

DISKRIMINAČNÍ FUNKCE PRO ODHAD POHLAVÍ Z OTISKŮ PRSTŮ: PILOTNÍ STUDIE

Discriminant Equation for Sex Estimation from Fingerprints: a pilot study

Monika Zemanová¹, Miroslav Králík¹,
Tomáš Zeman²

¹Laboratoř morfologie a forenzní antropologie,
Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno,
Česká republika

²Katedra antropologie, Přírodovědecká fakulta,
Univerzita Komenského, Bratislava, Slovensko

Abstract

The aim of this study was to analyze epidermal ridge breadth (ERB) of human fingerprints and to develop new method for sex estimation according to the fingerprints in adult subjects. The study was conducted on 50 males and 50 females from Czech Republic in the age range of 18 to 70 years. Five ridges (excluding interstitial ridges) were measured at once in each angle of triradius in direction perpendicular to the prevailing course of the ridges: proximal angle (P) oriented in the direction towards distal interphalangeal flexion crease, lateral angle (L) oriented towards closer margin of the finger, and central angle (C) localized in the pattern area (towards the core). Thereafter the mean epidermal ridge breadth (MRB) was computed from the distance and the number of ridges (5) for each angle (P, L, C), triradius, finger, and individual. Measurements on randomly selected fingerprints (one in each individual) from intentionally limited group of 45 individuals aged from 20 to 35 years (17 males, 28 females) were used for further analyses. In females, mean MRB of 0.512 mm (SD = 0.065 mm), 0.400 mm (SD = 0.064 mm), and 0.394 mm (SD = 0.071 mm) was recorded for P, L, and C triradial angle, respectively. In males, values of 0.568 mm (SD = 0.053 mm), 0.474 mm (SD = 0.072 mm), and 0.483 mm (SD = 0.053 mm) for mean MRB were recorded for P, L, and C triradial angle, respectively. The highest level of dimorphism was recorded in the angle C. The resubstitution validity of the newly established discriminant equation for sex estimation was 85.7% and 88.2% of correctly assigned cases for females and males, respectively. The results of discriminatory performance should be considered preliminary due to limited sample size.

Keywords: *Dermatoglyphics, Sex Determination, Epidermal Ridge Breadth, Triradius*

Úvod

Tloušťka epidermální lišty (Epidermal Ridge Breadth – ERB, definice Penrose 1968; Králík & Novotný, 2003) se systematicky liší mezi pohlavími. Muži mají hodnoty průměrné tloušťky epidermální lišty (Mean Epidermal Ridge Breadth, dále MRB) v průměru větší (Acree, 1999; Gutiérrez-Redomero, Alonso, Romero, & Galera, 2008; Kapoor & Badiye, 2015; Ohler & Cummins, 1942;), přičemž velikostní sexuální dimorfismus MRB by mohl být prakticky využit v daktylosko-

pii. Vzhledem k tomu, že grafické metody pro analýzu obrazu i vlastní ztotožňování v rámci rozsáhlých databází v systémech automatické identifikace otisků prstů (AFIS) jsou výpočetně a časově náročné, rychlé a jednoduché zařazení otisku do kategorie podle pohlaví může zkrátit čas potřebný k následné identifikaci anebo umožnit použití dokonalejších, ale výpočetně náročnějších algoritmů. Ve stejném smyslu může být přínosné i stranové zařazení otisku prstu (Králík, Kováčová, Hupková, & Urbanová, 2015; Singh, Chattopadhyay, & Garg, 2005), které by z další identifikace přímo vyloučilo všechny otisky rukou opačné strany těla. Kromě toho při identifikaci pomocí otisků prstů dochází nezbytně i k negativním výsledkům (osoba není v databázi). Odhad pohlaví, věku a velikosti těla může poskytnout alespoň skupinovou identifikaci neznámé osoby. Snahy po automatizaci takových metod za pomoci moderních technických prostředků často využívají velikostních souvislostí, věkových změn a dimorfismu MRB (např. Nithin, Balaraj, Manjunatha, & Mestri, 2009; Wadhwa, Kaur, & Singh, 2013). Objevují se i patenty těchto metod (Cipiere, 2015; Halavee & Bukshpan, 2007). Své uplatnění mohou najít i při hodnocení lidských otisků prstů odhalených na archeologických nálezích (Králík & Nejman, 2007; Králík, Urbanová, & Hložek, 2008; Zemanová, Králík, & Peška, in press).

Prakticky orientovaný výzkum a vývoj aplikací v tomto směru naráží na řadu meritorně podmíněných komplikací. Jednou z nich je skutečnost, že se ERB lokálně liší na různých místech papilárního terénu (Cummins, Waits, & McQuitty, 1941). Pokrokem byl proto posun v metodice měření, který představovalo použití trojdílného rastru (Gutiérrez-Redomero et al., 2008), díky kterému se na otisku distálního článku prstu měření do určité míry standardizovalo. Realizace relativně rozsáhlých studií s využitím této metodiky na vzorcích z různých populací (Gutiérrez-Redomero et al., 2008; Gutiérrez-Redomero, Alonso, & Dipierri, 2011; Gutiérrez-Redomero et al., 2013; Gutiérrez-Redomero, Quirós, Rivaldería, & Alonso, 2013; Gutiérrez-Redomero, Rivaldería, Alonso-Rodríguez, & Sánchez-Andrés, 2014; Krishan, Kanchan, & Ngangom, 2013; Rivaldería, Sánchez-Andrés, Alonso-Rodríguez, Dipierri, & Gutiérrez-Redomero, in press) ukázaly, jak systematické rozdíly MRB v různých lokalizacích jednoho otisku, tak i populační rozdíly, které je třeba brát v úvahu při jakýchkoliv aplikacích.

Výše uvedená metodika představuje významný posun ve smyslu lokalizace měřené polohy a umožňuje získat z každého otisku několik odlišných, metodicky dobře reprodukovatelně definovaných hodnot MRB, jejichž kombinace může poskytnout lepší prostředek velikostní diskriminace mezi pohlavími, nežli MRB z jedné náhodně vybrané polohy na otisku nebo generální průměrná hodnota z otisku celého. Polohování rastru je však stále do určité míry arbitrární, a kromě toho zcela pomíjí polohu nejmarkantnějšího bodu otisku, kterým je triradius. V této studii jsme proto navrhli alternativní metodiku pro lokalizované měření ERB a stanovení MRB na otisku distálního článku prstu ruky člověka. Oproti výše popsané metodě není třeba aplikovat na otisk komplikovaný rastr, a přesto je měření relativně přesně v otisku lokalizováno. Kromě toho tři úhly trirádia představují pole epidermálních lišt, které odráží samostatně se šířící události histologické diference kůže, konkrétně lišty v oblasti vzoru z vrcholu prstové podošky, proximální transverzální systém od interphalangeální flexní rýhy a distální transverzální systém od vrcholu prstu (Seidenberg-Kajabova, Pospisilova, Vranakova, & Varga, 2010). Proto tloušťka epidermální lišty v každém z úhlů trirádia reprezentuje produkt oddělených epigenetických událostí, které mohou dimorfismus odrážet mírně odlišným způsobem. Současně tento způsob měření reflektuje různé směry v papilárním terénu z hlediska eventuálního vlivu dimorfismu v postnatálních růstových procesech.

Cíl

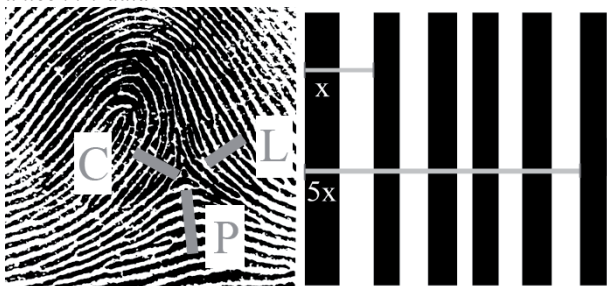
Cílem této studie byl návrh nové metody pro kvantitativní hodnocení ERB ve třech úhlech trirádia dermatoglyfu distálního článku prstu a ověření možnosti vytvoření diskriminační funkce pro odhad pohlaví z neznámého otisku prstu na základě této metodiky.

Metodika

Výzkumný soubor tvořilo 100 dobrovolníků z České republiky. Jednalo se o 50 mužů a 50 žen ve věkovém rozmezí 18–70 let. Otisky všech prstů z pravé i levé ruky byly odebírány pomocí metody podle Cummins a Midlo (1943). Měření ERB probíhalo na digitalizovaných snímcích otisků v programu *TpsDig 2.17* (Rohlf, 2013). ERB byla měřena v milimetrech ve třech úhlech trirádia (Obrázek 1). Jednalo se o směr proximální (P) směřující od trirádia k flexní rýze, laterální (L) směřující od trirádia k bližšímu okraji prstu a centrální (C) směřující do jádra vzoru. Měřeno bylo vždy 5 epidermálních listů (vyjímaje list vymezených, definice Cohausz, Linde, & Wendt, 1955) kolmo na převládající průběh linií (Kozinová, 2012).

Základní soubor byl pro účely tvorby diskriminační rovnice zredukován na osoby spadající do věkové kategorie 20–35 let, kde bylo největší věkové zastoupení probandů. Jednalo se o 28 žen a 17 mužů. Od každé osoby z redukovaného souboru byl v programu R (R Core Team, 2013) náhodně vybrán pouze jeden otisk prstu a v případě vzorů s více trirádii jen jeden z nich. Následně byla vypočítána MRB jedné epidermální lišty pro všechny úhly trirádia pro muže a ženy (Tabulka 1). Za podmínku nutnou pro vytvoření spolehlivé diskriminační funkce jsme považovali prokázání existence sexuálního dimorfismu MRB ve třech sledovaných směrech (P, L, C). K testování mezipohlavních rozdílů jsme použili dvouvýběrový *t*-test a k testování normality hodnot MRB Lillieforsův test ve statistickém programu R (R Core Team, 2013). Dále byla pomocí programu G*Power 3 (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) odhadnuta velikost souboru nutná pro statistické prokázání mezipohlavních rozdílů v MRB ve dvou směrech tak, aby tyto rozměry mohly být v budoucnu zahrnuty do diskriminační funkce.

Obrázek 1. Znárodnění vytvořené metody měření ERB ve třech úhlech trirádia



Poznámka: P – proximální úhel; L – laterální úhel; C – centrální úhel; vpravo je ilustrována použitá definice tloušťky ERB (x – tloušťka jedné epidermální lišty; 5x – tloušťka pěti epidermálních lišt)

Výsledky

Pomocí Lillieforsova testu nebyly u MRB ve třech sledovaných úhlech (P, L, C) nalezeny žádné statisticky významné odchylky od normálního rozdělení. Přistoupili jsme proto k použití parametrického *t*-testu. Ve všech sledovaných směrech byly nalezeny statisticky významné mezipohlavní rozdíly (Tabulka 1). Nejvyšší míru sexuálního dimorfismu přitom vykazovaly hodnoty MRB v úhlu C. V dalším kroku jsme ze zbývajících proměnných odstranili variabilitu společnou s MRB pro úhel P pomocí lineárních regresních modelů

$$MRB_P = a_0 + a_1 MRB_C \quad (1)$$

$$MRB_L = a_0 + a_1 MRB_C \quad (2),$$

kde MRB_P značí MRB v proximálním směru, MRB_C značí MRB v centrálním směru a MRB_L značí MRB v laterálním směru. Následně byly srovnávány mezipohlavní rozdíly v reziduích z obou modelů (Tabulka 2). Intersexuální rozdíly nebyly statisticky významné pro C ani L.

Získané výsledky jsme následně využili pro stanovení nejménší velikosti souboru nutné pro prokázání pozorovaných rozdílů. Pro odhad velikosti souboru v programu G*Power 3 (Faul et al., 2007) byly zvoleny vstupní parametry uvedené v tabulce 3. Na základě těchto parametrů byla stanovena minimální velikost souboru nutná pro statistické prokázání pozorovaných rozdílů na 139 mužů a 139 žen.

Záporné hodnoty diskriminačního skóre predikují ženské pohlaví, kladné hodnoty pohlaví mužské. Výsledky zkoušky účinnosti rovnice resubstituční metodou jsou uvedeny v tabulce 4. Vytvořená diskriminační funkce dosahovala úspěšnosti 85,7 % u žen a 88,2 % u mužů, avšak vzhledem k nedostatečné velikosti souboru lze považovat tyto údaje pouze za orientační a předběžné.

Diskuze

Výsledky pilotní studie hodnocení ERB ve třech úhlech trirádia potvrdily existenci velikostního sexuálního dimorfismu (Cummins et al., 1941; Ohler & Cummins, 1942) v MRB u dospělých osob. Současně se projevil systematické rozdíly v MRB v jednotlivých úhlech trirádia, což je obecně ve shodě se studii aplikujícími alternativní metodiku. Přitom shodně u obou pohlaví jsou průměrné hodnoty nejvyšší v úhlu P, což by mohlo odrážet postnatální longitudinální růst prstu podmíněný růstovou chrupavkou článku prstu, lokalizovanou nejbližší k lištám tohoto úhlu a postupující právě ve směru tloušťky těchto lišt (proximo-distálně). Největší míra dimorfismu v MRB se však projevila v úhlu C, což naznačuje, že zdrojem části dimorfismu v rozměrech lišt může být už samotná prenatální diferenciacce a procesy spojené s mizením embryonálních polštářků. Zkoušky účinnosti vytvořené diskriminační funkce (85,7 % pro ženy a 88,2 % pro muže) naznačují možné využití navržené metody měření ERB ve třech úhlech trirádia (P, L, C) při odhadu pohlaví z neznámého otisku prstu.

Tabulka 1. Srovnání MRB u mužů a žen v pilotním souboru

směr	N		M (mm)		SD (mm)		rozdíl (mm)	t	p
	muži	ženy	muži	ženy	muži	ženy			
P	17	28	0,568	0,512	0,053	0,065	0,056	3,0	< 0,01
L	17	28	0,474	0,400	0,072	0,064	0,074	3,3	< 0,01
C	17	28	0,483	0,394	0,053	0,071	0,089	4,6	< 0,0001

Poznámka: MRB – průměrná tloušťka epidermální lišty; P – proximální směr; L – laterální směr; C – centrální směr; N – počet osob; M – průměrná tloušťka epidermálních lišt; SD – směrodatná odchylka tloušťky epidermálních lišt; t – testové kritérium t-testu; p – hladina významnosti t-testu

Tabulka 2. Srovnání reziduální MRB z modelu (1) a (2) u mužů a u žen v pilotním souboru

směr	N		M _e (mm)		SD _e (mm)		rozdíl (mm)	t	p
	muži	ženy	muži	ženy	muži	ženy			
P	17	28	0,010	-0,006	0,052	0,058	0,016	0,89	n.s.
L	17	28	0,012	-0,007	0,067	0,051	0,019	0,91	n.s.

Poznámka: MRB – průměrná tloušťka epidermální lišty; P – proximální směr; L – laterální směr; N – počet osob; M_e – průměrná reziduální tloušťka epidermálních lišt, SD_e – směrodatná odchylka reziduální tloušťky epidermálních lišt; t – testové kritérium t-testu; p – hladina významnosti t-testu; n.s. – statisticky nevýznamný rozdíl, p > 0,05

Tabulka 3. Vstupní parametry pro power analýzu

vstupní parametr	hodnota
M muži (mm)	0,01
M ženy (mm)	-0,005
SD (mm)	0,05
poměr mužů a žen	1 : 1
velikost efektu (w)	0,3
hladina významnosti (α)	0,05
síla testu (1-β)	0,8

Poznámka: M – průměrná tloušťka epidermálních lišt, SD – směrodatná odchylka tloušťky epidermálních lišt

Tabulka 4. Výsledky zkoušky účinnosti diskriminační funkce

skupina	určeno jako ženy	určeno jako muži	% správně určených
ženy	24	4	85,7 %
muži	2	15	88,2 %

Poznámka: při testování byla použita resubstituční metoda

Zjištěná úspěšnost diskriminace pro vytvořenou diskriminační funkci je jen orientační, neboť existenci sexuálního dimorfismu bylo možné při dané velikosti souboru prokázat pouze u ERB v jednom směru. Deklarovaná úspěšnost může být navíc nadhodnocena, neboť byla pořízena resubstituční metodou. Jako nezbytné se proto jeví významné rozšíření výzkumného souboru a následný test na odlišném souboru otisků prstů.

Určitým omezením navržené metody měření ERB je nemožnost její aplikace na dermatoglyfické vzory, na nichž se nevyskytuje bod trirádia. Alternativou v tomto případě může být použití některé z metod hodnotících počet epidermálních lišt na jednotku plochy. V případě dermatoglyfických vzorů, u kterých se vyskytuje více trirádií je třeba sledovat rozdíly v ERB u jednotlivých trirádií, neboť i mezi radiálně a ulárně lokalizovanými trirádií mohou být systematické rozdíly vlivem asymetrické polohy vzorů na bříškách prstů. Další omezení pak vyplývá z časté nekompletnosti otisků, k jejichž hodnocení jsou tyto metody určeny. Pokud není zachycen v otisku trirádus, nelze měření lokalizovat (to ale platí i pro měření pomocí čtvercových rastrů fixovaných k jádru vzoru).

Závěr

Podobně jako v odhadech pohlaví na základě rozměrů kostí lidského skeletu i odhady pohlaví podle rozměrů epidermálních lišt naráží na mezpopulační diverzitu v MRB. Z toho důvodu je velmi přínosná standardizace metod stanovení MRB (Gutiérrez-Redomero et al., 2008) a rozsáhlé studie mezpopulačních rozdílů v MRB standardizovanou metodikou (např. Gutiérrez-Redomero et al., 2011). Obecně použitelná metoda pro odhad pohlaví z libovolného neznámého otisku prstu musí se všemi zdroji variability počítat a jejich možnou konfuzi s pohlavím danou variabilitou zohlednit. Diskriminační sílu vyvíjených metod i jejich univerzálnost by mohl zvýšit mnohohorizontní přístup, tj. kombinace více sexuálně dimorfních

znaků v jedné metodě. Mohlo by jít o kombinaci tloušťky lišty z několika různých míst otisku (jako v naší pilotní studii), lépe však o kombinaci zcela odlišných dermatoglyfických znaků. Jejich mezpopulační rozdíly vyplývají z nezávislých pohlavně dimorfních mechanismů diferenciací (morfogeneze) a růstu. Lze tedy předpokládat nižší míru multikolinearity vstupních proměnných.

Poděkování

Na tomto místě bychom rádi poděkovali všem dobrovolníkům, kteří se zapojili do výzkumu a poskytli nám své otisky prstů. Tato práce byla podpořena programem MUNI/A/1281/2014 „Optimalizace metod pro bezkontaktní hodnocení tělesných znaků člověka“ a grantem UK/422/2015 „Vývoj funkce pro odhad výšky postavy v R“.

Souhrn

Cílem studie bylo hodnocení ERB otisků prstů člověka a vytvoření nové metody pro odhad pohlaví podle otisků dospělých osob. Studovaný soubor představovalo 50 mužů a 50 žen z České republiky. V každém ze tří úhlů trirádia (proximální – P, laterální – L, centrální – C) bylo naráz měřeno pět epidermálních lišt kolmo na jejich převládající směr. Ve skupině omezené na věkové rozmezí 20–35 let (28 žen a 17 mužů) byl pro každého jedince náhodně vybrán jeden otisk a trirádus pro další analýzy. Výsledky měření potvrdily sexuální dimorfismus v tloušťce epidermální lišty a zároveň systematické rozdíly mezi jednotlivými úhly trirádia. Nejvýraznější dimorfismus byl zaznamenán v úhlu C. Spolehlivost odhadů pohlaví podle nově vytvořené lineární diskriminační funkce dosáhla 85,7 % správně zařazených případů u žen a 88,2 % u mužů. Výsledky je třeba chápat jako předběžné vzhledem k povaze testovacího vzorku.

Klíčová slova: dermatoglyfika, odhad pohlaví, tloušťka epidermální lišty, trirádus

Literatura

- Acree, M. A. (1999). Is there a gender difference in fingerprint ridge density? *Forensic Science International*, 102(1), 35–44.
- Cipiere, O. (2015). *Method for checking the data of a database relating to persons*. Int. CL. G06F 21/62, Appl. No.:14/400,244, United States, patentový spis US2015/0100603 A1.
- Cohausz, E., Linde, H. J., & Wendt, G. G. (1955). Die Zwischenlinien im Fingerabdruck. *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie*, 47(1), 71–82.
- Cummins, H., Waits, W. J., & McQuitty, J. T. (1941). The breadths of epidermal ridges on the finger tips and palms: A study of variation. *American Journal of Anatomy*, 68, 127–150.
- Cummins, H., & Midlo, Ch. (1943). *Finger prints, palms and soles. An introduction to dermatoglyphics*. York, PA: The Maple Press Company.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: a flexible statistical power analysis program

- for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191.
- Gutiérrez-Redomero, E., Alonso, C., Romero, E., & Galera, V. (2008). Variability of fingerprint ridge density in a sample of Spanish Caucasians and its application to sex determination. *Forensic Science International*, 180(1), 17–22.
- Gutiérrez-Redomero, E., Alonso, M. C., & Dipierri, J. E. (2011). Sex differences in fingerprint ridge density in the Mataco-Mataguayano population. *HOMO – Journal of Comparative Human Biology*, 62(2011), 487–499.
- Gutiérrez-Redomero, E., Sánchez-Andrés, Á., Rivaldería, N., Alonso-Rodríguez, C., Dipierri, J. E., & Martín, L. M. (2013). A comparative study of topological and sex differences in fingerprint ridge density in Argentinian and Spanish population samples. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 20(2013), 419–429.
- Gutiérrez-Redomero, E., Quirós, J. A., Rivaldería, N., & Alonso, M. C. (2013). Topological Variability of Fingerprint Ridge Density in a Sub-Saharan Population Sample for Application in Personal Identification. *Journal of Forensic Sciences*, 58(3), 592–600.
- Gutiérrez-Redomero, E., Rivaldería, N., Alonso-Rodríguez, C., & Sánchez-Andrés, Á. (2014). Assessment of methodology for estimating ridge density in Fingerprints and its forensic application. *Science and Justice*, 54(2014), 199–207.
- Halavee U., & Bukshpan, S. (2007). *Age verification*. Int. CL. G06K 9/900, Appl. No.: 11/535,661, United States, patentový spis US2007/0098235 A1.
- Kapoor, N., & Badiye, A. (2015). Sex differences in thumbprint ridge density in a central Indian population. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 5, 23–29.
- Kozinová, M. (2012). *Lokální variabilita v tloušťce epidermální lišty distálních článků prstů*. Bakalářská práce. Brno: Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita.
- Králík, M., & Novotný, V. (2003). Epidermal ridge breadth: an indicator of age and sex in paleodermatoglyphics. *Variability and Evolution*, 11, 3–30.
- Králík, M., & Nejman, L. (2007). Fingerprints on artifacts and historical items: examples and comments. *Journal of Ancient Fingerprints*, 1(2007), 4–15.
- Králík, M., Urbanová, P., & Hložek, M. (2008). Finger, Hand and Foot Imprints: The evidence of children on archaeological artefacts. In Dommasnes, L. H. & Wrigglesworth, M. (Eds.). *Children, Identity and the Past* (pp. 1–15). Newcastle: Cambridge Scholars Publishing.
- Králík, M., Kováčová, V., Hupková, A., & Urbanová, P. (2015). Shape Variations in Loop Pattern Fingerprints: Radial vs. Ulnar Loops. *Austin Journal of Forensic Science and Criminology*, 2(1), 1–10.
- Krishan, K., Kanchan, T., & Ngangom, Ch. (2013). A study of sex differences in fingerprint ridge density in a North Indian young adult population. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 20(2013), 217–222.
- Nithin, M. D., Balaraj, B. M., Manjunatha, B., & Mestri, S. C. (2009). Study of fingerprint classification and their gender distribution among South Indian population. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 16(8), 460–463.
- Ohler E. A., & Cummins, H. (1942). Sexual differences in breadths of epidermal ridges on finger tips and palms. *American Journal of Physical Anthropology*, 29(3), 341–362.
- Penrose, L. S. (1968). Memorandum on Dermatoglyphic Nomenclature. *Birth Defects Original Article Series*, 4(3), 1–12.
- R Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing* [Computer software]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Rivaldería, N., Sánchez-Andrés, Á., Alonso-Rodríguez, C., Dipierri, J. E., & Gutiérrez-Redomero, E. (in press). Fingerprint ridge density in the Argentinean population and its application to sex inference: A comparative study. *HOMO – Journal of Comparative Human Biology*.
- Rohlf, F. J. (2013). *TpsDig ver 2.17* [Computer software]. New York: State university of New York at Stony Brook, Department of Ecology and Evolution.
- Seidenberg-Kajabova, H., Pospisilova, V., Vranakova, V., & Varga, I. (2010). An original histological method for studying the volar skin of the fetal hands and feet. *Biomedical Papers*, 154(3), 211–218.
- Singh, I., Chattopadhyay, P. K., & Garg, R. K. (2005). Determination of the hand from single digit fingerprint: a study of whorls. *Forensic Science International*, 152(2005), 205–208.
- Wadhwa, R., Kaur, M., & Singh, K. V. P. (2013). Age and Gender Determination from Finger Prints using RVA and dC Coefficients. *Journal of Engineering*, 3(8), 5–9.
- Zemanová, M., Králík, M., & Peška, J. (in press). Korozní produkty kovových nálezů z pohřebišť Mlékojedy z období střední a mladší doby hradištní. In Derner, K. & Kuljavceva-Hlavová, J. a kol. (Eds.). *Mlékojedy u Litoměřic. Výzkum raně středověkého pohřebišť „Nad Hřbitovem“*. ÚAPP SZ Čech.
- Zemanová, M., Králík, M., & Zeman, T. (2016). Diskriminační funkce pro odhad pohlaví z otisků prstů: pilotní studie. *Česká antropologie*, 66(1), 40–43.