

AGE-DEPENDENT CHANGES OF CONTRAST IN FINGERMARKS OF VARIOUS LIPID CONTENT

Szymon MATUSZEWSKI

Laboratory of Criminalistics, Faculty of Law and Administration, Adam Mickiewicz University, Poznań, Poland

Abstract

There is no accepted method for the determination of fingerprint age. In this article, the usefulness of contrast between ridges and valleys in powder-developed fingerprints as a marker of age is tested. Age-related changes in contrast were studied for three categories of marks: marks with a low, moderate and high lipid content. Marks were deposited on drinking glasses by a single donor and were subsequently aged in a temperature chamber. Aluminum flake powder was used for development and black gelatin lifter for preservation. Contrast was quantified from scanner-acquired images by using the histogram function of Adobe Photoshop. It was defined as the difference in the average intensity of pixels between valleys and ridges in a mark. Clear differences in the pattern of age-related changes in contrast were found between different categories of marks. Marks with a high lipid content revealed no changes in contrast for the whole 60-day period, whereas marks with a low and moderate lipid content showed an initial period of no-change, which was followed by an exponential decrease in contrast. The period of no-change was shorter and the rate of decrease was higher for marks of low lipid content as compared to marks of moderate lipid content. These results indicate that contrast may be considered as a promising marker of age for marks containing a low or moderate quantity of lipids.

Key words

Criminalistics; Fingerprints; Fingerprint age.

Received 16 April 2015; accepted 17 June 2015

1. Introduction

The age of a fingerprint may be a key issue in some investigations, particularly when there are doubts as to the relationship of the mark with the crime. Despite this importance, there is no acceptable method for fingerprint age determination (Champod, Lennard, Margot, Stoilovic 2004; Wertheim, 2003). Determining the age of traces in general – and fingerprints in particular – is limited by several inherent difficulties (Margot, 2000; Weyermann, Ribaux, 2012). One of the most important is a lack of good markers of age.

A good marker of age should satisfy several requirements. Firstly, it should change in close relation with the age of a trace. Secondly, it should be a quan-

titative variable and it should change for a long period after deposition of a trace. Thirdly, it should be reasonably resistant to the effects of confounding factors (e.g. donor-specific factors or environmental factors). Fourthly, it should be reasonably universal. It ought to be valid for traces from different donors and traces developed or enhanced with different techniques. To date, several features of fingerprints have been tested as markers of age, including: ridge detail clarity (Barnett, Berger, 1976), the luminescence of a mark (Duff, Menzel, 1978), its physical appearance (Baniuk 1981a, 1981b, 1990), the proportions of fingerprint residue components (Dikshitulu, Prasad, Pal, Rao, 1986), the level of squalene in a mark (Koenig, Girod, Weyermann, 2011; Weyermann, Roux, Champod, 2011), the

density of electrical surface charge in a mark (Watson, Prance R. J., Beardsmore-Rust, Prance H., 2011), a “binary pixel” feature of a mark (Merkel, Dittmann, Vielhauer, 2011; Merkel, Gruhn, Dittmann, Vielhauer, Bräutigam, 2012), its quality (De Alcaraz-Fossoul, Patris, Muntaner, Feixat, Badia, 2013), the width of ridges and the percentage of visible ridges (Barros, Faria, Kuckelhaus, 2013). Not surprisingly, none of the markers tested satisfy all the requirements listed above. Most markers are highly dependent on environmental or donor-specific factors. Moreover, many markers have been designed for or tested on untreated marks. Bearing in mind the fact that in practice the issue of age arises only for those marks which have been developed and individualized, most markers studied so far seem to be impractical.

Here I test the usefulness of contrast as a marker of age. Contrast between ridges and valleys in a mark is a quantitative variable and may be measured for marks developed with the majority of techniques. Moreover, it is reasonable to assume that it changes with the age of a mark for a long time after deposition. In fact, some markers of fingerprint age tested so far (i.e. ridge detail clarity, the quality of a mark or a binary pixel feature) are to some extent related to contrast, which supports the premises for the current study. Therefore, I test the prediction that contrast between ridges and valleys in a powder-developed mark changes with the age of a mark, as this is the most important requirement for any marker of age. This prediction is tested for 3 categories of marks differing in initial lipid content. Moreover, the nature of age-related changes in contrast as well as their rate is analyzed.

2. Materials and methods

2.1 Categories of marks

I used three categories of marks that differed in content of lipids: marks with a low, moderate and high lipid content.

2.1.1 Marks with a low lipid content

Marks were deposited after hand-washing and about 30 minutes of normal activity. Six marks were made every 15 minutes (to enable reconstitution of the natural residue on fingertips) with no hand-washing and no enrichment with lipids between depositions.

2.1.2 Marks with a moderate lipid content

Fingertips were moderately enriched with lipids by rubbing them (fingertips) across head hair once and then rubbing them against each other. Six marks were made every 5 minutes with hand-washing and enrichment with lipids between depositions.

2.1.3 Marks with a high lipid content

Fingertips were highly enriched with lipids by rubbing them (fingertips) several times across the skin of the face and then rubbing them against each other. Six marks were made every 5 minutes with hand-washing and enrichment with lipids between depositions.

2.2 Deposition, aging and development of marks

Drinking glasses were used as a substrate for fingerprints. The thumb, index and middle fingers of both hands of a 35 year old male were used. Marks were deposited by simply touching (with uniform pressure) the surface of a glass with a given finger. In order to age all marks in uniform conditions, the aging experiment was carried out in a temperature chamber (ILW-53 STD, POL-EKO-APARATURA, Poland) set at 30°C, 10% ventilator power and no light. The relative humidity inside the chamber was about 30%.

Marks were developed with aluminum powder and preserved with black gelatin lifter. Powder was applied with one brush; another clean brush was used to remove excess powder. Three marks were developed for each category and age. Marks of low lipid content were developed every day until the 14th day and afterwards every second day until the 26th day. Older marks were so faint that it was impossible to measure contrast. On the 9th, 14th and 20th day, no visible marks could be developed. Moreover, from the 18th day, only one or two marks were developed on each day. In total, 66 marks with a low lipid content were deposited, while 45 were developed and subjected to contrast measurement. Marks of moderate and high lipid content were developed every third day until the 28th day, and then less frequently – until the 138th day in the case of marks with a moderate lipid content, and until the 60th day in the case of marks of high lipid content. In total, 78 marks of moderate lipid content and 42 marks of high lipid content were deposited. Seventy four marks from the first category and 41 marks from the second category were developed and subjected to contrast measurement. Because marks with a high lipid content showed no change in contrast up to 60 days of aging, no older marks were developed in this category. It is possible that older marks would

have revealed a decrease in contrast, but owing to the negligible significance of these potential changes for fingerprint age estimation, it was decided not to develop marks with a high lipid content for such a long time.

2.3 Measurement of contrast

Contrast in a fingerprint was measured as proposed by Matuszewski & Szafałowicz (2013). It was defined as the difference in the average intensity of pixels between valleys and ridges in a mark (Matuszewski, Szafałowicz, 2013). Marks were scanned with a CanoScan 4200F (Canon Inc.) in greyscale mode, at a resolution of 1600 dpi and with all corrections turned off. The intensity of pixels was measured using the histogram function of Adobe Photoshop CS2 (Adobe Systems Inc. 1990–2005). The software provides information on the average intensity of pixels within a specified area of a picture. So, in each given mark, at least 20 ridges and valleys radiating from the fingerprint core were selected. For each ridge and valley, areas of the same size were chosen and the average intensity of pixels within these areas was quantified. Afterwards, average intensities for ridges and valleys in the given mark were calculated, and finally the differences in these intensities (and hence contrast) were quantified. The software represents 256 different intensities (0 is ideal black and 255 is ideal white). Accordingly, contrast has values between 0 (no contrast) and 255 (maximum contrast).

2.4 Data analyses

Changes in contrast with fingerprint age were analyzed on scatter plots. First, the period of change was identified, for which an exponential model ($Contrast = c + e^{(b_0 + b_1 \cdot Age)}$) was fitted to the data. Parameters of the model were estimated with the quasi-Newton method of estimation. In analyses, a 5% level of significance was accepted. Calculations were done using Statistica 9.1 (StatSoft, Inc. 1984–2010).

3. Results and discussion

It was found that categories of marks clearly differed in terms of the pattern of age-related changes in contrast (Figures 1–3). Marks with a high lipid content revealed no changes in contrast for the whole 60-day period (Figure 1), whereas marks with a low and moderate lipid content showed an initial period of no-change, which was followed by a clear decrease

in contrast (Figures 2, 3). Moreover, the period of no-change was shorter and the rate of decrease was higher for marks of low lipid content as compared to marks of moderate lipid content (Figures 2, 3). These results demonstrate that the contrast between ridges and valleys in powder-developed marks shows clear changes with the age of a mark; however, the pattern of these changes is obviously related to the initial lipid content in the given mark. The more sebum in the mark, the longer is the period of no-change and the lower is the rate of decrease in contrast. Interestingly, marks of high lipid content reveal no change in contrast for a very long time after deposition. Therefore, for this category of marks, the contrast between ridges and valleys seems to be practically useless as a marker of age. As for marks with a low and moderate lipid content, the contrast clearly decreases for a quite long time after the initial period of no-change (Figures 2, 3). These results indicate that contrast may be practically useful as a marker of age for marks containing low or moderate amounts of lipids. Moreover, the results show that some classification of marks according to the initial content of lipids (as, for example, in the method proposed by Matuszewski, 2012) is necessary prior to the determination of fingerprint age on the basis of contrast.

The decrease in contrast was clearly exponential for marks with a low lipid content (nonlinear regression, $Contrast = 1.3484 + e^{[6.14757 + (-0.26208) \cdot Age]}$, $r^2 = 0.75$; t test for b_1 , $P < 0.01$; Figure 3), whereas for marks with a moderate lipid content, only slight exponentiality was found (nonlinear regression, $Contrast = 5.5234 + e^{[4.06196 + (-0.00719) \cdot Age]}$, $r^2 = 0.61$; t test for b_1 , $P = 0.1$; Figure 2). These results suggest that an exponential decrease is the general model for changes in contrast with the age of a fingerprint. The decrease in contrast results from the decrease in the amount of powder adhering to the residue in ridges, and that is a consequence of the loss of adhesiveness of the residue. Current results indicate that fingerprints lose adhesiveness in a mosaic manner, and, furthermore, that this loss is detectable only some time after deposition, and that, similarly to other natural processes of degradation, fingerprints lose adhesiveness exponentially. The values of r^2 indicate that most of the variation in contrast may be attributed to variation in fingerprint age. The current models, however, do not explain the substantial amount of variation in contrast, suggesting that it may be necessary to improve the quality of these models. It seems that this may be achieved through the identification of other factors affecting contrast or a better method for control of the lipid content in future studies.

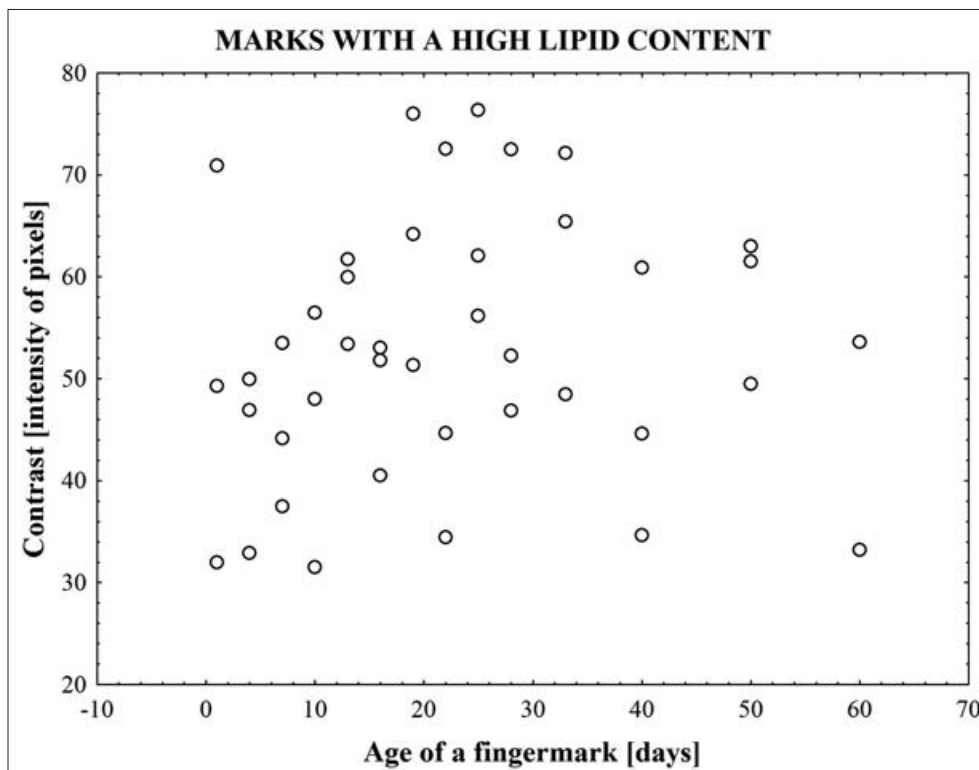


Fig. 1. Changes in contrast with the age of a fingermark for marks of high content of lipids.

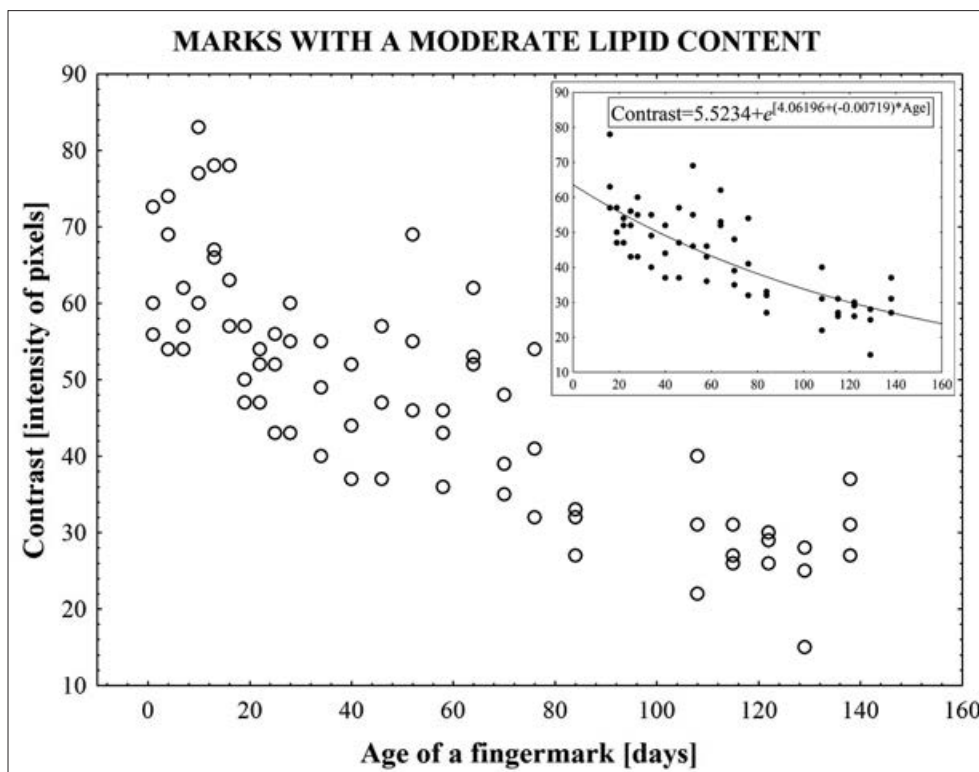


Fig. 2. Changes in contrast with the age of a fingermark for marks with a moderate lipid content. The smaller graph shows an exponential model estimated for the period of decrease in contrast.

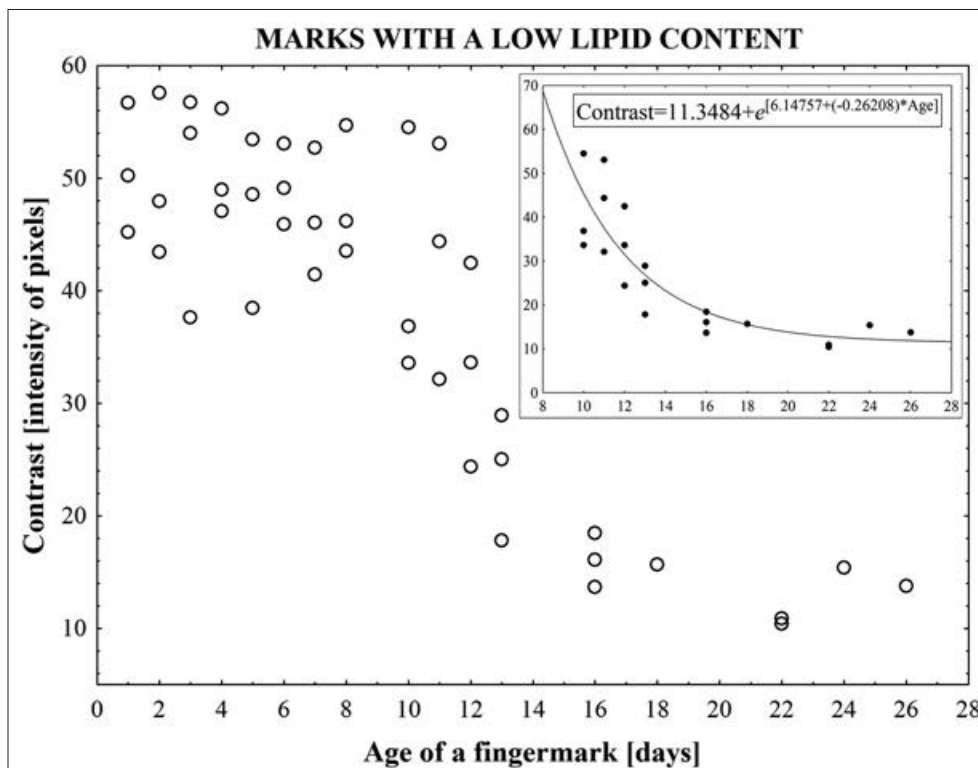


Fig. 3. Changes in contrast with the age of a fingerprint for marks with a low lipid content. The smaller graph shows an exponential model estimated for the period of decrease in contrast.

Substantial differences in contrast between marks of the same age were found for all categories of marks (Figures 1–3). These differences were greater for marks with a high lipid content as compared to marks with a low and moderate lipid content (Figures 1–3). This suggests that the variation between marks of the same age resulted partly from the method used to create different categories of marks. Although the method was designed so as to obtain marks of similar lipid content (within each category), some variation in this content between marks from the same category was unavoidable. Moreover, marks with a high lipid content sometimes had some residue within the valleys, which resulted from finger movements during deposition of the lipids. This extra residue resulted in a substantial decrease in contrast for some marks from the high content category.

There were also differences in initial contrast between categories of marks (Figures 1–3). Fresh marks of low lipid content revealed lower contrast than fresh marks of moderate and high lipid content (Figures 1–3). These differences stem from differences in physical appearance between marks from various categories. Marks with a low lipid content have more

discontinuities in ridges and more visible pores than marks with a moderate and high lipid content (Matuszewski, 2012), which results in lower contrast, as recorded in this study.

4. Conclusions

Concluding, the article demonstrates that in fingerprints from a single donor, contrast between ridges and valleys changes with the age of the mark. The pattern of age-related changes in contrast is clearly related to the initial content of lipids in the mark. Marks with a high lipid content reveal no changes in contrast for a very long time after deposition, whereas marks of low and moderate lipid content, after a short period of no-change, show an exponential decrease in contrast. The quantity of lipids in a mark is positively related to the length of the no-change period and negatively related to the rate of decrease in contrast. Consequently, contrast may be considered as a promising marker of age for some categories of fingerprints. In order to fully explore its potential, future studies should address several important issues. Firstly, other factors influ-

encing the pattern of age-related changes in contrast should be identified. Moreover, the universality of the marker should be evaluated, and, in particular, the problem of differences between donors in the pattern of age-related changes should be addressed. Future studies should also explore the potential of contrast as a marker of age for marks developed with other popular development techniques.

Acknowledgements

I would like to thank M. Szafałowicz (Warsaw, Poland) for help with laboratory work, and anonymous reviewers for their comments, which helped to improve the manuscript.

References

1. Wertheim, K. (2003). Fingerprint age determination: Is there any hope? *Journal of Forensic Identification*, 53, 42–49.
2. Champod, C., Lennard, C., Margot, P., Stoilovic M. (2004). *Fingerprints and other ridge skin impressions*. Boca Raton: CRC Press.
3. Margot, P. (2000). A question of time. *Science and Justice*, 40, 64–71.
4. Weyermann, C., Ribaux, O. (2012). Situating forensic traces in time. *Science and Justice*, 52, 68–75.
5. Barnett, P. D., Berger, R. A. (1976). The effects of temperature and humidity on the permanency of latent fingerprints. *Journal of Forensic Science Society*, 16, 249–254.
6. Duff, J. M., Menzel E. R. (1978). Laser-assisted thin-layer chromatography and luminescence of fingerprints: an approach to fingerprint age determination. *Journal of Forensic Sciences*, 23, 129–134.
7. Baniuk, K. (1981a). *Kryminalistyczna problematyka oceny wieku śladów linii papilarnych (ślady w pomieszczeniu zamkniętym)*. Część I. *Zeszyty metodyczne*, 27. Warszawa: Wydawnictwo Zakładu Kryminalistyki KGMO.
8. Baniuk, K. (1981b). *Kryminalistyczna problematyka oceny wieku śladów linii papilarnych (ślady w przestrzeni otwartej)*. Część II. *Zeszyty metodyczne*, 28. Warszawa: Wydawnictwo Zakładu Kryminalistyki KGMO.
9. Baniuk, K. (1990). Determination of age of fingerprints. *Forensic Science International*, 46, 133–137.
10. Dikshitulu, Y. S., Prasad, L., Pal, J. N., Rao, C. V. N. (1986). Aging studies on fingerprint residues using thin-layer and high performance liquid chromatography. *Forensic Science International*, 31, 261–266.
11. Weyermann, C., Roux, C., Champod, C. (2011). Initial results on the composition of fingerprints and its evolution as a function of time by GC/MS analysis. *Journal of Forensic Sciences*, 56, 102–108.
12. Koenig, A., Girod, A., Weyermann, C. (2011). Identification of wax esters in fingermark residues by GC/MS and their potential use as aging parameters. *Journal of Forensic Identification*, 61, 606–630.
13. Watson, P., Prance, R. J., Beardsmore-Rust, S. T., Prance, H. (2011). Imaging electrostatic fingerprints with implications for a forensic timeline. *Forensic Science International*, 209, e41–e45.
14. Merkel, R., Dittmann, J., Vielhauer C. (2011). Approximation of a mathematical aging function for latent fingerprint traces based on first experiments using a Chromatic White Light (CWL) sensor and the binary aging feature. (In): B. de Decker (et al., eds.), *CMS 2011, LNCS 7025, IFIP International Federation for Information Processing* (pp. 59–71).
15. Merkel, R., Gruhn, S., Dittmann, J., Vielhauer, C., Bräutigam, A. (2012). On non-invasive 2D and 3D Chromatic White Light image sensors for age determination of latent fingerprints. *Forensic Science International*, 222, 52–70.
16. De Alcaraz-Fossoul, J., Patris, C. M., Muntaner, A. B., Feixat, C. B., Badia, M. G. (2013). Determination of latent fingerprint degradation patterns – a real fieldwork study. *International Journal of Legal Medicine*, 127, 857–870.
17. Barros, R. M., Faria, B. E. F., Kuckelhaus, S. A. S. (2013). Morphometry of latent palmprints as a function of time. *Science and Justice*, 53, 402–408.
18. Matuszewski, S., Szafałowicz, M. (2013). A simple computer-assisted quantification of contrast in a fingerprint. *Journal of Forensic Sciences*, 58, 1310–1313.
19. Matuszewski, S. (2012). *Classifying initial lipid content of powder-developed fingerprint using its physical appearance and discriminant analysis*. (Poster presented at the 6th European Academy of Forensic Science Conference, 20–24.08.2012, Hague, Netherlands).

Corresponding author

Dr hab. Szymon Matuszewski
Laboratory of Criminalistics
Adam Mickiewicz University
ul. Święty Marcin 90
PL 61-809 Poznań
e-mail: szymmat@amu.edu.pl

ZMIANY KONTRASTU Z UPŁYWEM CZASU W ŚLADACH DAKTYLOSKOPIJNYCH O RÓŻNEJ ZAWARTOŚCI TŁUSZCZU

1. Wprowadzenie

Wiek śladu daktyloskopijnego może odgrywać istotną rolę w niektórych postępowaniach w szczególności, gdy poddano w wątpliwość związki śladu ze zdarzeniem. Niestety dotychczas nie zaproponowano akceptowalnej metody szacowania wieku tych śladów (Champod, Lennard, Margot, Stoilovic 2004; Wertheim, 2003). Szacowanie wieku śladów, w tym śladów daktyloskopijnych, wiąże się bowiem z wieloma trudnościami (Margot, 2000; Weyermann, Ribaux, 2012). Jedną z nich jest brak dobrych markerów wieku. Marker taki powinien on spełniać kilka kryteriów. Po pierwsze, powinna to być taka cecha śladu, która zmienia się w ścisłej zależności od upływu czasu. Po drugie, winna to być zmienna ilościowa, która zmienia się przez długi czas od naniesienia śladu. Po trzecie, powinna to być taka właściwość śladu, która jest odporna na wpływ czynników zakłócających (np. czynników zależnych od źródła śladu albo czynników środowiskowych). Po czwarte, powinna to być taka cecha, którą można wyznaczyć w śladach pochodzących od różnych osób oraz w śladach ujawnionych przy użyciu różnych technik. Szereg właściwości śladów daktyloskopijnych testowano jako markery ich wieku, w tym czytelność śladu (Barnett, Berger, 1976), jego luminescencję (Duff, Menzel, 1978), fizyczny wygląd (Baniuk 1981a, 1981b, 1990), proporcje składników śladu (Dikshitulu, Prasad, Pal, Rao, 1986), poziom skwalenu w śladzie (Koenig, Girod, Weyermann, 2011; Weyermann, Roux, Champod, 2011), gęstość powierzchniowego ładunku elektrycznego śladu (Watson, Prance R. J., Beardsmore-Rust, Prance H., 2011), liczbę zbinaryzowanych pikseli w obrazie śladu (Merkel, Dittmann, Vielhauer, 2011; Merkel, Gruhn, Dittmann, Vielhauer, Bräutigam, 2012), jakość śladu (De Alcaraz-Fossoul, Patris, Muntaner, Feixat, Badia, 2013) oraz szerokość i liczbę widocznych linii papilarnych (Barros, Faria, Kuckelhaus, 2013). Niestety żaden z powyższych testowanych markerów nie spełnia wszystkich kryteriów, jakie winien posiadać dobry marker. Większość z nich pozostaje pod silnym wpływem czynników zależnych od źródła śladu oraz czynników środowiskowych. Ponadto wiele markerów zaprojektowano lub testowano na śladach nieujawnionych. Ponieważ problem wieku pojawia się w praktyce w przypadku śladów ujawnionych i zindywidualizowanych, markery takie mijają się z potrzebami praktyki kryminalistycznej.

W artykule opisano badania użyteczności kontrastu jako markera wieku śladów daktyloskopijnych. Kontrast pomiędzy liniami papilarnymi oraz przestrzeniami

międzypapilarnymi w śladzie jest zmienną ilościową i może być zmierzony w śladach ujawnionych przy użyciu większości technik. Ponadto można rozsądnie założyć, że jest to właściwość, która zmienia się przez długi czas po powstaniu śladu. W istocie niektóre dotychczas testowane markery (np. czytelność śladu, jego jakość albo liczba zbinaryzowanych pikseli w obrazie śladu) są do pewnego stopnia powiązane z kontrastem, co przemawia za racjonalnością założeń, które legły u podłoża tego badania. Mając to na uwadze, testowano hipotezę, że kontrast między liniami papilarnymi i przestrzeniami międzypapilarnymi w śladach ujawnionych proszkiem daktyloskopijnym zmienia się z wiekiem śladu. Hipotezę tę testowano w przypadku trzech kategorii śladów daktyloskopijnych, które różniły się początkową zawartością tłuszczu w śladzie. Analizowano również wzorzec zmian kontrastu z wiekiem oraz tempo tych zmian.

2. Materiał i metody

2.1 Kategorie śladów

W badaniu wykorzystano trzy kategorie śladów różniące się początkową zawartością tłuszczu w śladzie: ślady o niskiej, średniej i wysokiej zawartości tłuszczu.

2.1.1 Ślady o niskiej zawartości tłuszczu

Ślady nanoszono po około 30 minutach normalnej aktywności, którą poprzedzało umycie rąk. Co 15 minut (w celu odtworzenia się naturalnej substancji potowo-tłuszczowej na opuszkach) nanoszono różnymi palcami sześć śladów. Pomiędzy poszczególnymi naniesieniami nie myto rąk ani nie wzbogacano substancji potowo-tłuszczowej na opuszkach wydzieliną gruczołów łojowych.

2.1.2 Ślady o średniej zawartości tłuszczu

Opuszki umiarkowanie wzbogacano łojem poprzez jednokrotne przetarcie włosów na głowie, po którym, w celu równomiernego rozprowadzenia substancji, pocierano opuszki o siebie. Co pięć minut nanoszono sześć śladów (różnymi palcami), myjąc ręce i wzbogacając je w łój przed każdym naniesieniem.

2.1.3 Ślady o wysokiej zawartości tłuszczu

Opuszki znacznie wzbogacano łojem poprzez kilkukrotne potarcie skóry twarzy, po którym, w celu równomiernego rozprowadzenia substancji łojowej, pocierano

opuszki o siebie. Co pięć minut nanoszono różnymi palcami sześć śladów, myjąc ręce i wzbogacając je w łój przed każdym naniesieniem.

2.2 Nanoszenie, starzenie i ujawnianie śladów

Jako nośnik śladów wykorzystano szklanki. Ślady nanoszono kciukiem, palcem wskazującym i środkowym obydwu rąk mężczyzny w wieku 35 lat. Powierzchnię szklanki dotykano palcem, starając się zachować jednakowy nacisk przy poszczególnych śladach. W celu zachowania jednolitych warunków, ślady poddano starzeniu w inkubatorze laboratoryjnym (ILW-53 STD, POL-EKO-APARATURA, Polska), z następującym ustawieniami: temperatura 30°C, moc wentylatora 10% oraz brak oświetlenia. Wilgotność względna powietrza w inkubatorze wynosiła około 30%.

Ślady ujawniano argenteratem i zabezpieczano na czarnej folii żelatynowej. Proszek nanoszono pędzlem daktyloskopijnym, inny, czysty pędzel był używany do usuwania nadmiaru argenteratu ze śladu. Dla każdej kategorii oraz wieku ujawniano po trzy ślady. Ślady o niskiej zawartości tłuszczu ujawniano codziennie do 14 dnia, następnie co dwa dni do 26 dnia. Starsze ślady z tej kategorii były tak nieczytelne, że niemożliwy był pomiar kontrastu. Dnia 9, 14 i 20 nie udało się ujawnić żadnego czytelnego śladu z tej kategorii. Ponadto, od 18 dnia, jednorazowo ujawniano co najwyżej dwa czytelne ślady. Łącznie naniesiono 66 śladów z tej kategorii, natomiast ujawniono i zmierzono kontrast w 45 śladach. Ślady o średniej i wysokiej zawartości tłuszczu ujawniano co trzy dni do 28 dnia, następnie rzadziej. Ślady o średniej zawartości tłuszczu ujawniano do 138 dnia, a ślady o wysokiej zawartości tłuszczu do 60 dnia. Łącznie naniesiono 78 śladów o średniej zawartości tłuszczu oraz 42 ślady o wysokiej zawartości tłuszczu, natomiast ujawniono i zmierzono kontrast w 74 śladach pierwszej kategorii oraz 41 śladach drugiej kategorii. Ponieważ w śladach o wysokiej zawartości tłuszczu do 60 dnia eksperymentu nie stwierdzono zmian kontrastu, nie ujawniano starszych śladów z tej kategorii. Możliwe, że w śladach starszych stwierdzono by spadek kontrastu, jednak z powodu znikomego znaczenia tych potencjalnych zmian zrezygnowano z długoterminowego ujawniania śladów o wysokiej zawartości tłuszczu.

2.3 Pomiar kontrastu

Kontrast w śladach kwantyfikowano przy użyciu metody zaproponowanej przez Matuszewskiego i Szafałowicza (2013). Zdefiniowano go jako różnicę w przeciętnej intensywności pikseli pomiędzy liniami papilarnymi i przestrzeniami międzypapilarnymi w obrazie śladu (Matuszewski, Szafałowicz, 2013). Ślady skanowano przy użyciu skanera CanoScan 4200F (Canon Inc.),

w trybie skali odcieni szarości, rozdzielczości 1600 dpi i przy wyłączonych automatycznych funkcjach korekty obrazu. Intensywność pikseli mierzono za pomocą funkcji histogram w programie Adobe Photoshop CS2 (Adobe Systems Inc. 1990–2005). Dostarcza ona informacji o średniej intensywności pikseli w obrębie zdefiniowanego fragmentu obrazu. W każdym śladzie wybierano co najmniej 20 linii papilarnych i przestrzeni międzypapilarnych, rozpoczynając od centrum wzoru. W obrębie linii papilarnych (przestrzeni międzypapilarnych) wybierano obszary o takiej samej wielkości, w których kwantyfikowano średnią intensywność pikseli. Następnie obliczano przeciętną intensywność dla linii papilarnych i przestrzeni międzypapilarnych w śladzie, a w końcu określano różnicę tej intensywności, kwantyfikując tym samym kontrast. Program reprezentuje 256 różnych intensywności (0 odpowiada idealnej czerni, a 255 idealnej bieli). Kontrast przyjmuje więc wartości od 0 (brak kontrastu) do 255 (maksymalny kontrast).

2.4 Analiza danych

Zmiany kontrastu analizowano na wykresach rozrzutu. W pierwszej kolejności wyodrębniano okres zmian, w którym dopasowywano do danych model spadku wykładniczego ($Kontrast = c + e^{(b_0 + b_1 \cdot \text{Wiek})}$). Parametry modelu szacowano przy użyciu metody quasi-Newtona. W analizach przyjęto 5% poziom istotności. Obliczeń dokonano w programie Statistica 9.1 (StatSoft, Inc. 1984–2010).

3. Wyniki i dyskusja

Stwierdzono, że badane kategorie śladów wyraźnie różnią się wzorcem zmian kontrastu z wiekiem śladu (ryciny 1–3). W śladach o wysokiej zawartości tłuszczu nie zaobserwowano zmian kontrastu w okresie 60 dni od ich powstania (rycina 1), natomiast w przypadku śladów o niskiej i średniej zawartości tłuszczu po początkowym okresie braku zmian stwierdzono wyraźny spadek kontrastu (ryciny 2–3). Początkowy okres braku zmian był krótszy, a tempo spadku kontrastu szybsze w przypadku śladów o niskiej zawartości tłuszczu (ryciny 2–3). Wyniki te pokazują, że kontrast między liniami papilarnymi i przestrzeniami międzypapilarnymi w śladach daktyloskopijnych ujawnionych proszkiem zmienia się w ściślejszej zależności od wieku śladu, a wzorec tych zmian zależy ściśle od początkowej zawartości tłuszczu w śladzie. Im więcej łożu zawierają ślady, tym dłuższy jest początkowy okres braku zmian oraz wolniejsze tempo spadku kontrastu po tym okresie. Co ciekawe, w śladach o wysokiej zawartości tłuszczu kontrast nie zmienia się przez bardzo długi czas od ich powstania. Tak więc, w przypadku tej kategorii śladów, cecha ta wydaje się bezużyteczna jako

marker wieku. Jeżeli chodzi o ślady o niskiej i średniej zawartości tłuszczu, kontrast konsekwentnie spada przez długi czas po początkowym okresie braku zmian (ryciny 2–3). Wyniki te wykazują więc, że kontrast może być markerem wieku, ale tylko w przypadku śladów o niskiej i umiarkowanej zawartości tłuszczu. Ponadto pokazują one, że metoda klasyfikowania śladów według początkowej zawartości tłuszczu w śladzie (np. Matuszewski, 2012) będzie niezbędna w przypadku szacowania wieku śladów daktyloskopijnych na podstawie kontrastu.

Spadek kontrastu był wyraźnie wykładniczy w przypadku śladów o niskiej zawartości tłuszczu (regresja nieliniowa, model wykładniczy, $Kontrast = 11,3484 + e^{[6,14757 + (-0,26208) \cdot \text{Wiek}]}$; $r^2 = 0,75$; test t dla b_1 , $P < 0,01$; rycina 3), natomiast w przypadku śladów o średniej zawartości tłuszczu był on tylko nieznacznie wykładniczy (regresja nieliniowa, model wykładniczy, $Kontrast = 5,5234 + e^{[4,06196 + (-0,00719) \cdot \text{Wiek}]}$; $r^2 = 0,61$; test t dla b_1 , $P = 0,1$; rycina 2). Wyniki te sugerują, że spadek wykładniczy stanowi ogólny model zmian kontrastu z wiekiem śladów daktyloskopijnych. Spadek ten wynika ze zmniejszania się ilości proszku daktyloskopijnego, jaki przylega do śladu, co stanowi konsekwencję utraty lepkości przez substancję śladu. Obecne wyniki wskazują, że ślady daktyloskopijne tracą lepkość w sposób mozaikowaty, utrata lepkości następuje dopiero po pewnym czasie od nanieśnięcia śladu i, podobnie do innych naturalnych procesów rozkładu, ślady te tracą lepkość wykładniczo. Stwierdzone wartości r^2 wskazują, że przeważająca część zmienności kontrastu może być objaśniona zmiennością wieku śladów. Obecne modele nie tłumaczyły jednak znaczącej części tej zmienności, co wskazuje na potrzebę poprawy ich jakości. Wydaje się, że może to być osiągnięte poprzez zidentyfikowanie innych czynników wpływających na kontrast lub lepszą metodę kontroli zawartości tłuszczu w śladach.

W przypadku wszystkich kategorii śladów stwierdzono duże różnice kontrastu pomiędzy śladami w tym samym wieku (ryciny 1–3). W przypadku śladów o wysokiej zawartości tłuszczu różnice te były większe niż w przypadku śladów o niskiej i średniej zawartości tłuszczu (ryciny 1–3). Sugeruje to, że zmienność śladów o tym samym wieku wynikała częściowo z metody, jakiej użyto do nanoszenia śladów różnej kategorii. Chociaż metodę opracowano tak, aby w ramach danej kategorii uzyskiwać ślady o zbliżonej zawartości tłuszczu, pewna zmienność tej zawartości była nie do uniknięcia. Ponadto ślady o wysokiej zawartości tłuszczu czasami charakteryzowały się obecnością substancji potowo-tłuszczowej w obrębie przestrzeni międzypapilarnych, co stanowiło skutek ruchów palca w toku nanoszenia i trudności w kontrolowaniu nacisku. W razie wystąpienia takiej nadmiarowej substancji prowadziło to do wyraźnego zmniejszenia kontrastu.

Stwierdzono ponadto różnice w początkowym kontraście pomiędzy różnymi kategoriami śladów (ryciny 1–3). Ślady świeże o niskiej zawartości tłuszczu cechowały się mniejszym kontrastem niż ślady świeże o średniej i wysokiej zawartości tłuszczu (ryciny 1–3). Rozbieżności te są efektem różnic w wyglądzie śladów z poszczególnych kategorii. Ślady o niskiej zawartości tłuszczu charakteryzują się bowiem większą liczbą przerw w biegu linii papilarnych oraz większą liczbą odzwierciedlonych porów w porównaniu ze śladami o średniej oraz wysokiej zawartości tłuszczu (Matuszewski, 2012), co w ich przypadku powoduje zmniejszenie kontrastu.

4. Wnioski

Podsumowując, w badaniu wykazano, że w przypadku śladów daktyloskopijnych pobranych od jednej i tej samej osoby kontrast między liniami papilarnymi i przestrzeniami międzypapilarnymi zmienia się z wiekiem śladu. Wzorec tych zmian ściśle zależy od początkowej zawartości tłuszczu w śladzie. W śladach o wysokiej zawartości tłuszczu kontrast nie zmienia się przez długi czas od powstania śladu, natomiast w śladach o niskiej oraz średniej zawartości tłuszczu, po krótkim okresie braku zmian, następuje wykładniczy spadek kontrastu. Ilość tłuszczu w śladzie jest dodatkowo związana z długością początkowego okresu braku zmian oraz ujemnie związana z tempem spadku kontrastu. W konsekwencji kontrast można uznać za obiecujący marker wieku niektórych kategorii śladów daktyloskopijnych. Pełne określenie jego użyteczności będzie jednak wymagało dalszych badań. Po pierwsze, należy zidentyfikować inne czynniki wpływające na wzorec zmian kontrastu z wiekiem śladu. Ponadto należy ocenić uniwersalność tego markera, a w szczególności należałoby podjąć problem różnic międzyosobniczych we wzorcu jego zmian z wiekiem. Przyszłe badania winny ocenić użyteczność kontrastu jako markera wieku śladów ujawnionych również innymi popularnymi technikami.

Podziękowania

Autor dziękuje Michałowi Szafałowiczowi (Warszawa, Polska) za pomoc w pracach laboratoryjnych oraz anonimowym recenzentom za uwagi, które przyczyniły się do poprawy manuskryptu.