

ANALÝZA DAKTYLOSKOPICKÝCH MINÚCIÍ V OBLASTI TENARU/I. INTERDIGITÁLNEHO PRIESTORU SLOVENSKÝCH ŽIEN

Mária Kondeková¹, Radoslav Beňuš¹, Soňa Masnicová², Petra Švábová¹, Kristína Kubičková¹

¹ Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra antropológie, Mlynská dolina B2, 842 15 Bratislava, Slovensko; e-mail: kondekova3@uniba.sk

² Akadémia Policajného zboru v Bratislave, Katedra kriminalistiky a forenzných vied, Sklabinská 1, 835 17 Bratislava, Slovensko; e-mail: sona.masnicova@minv.sk

Abstract: *Analysis of dactyloscopic minutiae in the thenar/I. interdigital palm region in Slovak women.* Minutiae are the most variable elements on fingerprints and palm prints. The studied group consisted of rolled palm prints obtained from 40 Slovak women. The study aimed to evaluate the frequency of dactyloscopic minutiae in the thenar/I. interdigital palm region, to determine bilateral and intersexual differences and to evaluate the most suitable minutiae type for personal identification. We used Gutiérrez et al. (2007) classification that defines 13 types of minutiae. Together, we evaluated 13,853 minutiae. The most common minutia on both hands was ridge ending (59.79%) and the least common minutiae were Y/M (0.10%) and opposite bifurcation (0.19%). We found several statistically significant intersexual differences among compared subgroup, e.g. bifurcation, bridge and Y o M. The bilateral differences were found in ridge ending and bifurcation.

Keywords: dermatoglyphics, forensic anthropology, personal identification, Central Europe

Úvod

Koža na ventrálnej strane ruky človeka je uložená do záhybov. Predchodcom takto zvrásnenej kože sú vyvýšeny (volárne podušky), ktorými sa dľaň rozdeľuje na presne definované oblasti. Anatómia papilárneho terénu dlane pozostáva z troch základných oblastí, ktorými sú hypotenar, tenar a interdigitálne oblasti. V každej zo spomínaných oblastí dlane sa posudzuje prítomnosť a typ dermatoglyfického vzoru a ostatných dermatoglyfických charakteristík (Jain a Feng 2009, Maceo 2009, Kücken 2007, Pospíšil 1974, Cummins a Midlo 1943).

Oblasť tenaru a I. interdigitálneho priestoru leží na radiálnej strane dlane. Sú topograficky spojené, čo znamená, že ležia veľmi blízko seba, pričom plynule do seba prechádzajú. Výskyt dermatoglyfických vzorov je v tejto oblasti menej frekventovaný, pričom papilárne línie prebiehajú najčastejšie v súvislom oblúku. Konkávna časť papilárnych línií v tejto oblasti smeruje k báze palca (Pospíšil 1974).

Papilárne línie sa od seba odlišujú nielen spôsobom plynutia, ale aj charakteristikami vo svojom priebehu. Tie sa inak nazývajú minúcie alebo identifikačné znaky druhého stupňa. Sú to unikátne črty, ktoré robia z každého odtlačku nezameniteľný originál (Jiang a Yau 2000, Chang a Fan 2001, Zhu et al. 2005, Feng 2008). Minúcie patria medzi prvky, ktoré sú najviac významné a diskriminačné, preto sa veľmi často využívajú pri určovaní totožnosti jedinca z odtlačkov prstov a dlaní (Fei et al. 2017).

Hodnotenie variability minúcií je sťažené viacerými faktormi, ako napríklad rozdielnou klasifikáciou minúcií alebo kvalitou získaného odtlačku. V súčasnosti sa najviac využíva klasifikácia podľa Gutiérrezovej et al. (2007), charakterizujúca 13 typov minúcií.

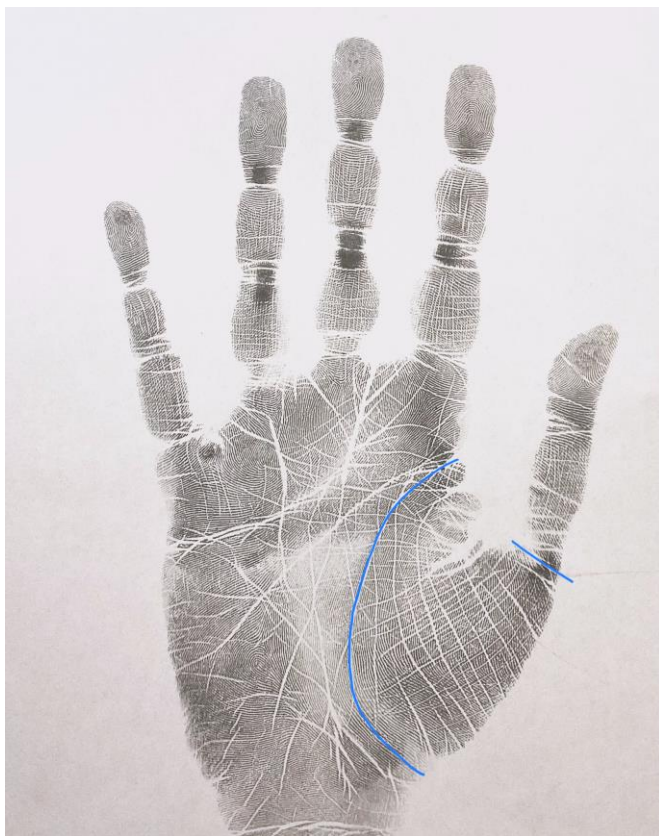
Táto štúdia vznikla s cieľom získať komplexný súbor dát o výskyte rozličných typov minúcií v jednotlivých konfiguračných oblastiach dlaní u jedincov slovenskej populácie. Ide o pilotnú štúdiu, ktorej dáta môžu nájsť uplatnenie pri osobnej identifikácii a populačnej charakterizácii.

Súbor a metódy

Hodnotený súbor predstavuje 80 odtlačkov celých rúk vrátane prstov získaných od 40 žien slovenskej populácie s priemerným vekom 24,03 roka. Každému probandovi sa odoberal odtlačok ľavej a pravej ruky, čím sa získal celistvý súbor. Na ventrálny povrch dlane a prstov sa probandom naniesla tenká rovnomerná vrstva daktyloskopickéj čierne a následne sa odtlačok valivým pohybom preniesol na papier. Valivá metóda zaručila otlačenie inak poklesnutej centrálnej oblasti dlane.

Odtlačky papilárneho terénu sa odoberali s dôrazom na najvyššiu kvalitu. Získané odtlačky sa nasnímali skenerom pri rozlíšení 1200 ppi (pixels per inch), čím sme získali elektronickú databázu hodnotených odtlačkov. Následne sme na zdigitalizovaných odtlačkoch modrou líniou vyznačili hodnotenú oblasť. Ulnárne bola oblasť tenaru/I. interdigitálneho priestoru vymedzená radiálnou longitudinálnou ryhou a radiálne sme na jej ohraničenie použili metakarpo-falangeálnu ryhu palca (obr. 1).

Na vyznačenie danej oblasti a vyhodnocovanie typov minúcií bol použitý program GIMP 2.8.2. Vyhodnocovanie minúcií prebiehalo na základe klasifikácie podľa Gutiérrezovej et al. (2007). Jednotlivé pravé (skutočné) minúcie boli označované malými písmenami abecedy a – m (obr. 2). Nepravé minúcie, ktoré vznikli v dôsledku prerušenia plynutia papilárnych línií bielymi líniami, dlaňovými ryhami alebo ukončením plynutia papilárnej línie na okraji dlane, sme z hodnoteného súboru vyradili.



Obr. 1: Ohraničenie hodnotenej oblasti dlane

Fig. 1: Definition of the evaluated palm area



Obr. 2: Typy minúcií podľa Gutiérrezovej et al. (2007): a – ukončenie, b – vidlica, c – fragment, d – bodka, e – zlom, f – očko, g – prekrytie, h – crossbar, i – mostík, j – prekríženie, k – trojitá vidlica, l – dock, m – otočenie

Fig. 2: Types of minutiae according to Gutiérrez et al. (2007): a–ridge ending, b–bifurcation, c–fragment, d–dot, e–break, f–enclosure, g–overlap, h–crossbar, i–bridge, j–opposited bifurcation, k–Y o M, l–dock, m–return

Početnosti jednotlivých typov minúcií, ktoré predstavovali získané dáta, sa zapisovali do tabuliek pre ich následné štatistické spracovanie v programoch Microsoft Office Excel 2013, Graphpad a SPSS Statistics 20.0. Štatistické spracovanie prebiehalo u každého typu minúcie zvlášť. Na zistenie bilaterálnych a intersexuálnych rozdielov sa použil chí-kvadrát test s Yatesovou korekciou. Štatisticky významné rozdiely sa hodnotili na hladine významnosti $\alpha = 0,05$.

Výsledky a diskusia

Zo zistených hodnôt výskytu jednotlivých typov minúcií v oblasti tenaru/I. interdigitálneho priestoru sa vypočítala deskriptívna štatistika (tab. 1).

Najfrekvencovanejšou minúciou bola vo všetkých hodnotených kategóriách minúcia typu ukončenie, ktorej frekvencia dosiahla v každej z kategórií viac ako 50 %. Za ňou nasledovala minúcia typu vidlica, ktorá sa vo všetkých kategóriách vyskytovala ako druhá najčastejšia, s frekvenciou výskytu vyššou ako 20 %.

Pri identifikačnom procese sú významnejšie tie typy minúcií, ktorých frekvencia dosahuje v danej populácii najnižšie hodnoty. Zameraním sa na najmenej časté minúcie by sme pri zisťovaní zhody medzi získaným odtlačkom z miesta činu a odtlačkom z databázy mohli väčšinu odtlačkov z databázy ihneď vylúčiť. Pri porovnávaní odtlačkov je potrebné nielen určenie jednotlivých typov minúcií, ale aj ich rozmiestnenie, vzájomný výskyt a kombinácie s inými typmi minúcií.

Za druhú najmenej frekvencovanú minúciu bola na ľavých rukách žien a pri celkových hodnotách výskytu minúcií vyhodnotená minúcia typu prekríženie (< 0,20 %), kým na pravých rukách žien to bola minúcia typu dock (0,15 %). Za najmenej frekvencovanú minúciu bola vo všetkých kategóriách vyhodnotená minúcia typu trojitá vidlica, ktorá sa v celom súbore vyskytla len 14-krát (< 0,15 %). Na základe týchto výsledkov usudzujeme, práve na tieto typy minúcií sa treba zamerať pri analýze odtlačkov pre osobnú identifikáciu.

Na základe porovnania frekvencie jednotlivých typov minúcií ľavej a pravej ruky (tab. 2) sme zistili dva štatisticky významné rozdiely, a to pri minúciách typu ukončenie (ľavá – 60,61 %, pravá – 58,86 %) a typu vidlica (ľavá – 21,42 %, pravá – 23,03 %); pri ostatných typoch minúcií sme štatisticky významné bilaterálne rozdiely nezistili.

Martinkovičová (2017) v štúdiu zameranej na výskyt jednotlivých typov minúcií v oblasti tenaru u slovenských mužov nezistila žiadne bilaterálne rozdiely. V predkladanej štúdiu sme zistili bilaterálne rozdiely u dvoch najfrekvencovanejších typov minúcií. Odlišnosti vo výsledkoch mohli byť spôsobené rozdielmi v celkových počtoch jednotlivých typov minúcií. Pokiaľ ide o výskyt minúcie typu ukončenie, zistili sme o 20 % vyšší výskyt tohoto typu minúcie u žien ako u mužov. Rozdiely v bilaterálnych výsledkoch mohli vzniknúť ako následok rozličného spôsobu hodnotenia jednotlivých typov minúcií.

Ďalšia časť štúdie sa zamerala na určenie intersexuálnych rozdielov vo výskyte minúcií (tab. 3). Rozdiely sa sledovali medzi ľavými rukami, pravými rukami a pri celkových hodnotách výskytu jednotlivých typov minúcií u mužov a žien slovenskej populácie. Frekvencie jednotlivých typov minúcií v oblasti tenaru/I. intedigitálneho priestoru mužskej populácie sa získali zo štúdie Martinkovičovej (2017).

Tab. 1: Deskriptívna štatistika jednotlivých typov minúcií v hodnotených kategóriách

Table 1: Descriptive statistics of minutiae in the evaluated categories

Celkové hodnoty	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
N	8283	3072	244	203	207	70	662	906	75	27	14	33	57
f (%)	59,79	22,18	1,76	1,47	1,49	0,51	4,78	6,54	0,54	0,19	0,10	0,24	0,41
μ	103,54	38,40	3,05	2,54	2,59	0,88	8,28	11,33	0,94	0,34	0,18	0,41	0,89
SD	17,84	14,33	2,21	2,46	2,32	1,31	4,08	5,64	1,25	0,57	0,41	0,74	1,69
MAX	161	79	10	14	12	7	23	27	5	2	2	3	8
MIN	64	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ľavá ruka	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
N	4457	1575	124	107	99	36	356	479	40	14	9	23	34
f (%)	60,61	21,42	1,69	1,46	1,35	0,49	4,84	6,51	0,54	0,19	0,12	0,31	0,46
μ	111,43	39,38	3,10	2,68	2,48	0,90	8,90	11,98	1,00	0,35	0,23	0,58	0,85
SD	16,70	14,73	2,48	2,66	2,47	1,45	4,20	5,49	1,24	0,57	0,42	0,86	1,86
MAX	161	79	10	14	12	7	23	27	5	2	1	3	8
MIN	76	10	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Pravá ruka	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
N	3826	1497	120	96	108	34	306	427	35	13	5	10	23
f (%)	58,86	23,03	1,85	1,48	1,66	0,52	4,71	6,57	0,54	0,20	0,08	0,15	0,35
μ	95,65	37,43	3,00	2,40	2,70	0,85	7,65	10,68	0,88	0,33	0,13	0,25	0,58
SD	15,27	13,85	1,91	2,23	2,15	1,15	3,86	5,71	1,25	0,57	0,40	0,54	1,14
MAX	131	75	7	9	8	5	19	24	5	2	2	2	5
MIN	64	9	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0

N – celkový počet jednotlivých typov minúcií, f (%) – frekvencia výskytu v percentách, μ – priemerný počet u jedného človeka, SD – smerodajná odchýlka, MAX – maximálna hodnota, MIN – minimálna hodnota; Minúcie: a – ukončenie, b – vidlica, c – fragment, d – bodka, e – zlom, f – očko, g – prekrytie, h – crossbar, i – mostík, j – prekríženie, k – trojitá vidlica, l – dock, m – otočenie

N – total number of each minutiae type, *f (%)* – frequency in percentage, μ – average number per person, *SD* – standard deviation, *MAX* – maximum value, *MIN* – minimum value; *Minutiae*: *a* – ridge ending, *b* – bifurcation, *c* – fragment, *d* – dot, *e* – break, *f* – enclosure, *g* – overlap, *h* – crossbar, *i* – bridge, *j* – opposed bifurcation, *k* – Y o M, *l* – dock, *m* – return

Tab. 2: Bilaterálne rozdiely vo výskyte minúcií v ženskej populácii

Table 2: Bilateral differences in the occurrence of minutiae in the female population

tenar/I. interdigitálny priestor		p-hodnota
Minúcie LR – minúcie PR		
a – a		0,0373*
b – b		0,0240*
c – c		0,5165
d – d		0,9718
e – e		0,1455
f – f		0,8750
g – g		0,7424
h – h		0,9236
i – i		0,9647
j – j		0,8983
k – k		0,5668
l – l		0,0818
m – m		0,3881

LR – ľavá ruka, PR – pravá ruka, p-hodnota – hodnota výsledku chí-kvadrát testu s Yatesovou korekciou; Minúcie: a – ukončenie, b – vidlica, c – fragment, d – bodka, e – zlom, f – očko, g – prekrytie, h – crossbar, i – mostík, j – prekríženie, k – trojitá vidlica, l – dock, m – otočenie
LR–left hand, *PR*–right hand, *p-hodnota*–the result value of chi-square test with Yates correction; *Minutiae*: *a*–ridge ending, *b*–bifurcation, *c*–fragment, *d*–dot, *e*–break, *f*–enclosure, *g*–overlap, *h*–crossbar, *i*–bridge, *j*–opposited bifurcation, *k*–Y o M, *l*–dock, *m*–return

Tab. 3: Intersexuálne rozdiely vo výskyte minúcií v oblasti tenatu/I. interdigitálneho priestoru

Table 3: Interdigital differences in the occurrence of minutiae in the thenar/I. interdigital area

Minúcie	p-hodnota		
	Ľavá ruka	Pravá ruka	Celkové hodnoty
a	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*
b	0,6094	0,1626	0,5703
c	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*
d	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*
e	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*
f	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*
g	0,2560	0,0757	0,0232*
h	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*
i	0,3278	0,9326	0,4520
j	0,0017*	0,1351	0,0006*
k	0,5456	0,0877	0,0778
l	0,0096*	< 0,0001*	< 0,0001*
m	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*

p-hodnota – hodnota výsledku chí-kvadrát testu s Yatesovou korekciou; Minúcie: a – ukončenie, b – vidlica, c – fragment, d – bodka, e – zlom, f – očko, g – prekrytie, h – crossbar, i – mostík, j – prekríženie, k – trojitá vidlica, l – dock, m – otočenie

p-hodnota–the result value of chi-square test with Yates correction; *Minutiae*: *a*–ridge ending, *b*–bifurcation, *c*–fragment, *d*–dot, *e*–break, *f*–enclosure, *g*–overlap, *h*–crossbar, *i*–bridge, *j*–opposited bifurcation, *k*–Y o M, *l*–dock, *m*–return

Medzi porovnávanými kategóriami sa zistilo viacero štatisticky významných rozdielov. Pri minúciách typu ukončenie, fragment, bodka, zlom, očko, crossbar, dock a otočenie sme zistili štatisticky významné rozdiely vo všetkých hodnotených kategóriách (ľavé ruky, pravé ruky a celkové hodnoty). Minúcia typu prekrytie vykazovala signifikantný rozdiel pri hodnotení celkových frekvencií, pri minúcii typu prekríženie sme štatisticky signifikantné rozdiely zistili pri porovnaní ľavých rúk a pri celkových frekvenciách minúcií. Rozdiely mohli byť spôsobené rozličným spôsobom hodnotenia minúcií alebo rozdielnym celkovým počtom vyhodnotených minúcií.

Okrem tenaru/I. interdigitálneho priestoru zaberá značnú plochu dlane oblasť hypotenaru. Nakoľko sú tieto oblasti svojou veľkosťou relatívne podobné, zamerali sme sa aj na porovnanie výskytu jednotlivých typov minúcií v týchto dvoch oblastiach. Dáta vyjadrujúce výskyt jednotlivých typov minúcií v oblasti hypotenaru dlane sme získali zo štúdie Kondekovej (2016). Porovnaním frekvencií výskytu jednotlivých typov minúcií týchto dvoch štúdií sme zistili viacero signifikantných rozdielov. Pri minúciách typu ukončenie, rozdvojenie, fragment, bodka, zlom, prekrytie, crossbar, prekríženie a otočenie sme zistili signifikantné rozdiely vo všetkých sledovaných kategóriách (ľavé ruky, pravé ruky a celkové hodnoty). Pri minúcii typu očko sme zistili signifikantný rozdiel v jej celkovom výskyte a pri minúcii typu dock pri hodnotení pravých rúk. Tieto rozdiely mohli vzniknúť na základe rozdielnej veľkosti sledovanej vzorky alebo rozličným spôsobom hodnotenia jednotlivých typov minúcií.

Záver

V skúmanej oblasti sme na oboch rukách analyzovali 13 853 minúcií. Najčastejší výskyt preukázala minúcia typu ukončenie, ktorej frekvencia výskytu dosiahla v každej z kategórií viac ako 50 %. Za najmenej frekventovanú minúciu bola vo všetkých kategóriách vyhodnotená minúcia typu trojitá vidlica, ktorá sa v celom súbore vyskytla len 14-krát (< 0,15 %).

V rámci bilaterálnych rozdielov sme zistili len dva štatisticky významné rozdiely, a to pri minúciách typu ukončenie a vidlica. To znamená, že rozdiely v hodnotách výskytu jednotlivých typov minúcií na ľavej a pravej ruke neboli dostatočne preukázateľné.

Ďalšia časť štúdie sa zamerala na stanovenie intersexuálnych rozdielov. Pri minúciách typu ukončenie, fragment, bodka, zlom, očko, crossbar, dock a otočenie sme zistili štatisticky významné rozdiely vo všetkých hodnotených kategóriách (ľavé ruky, pravé ruky a celkové hodnoty). Štatisticky významné rozdiely sme zistili aj pri minúciách typu prekríženie (ľavé ruky, celkové hodnoty) a typu prekrytie (celkové hodnoty).

Pri porovnaní frekvencií výskytu jednotlivých typov minúcií medzi oblasťami tenaru/I. interdigitálneho priestoru a hypotenaru sme zistili niekoľko štatisticky signifikantných rozdielov. Vo všetkých troch kategóriách sme tento rozdiel určili pri minúciách typu ukončenie, vidlica, fragment, bodka, zlom, prekrytie, crossbar, prekríženie a otočenie. Typy minúcií, pri ktorých sme štatisticky významný rozdiel nezaznamenali, boli minúcie typu mostík a vidlica. Tie preukázali porovnateľné hodnoty frekvencií v každej z troch kategórií v oboch porovnávaných oblastiach.

Literatúra

CUMMINS, H., MIDLO, CH., 1943: *Finger Prints, Palms and Soles*. New York, Dover Publications, Inc., 337 s.

FEI, L., TENG, S., WU, J., RIDA, I., 2017: Enhanced minutiae extraction for high-resolution palmprint recognition. *Int. J. Image Graph.*, 17(4):1-15.

FENG, J., 2008: Combining minutiae descriptors for fingerprint matching. *Pattern Recogn.*, 41(1):342-52.

GUTIÉRREZ, E., GALERA, V., MARTÍNEZ, J. M., ALONSO, C., 2007: Biological variability of the minutiae in the fingerprints of a sample of the Spanish population. *Forensic Sci. Int.*, 172:98-105.

- CHANG, J. H., FAN, K. C., 2001: Fingerprint ridge allocation in direct gray-scale domain. *Pattern Recogn.*, 34(10):1907-1925.
- JAIN, A. K., FENG, J., 2009: Latent Palmprint Matching. *IEEE T. Pattern Anal.*, 31(6):1032-1047.
- JIANG, X., YAU, W.-Y., 2000: Fingerprint Minutiae Matching Based on the Local And Global Structures. *Proceedings of the 15th international conference on pattern recognition*, 2:1038-1041.
- KONDEKOVÁ, M., 2016: Analýza daktyloskopických minúcií v oblasti hypotenaru v slovenskej populácii. -85 s., ms. (Diplomová práca; depon. in: Katedra antropológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, Bratislava).
- KÜCKEN, M., 2007: Models for fingerprint pattern formation. *Forensic Sci. Int.*, 171(2-3):85-96.
- MACEO, A. V., 2009: Friction Ridge Skin: Morphogenesis and Overview. In: Jamieson, A., Moenssens, A. (ed.): *Wiley Encyclopedia of Forensic Science*. Chichester, John Wiley & Sons, s. 1322-1331.
- MARTINKOVIČOVÁ, M., 2017: Analýza daktyloskopických minúcií v oblasti tenaru/I. interdigitálneho priestoru dlane slovenských mužov. -98 s., ms. (Diplomová práca; depon. in: Katedra antropológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, Bratislava).
- POSPÍŠIL, M. F., 1974: *Základy dermatoglyfiky*. Bratislava, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, 176 s.
- ZHU, E., YIN, J., ZHANG, G., 2005: Fingerprint matching based on global alignment of multiple reference minutiae. *Pattern Recogn.*, 38(10):1685-1694.