	0,053	0,035	41	0,010	0,050	1,253	40	0,217
Ti	0,022	0,015	0,020	0,013	41	0,002	0,017	0,837	40	0,407
Eavá s.	x 3 komp.		x 4 spong.							
Sr	0,043	0,025	0,047	0,027	41	-0,004	0,029	-0,904	40	0,371
Si	0,020	0,017	0,016	0,009	41	0,004	0,019	1,445	40	0,156
Zn	0,230	0,116	0,237	0,125	41	-0,007	0,126	-0,349	40	0,729
Cu	0,031	0,040	0,040	0,039	41	-0,008	0,050	-1,085	40	0,284
Ti	0,017	0,011	0,020	0,014	41	-0,003	0,018	-1,099	40	0,278

1 – kompakta z pravého femuru (PF), 2 – spongióza z PF, 3 – kompakta z ľavého femuru (LF), 4 – spongióza z LF

Signifikantný rozdiel v obsahu Ca v prospech spongiózy medzi spongiózou a kompaktným tkanivom na ľavej strane nie je jednoduché vysvetliť. Pri skúmaní bilaterálnych rozdielov sa podstatné signifikantné odlišnosti nezistili (Šefčáková, Krištín 2000).

Vzorky boli odobrané z femurov, u ktorých, ako u kostí dolných končatín, platí tzv. skrížená asymetria, čiže v prípade pravorukej dominancie, dochádza k tzv. antigravitačnej flexii (Hoffmanov reflex) nedominantnej rovnakostrannej pravej nohy a viac zafažovanou a dominantnou je noha ľavá (Previc 1991). Čuk, Leben-Seľjak a Štefančíč (2001) dokonca zistili, že robustnejší vývin ľavého femuru ako podpornej končatiny je charakteristický ako pre pravorukých, tak aj pre ľavorukých. Aj v našom prípade je väčšina jedincov pravorukých (väčšie rozmery a robusticita na kostiach pravých končatín) a priamou aspekciou sme zistili, že majú častejšie femury, z ktorých boli odoberané vzorky, robustnejšie a s väčším svalovým reliéfom na ľavej strane.

Steele (2000) tvrdí, že kosti dominantných končatín sú väčšie, ťažšie a majú vyšší obsah minerálov a hustotu, čo sa nám nepodarilo potvrdiť. Nepotvrdil sa predpoklad, že by sa väčšina stopových prvkov nachádzala vo vyšších množstvách v kompakte (Schug 1997). Naopak, v prípade Ca je signifikantne častejší jeho vyšší výskyt na ľavej strane v tkanive spongiózy. Nezistili sme ani rozdiely v rozptyloch hodnôt jednotlivých výsledkov na jednej strane z kompakty a na druhej zo spongiózy napriek tomu, že sa predpokladá väčšia premenlivosť a teda menšia stabilita spongiózy (Waldron 1987, Grupe 1986b, Sandford 1992, Sandford a Weaver 2000).

Záver

V našej práci sme sa zisťovali, či existujú rozdiely v obsahu stopových prvkov medzi kompaktným a spongióznym tkanivom z ľudských kostrových pozostatkov a či je pre odber vzoriek na analýzu stopových prvkov vhodnejšie použitie kompakty alebo spongiózy.

V zásade sme nezistili takmer žiadne rozdiely v koncentráciách stopových prvkov medzi vzorkami odobranými zo spongiózy a z kompaktného tkaniva, napriek tomu, že sa na analýzu odporúča skôr hustejšie tkanivo (Brown, Blakely 1985, Waldron 1987, Grupe 1986a, Smrčka et al. 1989), a to predovšetkým proximálna časť mediálnej strany diafýzy femuru na úrovni trochanter minor (Hatch, Geidel 1985, Jambor, Smrčka 1989).

Jediný ťažko vysvetliteľný rozdiel je v obsahu vápnika na ľavej strane, kedy je jeho vyšší obsah signifikantne častejší v spongióze ako v kompaktnom tkanive.

Práca bola realizovaná s finančnou podporou grantu MK Pro Slovakia č. ŠFK – 0715/56/95

Literatúra

- ACSÁDI, GY., NEMESKÉRI, J., 1970: History of Human Life Span and Mortality. Budapest, Akadémiai Kiadó, 346 pp.
- BROWN, A. B., BLAKELY, R. L., 1985: Biocultural Adaptation as Reflected in Trace Element Distribution. *J. Hum. Evol.*, 14: 461-468.
- ČUK, T., LEBEN-SELJAK, P., ŠTEFANČIČ, M., 2001: Lateral Asymmetry of Human Long Bones. *Variability and Evolution*, 9: 19-32.
- FEREMBACH, D., SCHWIDETZKY, I., STLOUKAL, M., 1979: Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett. *Homo*, 30(2): 1-32.
- FRANCALACCI, P., 1990: Intra-individual variation of trace element content in different skeletons coming from archaeological sites. *Rivista di Antropologia (Roma)*, LXVIII: 225- 230.
- FRANCALACCI, P., SUBIRÁ, M.E., BORGOGNINI TARLI, S., MACCHIARELLI, R., MALGOSA, A., PALMIERI, A., 1993: Reproducibility and Reliability of Trace Element Analysis in an Italian Medieval Necropolis. In: Lambert, J. B., Grupe, G. (ed.): *Prehistoric Human Bone Archaeology at the Molecular Level*. Berlin - Heidelberg - New York, Springer Verlag, p. 173-188.
- GRUPE, G., 1986a: Ernährungsgewohnheiten im Mittelalter. *Fortschritte der Medizin*, 42: 49-54.
- GRUPE, G., 1986b: Rekonstruktion bevölkerungsbiologischer Parameter aus dem Elementgehalt bodengelagerter Knochen. In: Herrmann B. (ed.): *Innovative Trends in der prähistorischen Anthropologie. Beiträge zu einem internationalen Symposium vom 26. Februar bis 1. März 1986 in Berlin (West)*, p. 39-44.
- GRUPE, G., 1998: "Archives of Childhood" – The Research Potential of Trace Element Analyses of Ancient Human Dental Enamel. In: Alt, K. W., Rösing, F. W., Teschler – Nicola, M. (ed.): *Dental Anthropology*. Wien and New York, Springer Verlag, p. 337-347.
- GRUPE, G., DÖRNER, K., 1989: Trace elements in excavated human hair. *Z. Morph. Anthropol.*, 77(3): 297-308.

- GRUPE, G., BACH, H., 1993: Life style, subsistence and mortality in the Slavonic village at Espenfeld (Kr. Anstadt, FRG). A trace element study. *Anthrop. Anz.*, 51(4): 317-332.
- HANSON, D. B., BUIKSTRA, J. E., 1987: Histomorphological Alteration in Buried Human Bone from the Lower Illinois Valley: Implications for Palaeodietary Research. *J. Archaeol. Sci.*, 14: 549-563.
- HATCH, J. W., GEIDEL, R. A., 1985: Status – specific Dietary Variation in Two World Cultures. *J. Hum. Evol.*, 14: 469-476.
- CHAJDIAK, J., RUBLÍKOVÁ, E., GUDÁBA, M., 1994: Štatistické metódy v praxi. Bratislava, Statis, pp. 308.
- JAMBOR, J., 1988: Changes in Bones of Prehistoric Populations caused by Enviromental Influence. *Anthropologie (Brno)*, XXVI(1): 55-60.
- JAMBOR, J., SMRČKA, V., 1989: Metodologické problémy rekonstrukce výživy na základě prvkové analýzy. *Geofyzika v archeologii a moderní metody terénního výskumu a dokumentace (Brno)*, 54: 353-356.
- JAMBOR, J., SMRČKA, V., 1993: Tin in Human Bones. *Przeglad Antropologiczny*, 56(1-2): 151-156.
- KLEPINGER, L. L., KUHN, J. K., WILLIAMS, W. S., 1986 : An Elemental Analysis of Archaeological Bone From Sicily as a Test of Predictability of Diagenetic Change. *Amer. J. Phys. Anthropol.*, 70 : 325-331.
- KNUSSMANN, R. (ed.), 1988: *Anthropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Band I, 1. Teil. Wiissenschaftstheorie, Geschichte, morphologische Methoden. Begründet von Rudolf Martin. Stuttgart - New York, Gustav Fischer Verlag, 742 pp.*
- KRIŠTÍN, J., (bez udania roku): Centrálné laboratórium elektrónovo-optických metód (CLEOM) Prír F UK - informačný bulletin. Bratislava, Vydavateľstvo Q 111, 12 pp.
- KYLE, J. H., 1986: Effect of Post - burial Contamination on the Concentrations of Major and Minor Elements in Human Bones and Teeth - The Implications for Paleodietary Research. *J. Archaeol. Sci.*, 13: 403-416.
- LAMBERT, J. B., SIMPSON, S. V., SZPUNAR, C. B., BUIKSTRA, J. E., 1985 : Bone Diagenesis and Dietary Analysis. *J. Hum. Evol.*, 14: 477-482.
- MOLLESON, T., 1988: Trace elements in Human Teeth. In: Grupe, G., Herrmann, B. (ed.): *Trace Elements in Enviromental History. 8. Berlin – Heidelberg - New York, Springer Verlag, p. 67-82.*
- NOCEN, I., 1999: Analiza porownawcza skladu mineralnego kosci u ludzi w materiale archeologicznym z roznych rejonow Polski. *Ann. Acad. Med. Stetin*, 45: 25-39.
- OAKBERG, K., LEVY, T., SMITH, P., 2000: A Method for Skeletal Arsenic Analysis, Applied to the Chalcolithic Copper Smelting Site of Shiqmim, Israel. *J. Archaeol. Sci.*, 27: 895-901.
- PALMIERI, A. M., COPPA, A., FRANCCALACCI, P., 1994: Problems of an aquatic diet in trace element analyses: the coastal site of Qurum RH5 (Sultanate of Oman, 3.700 - 3.200 B.C.). *Hum. Evolution*, 9(2): 155-164.
- PRICE, T. D., KAVANAGH, M., 1982 : Bone composition and the Reconstruction of Diet: Examples from the Midwestern United States. *Midcontinental J. Archaeology*, 7(1) : 61-79.
- PREVIC, F. H., 1991: A General Theory Concerning the Prenatal Origins of Cerebral Lateralization in Humans. *Psychological Review*, 98 (3): 299-334.

- SANDFORD, M. K., 1992: A Reconsideration of Trace Element Analysis in Prehistoric Bone. In: Saunders S. R., Katzenberg M. A. (ed.): *Skeletal Biology of Past Peoples: Research Methods*. New York, Wiley - Liss, p. 79-103.
- SANDFORD, M. K., WEAVER, D. S., 2000: Trace Element Research in Anthropology: New Perspectives and Challenges. In: Katzenberg, M. A., Saunders, S. R. (ed.): *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. New York, Wiley – Liss, p. 329-350.
- SCHUG, H., 1997: Intraindividuelle Elementverteilung im distalen Femur. *Anthrop. Anz.* 55(2): 167-178.
- SCHUTKOWSKI, H., 2000: Neighbours in different habitats – Subsistence and social differentiation in early mediaeval populations of the eastern Swabian Alb. *Anthrop. Anz.*, 58: 113-120.
- SHINOMIYA, T., SHINOMIYA, K., ORIMOTO, CH., MINAMI, T., TOHNO, Y., YAMADA, M., 1998: In – and out – flows of elements in bones embedded in reference soils. *Forensic Sci. Internat.*, 98: 109-118.
- SMRČKA, V., JAMBOR, J., SALAŠ, M., 1988: Diet in the 1st - 2nd Centuries along the Northern Border of the Roman Empire (A Reconstruction on the Basis of an Analysis of Chemical Elements found in Skeletal Remains). *Anthropologie (Brno)*, XXVI(1): 39-54.
- SMRČKA, V., JAMBOR, J., SALAŠ, M., 1989: Trace elements in paleopathology of human diet. In: Capasso, L. (ed.): *Advances in Paleopathology*, Chieti, p. 181-184.
- STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ, D., 1996: Zu manchen Äusserungen des Bestattungsritus im Frühmittelalt In: Bialeková, D., Zábojník, J. (ed.): *Ethnische und kulturelle Verhältnisse an der mittleren Donau vom 6. bis zum 11. Jahrhundert*. Bratislava, Veda, p. 281-304.
- STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ, D., 1997: Deviata sezóna výskumu v Borovciach. *AVANS v roku 1995*: 166-168.
- STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ, D., 2003: Nové archeologické pramene k poznaniu kultúry Slovanov v 8.-11. storočí na Trnavskej sprašovej pahorkatine. In: *Pamiatky Trnavy a Trnavského kraja 6. Zborník zo seminára konaného dňa 3. 12. 2002*. Krajský pamiatkový úrad Trnava, p. 33-42.
- STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ, D., FABIŠ, M., THURZO, M., KORYTÁROVÁ, O., REINPRECHT, L., 1994: Absolutná dekompozícia na pohrebiskách – prvé výsledky experimentov v Borovciach. *Slov. Archeológia*, XLII(1): 187-210.
- STEELE, J., 2000: Skeletal Indicators of Handedness. In: Cox, M., Mays, S. (ed.): *Human Osteology in Archaeology and Forensic Science*, Greenwich Medical Media, London, p. 307-323.
- SZPUNAR, C. B., LAMBERT, J. B., BUIKSTRA, J., 1978: Analysis of Excavated Bone by Atomic Absorption. *Amer. J. Phys. Anthropol.*, 48(2): 199-202.
- ŠEFČÁKOVÁ, A., 2002: *Paleoekológia protohistorických populácií na Slovensku. Analýza stopových prvkov z kostrových pozostatkov z pohrebiska Borovce okr. Piešťany (8. – 1/2 12.st.n.l.)*- 227 s., ms. (Dizertačná práca; depon. in: Katedra antropológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, Bratislava).
- ŠEFČÁKOVÁ, A., 2003: Rozbor obsahu stopových prvkov v kostrách zo včasnostredovekého pohrebiska Borovce (okr. Piešťany) analýzou hlavných komponentov (PCA). *Acta Rer. Natur. Mus. Nat. Slov.*, XLIX: 105-128.

- ŠEFČÁKOVÁ, A., KRIŠTÍN, J., 2000: Bilaterálne rozdiely v obsahu stopových prvkov kostier zo včasnostredovekého pohrebiska v Borovciach (okr. Piešťany). Bull. Slov. antropol. Spoloč., 3: 57-66.
- ŠEFČÁKOVÁ, A., KRIŠTÍN, J., 2001a: Intersexuálne rozdiely v obsahu stopových prvkov z kostier zo včasnostredovekého pohrebiska v Borovciach (okr. Piešťany) – multivariačná analýza. Acta Rer. Natur. Mus. Nat. Slov., XLVII: 132-143.
- ŠEFČÁKOVÁ, A., KRIŠTÍN, J., 2001b: Životné podmienky včasnostredovekej populácie vo svetle stopových prvkov – intersexuálne rozdiely (neparametrické testy). Bull. Slov. antropol. Spoloč., 4: 186-192.
- THURZO, M., ŠEFČÁKOVÁ, A., 1993: Resultate zu Analysen über den Einfluss des Hausschwammes auf die Knochendekomposition. In: Staššíková-Štukovská, D.: Neue Erkenntnisse zur Dekomposition menschlicher Skelette am Beispiel des frühmittelalterlichen Gräberfeldes von Borovce, Slowakei. Appendix 1. Praehistorische Zeitschrift, 68/2: 256-259.
- VERNOIS, V., UNG BAO, M., DESCHAMPS, N., 1988: Chemical analysis of human dental enamel from archaeological sites. In: Grupe, G., Herrmann, B. (ed.): Trace Elements in Enviromental History. 8. Berlin Heidelberg New York, Springer Verlag, p. 83-90.
- WALDRON, T., 1987: The potential of analysis of chemical constituents of bone. In: Boddington, A., Garland, A. N., Janaway, R. C. (ed.): Death, decay and reconstruction. Approaches to archaeology and forensic science. Manchester University Press, p. 149 - 159.
- ZVÁRA, K., 1999: Statistika v antropologii. In: Stloukal, M. (ed.): Antropologie. Příručka pro studium kostry. Praha, Národní muzeum, 433-479.

Adresa autora:

RNDr. Alena Šefčáková, PhD., Slovenské národné múzeum – Prírodovedné múzeum, Bratislava, Vajanského nábr. 2, P. O. BOX 13, 810 06 Bratislava 16. e-mail: sefcakova@snm.sk