

RIGHT HAND WRITING VS. LEFT HAND WRITING OF ONE PERSON. A COMPARATIVE STUDY

Tomasz DZIEDZIC

Institute of Forensic Research, Kraków, Poland

Abstract

One of the methods of disguising handwriting is to execute it with the unaccustomed hand. The effectiveness of such an attempt may be improved by training the unaccustomed hand to a sufficient degree to eliminate unnatural features from writings executed by this hand. Such handwriting would show both similarities and differences in relation to writing executed with the usual hand. Knowledge about exactly which features are similar or different may improve the effectiveness of detection by forensic handwriting experts of such attempts to disguise handwriting. For the purpose of the present study, the author taught himself to write with his left (unaccustomed) hand, in order to investigate the distribution of similarities and differences between handwriting by different hands. Out of a hundred samples, one half was produced with the left and the other half with the right hand. Every sample in the group written with the left hand matched a right hand sample that had been written on the same day with the same instrument, and consisting of exactly the same piece of text. The results indicated that features which are rooted in the human psychological sphere were similar, while differences occurred mostly among characteristics which depend on the motor skills of the hands.

Key words

Handwriting; Left hand; Unaccustomed hand; Lateralization.

Received 19 March 2013; accepted 6 May 2013

1. Introduction

Handwriting executed with the left hand has been the subject of studies by Polish [3, 5, 9, 10, 11] and foreign handwriting examiners [1, 2, 7, 8] for many years. The subject matter of these researches as well as their results were discussed by the author in a previous article dedicated to this matter [4]. The present study is a continuation of an experiment undertaken in 2007, in which a right-handed male trained his left hand in writing. By intense exercising, the hand's motor ability developed sufficiently to freely execute writing. Then, in the first stage of the actual research, the process of left hand writing development was analysed and described, revealing how fast particular features evolved and how soon they reached a stable state, if indeed they did. The aim of the present stage of the project was a comparison of the handwriting executed

with the subject's right and left hand, in order to determine in which features similarities and differences occur. Such knowledge may be helpful in casework, when suspicions are raised that a given piece of handwriting may have been disguised by execution with the unaccustomed hand. Due to the unusual nature of the experiment (the subject who produced the samples was at the same time the examiner), in order to ensure objectivity, no hypotheses were formulated.

2. Materials and method

The subject of the research was samples of handwriting and signatures executed by a right-handed 35-year old male. The executor had learned to write with his right hand at school and had only used his right hand to write for most of his life. Subsequently, for the purpose of the present experiment, at the age

of 31 he had started to teach himself to write with his left hand, and over a period of nearly 3 years executed 200 samples. Each of the specimens included both continuous text and signatures. These samples were examined in the first stage of the research. After relatively high motor ability of the left hand had been developed and relative stability of the handwriting executed with it achieved, the project's second stage began, in which features of writing produced with the right and the left hand were compared. To this end, the author executed another 100 samples: 50 with the left and 50 with the right hand. Every sample in the group written with the left hand matched a right hand sample that had been written on the same day with the same instrument and consisting of exactly the same piece of text. The samples were produced from January to May 2011 on smooth unlined sheets of A4 paper. Each of them consisted of a piece of a random, continuous text, 10–15 lines long (successive pieces of a Polish translation of Julius Caesar's "Commentarii de Bello Gallico"), as well as 10–15 signatures encompassing the first and the second name of the writer.

As in the project's first stage, the analysis of the samples was conducted by the subject who produced them, an expert in the field of forensic handwriting and document examination. Furthermore, a similar set of features were examined, namely: legibility, speed of writing, line quality, impulse level, pen pressure, system of shading, heights of characters of upper, lower and middle zones of handwriting, proportions (ratios) of heights of characters in these zones, slant (inclination of the axis of characters relative to the baseline), shape and direction (tendency) of baselines, width and shape of left and right margins, spacing between text lines and between words, width of words, occurrence of inverted elements, direction of executing ovals and horizontal strokes as well as general structure of characters.

The above mentioned features of the right and the left hand writings were examined in terms of their degree of similarity using the graphic-comparative method. Each was classified into one of the following categories: similar, neutral or different. Since such an evaluation is encumbered with a certain amount of subjectivity, efforts were undertaken to reduce it. Regarding measurable and topographical features, measurements were taken with specialized software: the GRAPHLOG computer programme [6]. Based on these results, means, standard deviations and proportions (ratios) were calculated. As for the rest of the features, such a method of objectification could not be implemented. In these cases, a detailed justification

of the examiner's evaluation was given instead and illustrations attached.

Out of the hundred analyzed samples, ten were selected for the measurements – namely specimens no. 10, 20, 30, 40 and 50 (from the right and the left hand group). They had been produced at regular intervals.

3. Results and discussion

The collected right and left hand samples were generally legible. In both these groups, however, there were minor legibility disturbances caused by characters of highly reduced form or their occasional omission. In the right hand samples, the reason for this was the very fast speed of writing, achieved partially at the cost of other factors: less diligence and the simplification of letters. In the left hand samples, on the other hand, legibility disturbances were due to lesser motor ability, which resulted in difficulties in the execution of some characters, especially those which included strokes directed from the left to the right. Moreover, repetitive forms occurred in both sample groups in the middle zone characters (e.g. in the minuscules "i", "m", "n", "r", "u" and "z") frequently. When a couple of such letters appeared in a row, they became difficult to discriminate and, therefore, to read (Figure 1). Due to the similar minor degree of legibility disturbance, the two groups of samples were evaluated as similar in this respect.

Speed of writing in the left hand samples could be described as moderate and relatively stable, while in the right hand group, the writings were executed in a dynamic or even rapid way. The signatures in the left hand specimens were produced faster than the text writings, since they underwent partial automation. Their speed, however, was still slower than in the right hand text and especially signature samples. The disparity in speed between the left and the right hand writings was significant enough to consider this feature different.

The text writings were also different in terms of line quality. In the right hand samples, lines were smooth and of high quality, with ovals, arches and wavy strokes showing regular outlines. In the left hand samples, on the other hand, these outlines were irregular and often angular in shape. Irregularities were observed less frequently in straight strokes such as trunks and lower zone elements (Figure 2). The (left hand) signatures were mostly free from the above mentioned irregularities, but they did not fully match up to the highly automated right hand signatures. Line quality in the signatures was therefore categorized as a neutral feature.

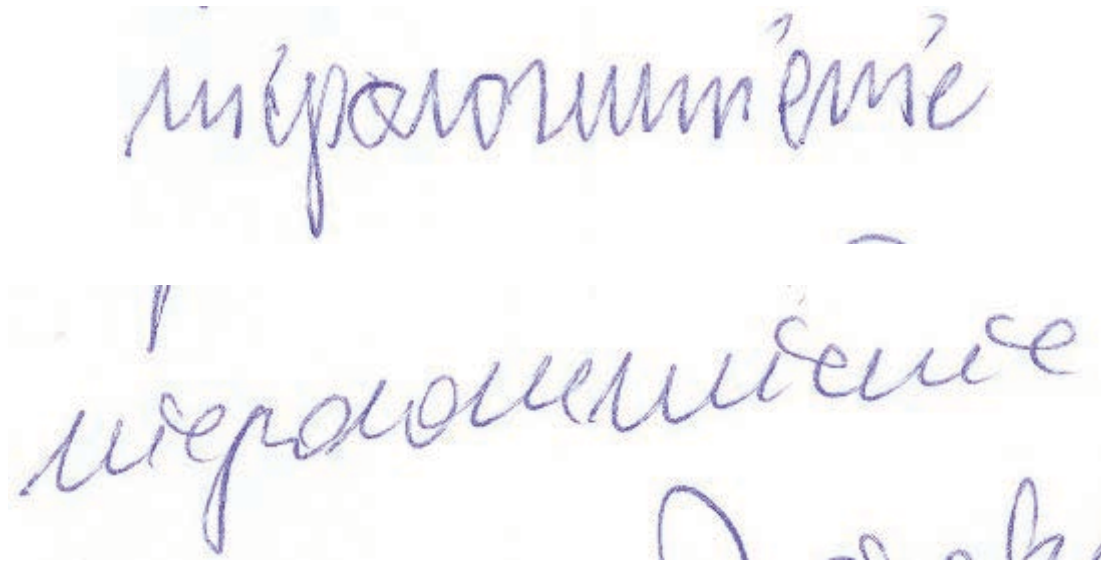


Fig. 1. The word “nieporozumienie” (Polish for “misunderstanding”) produced by the left (above) and right hand (below).

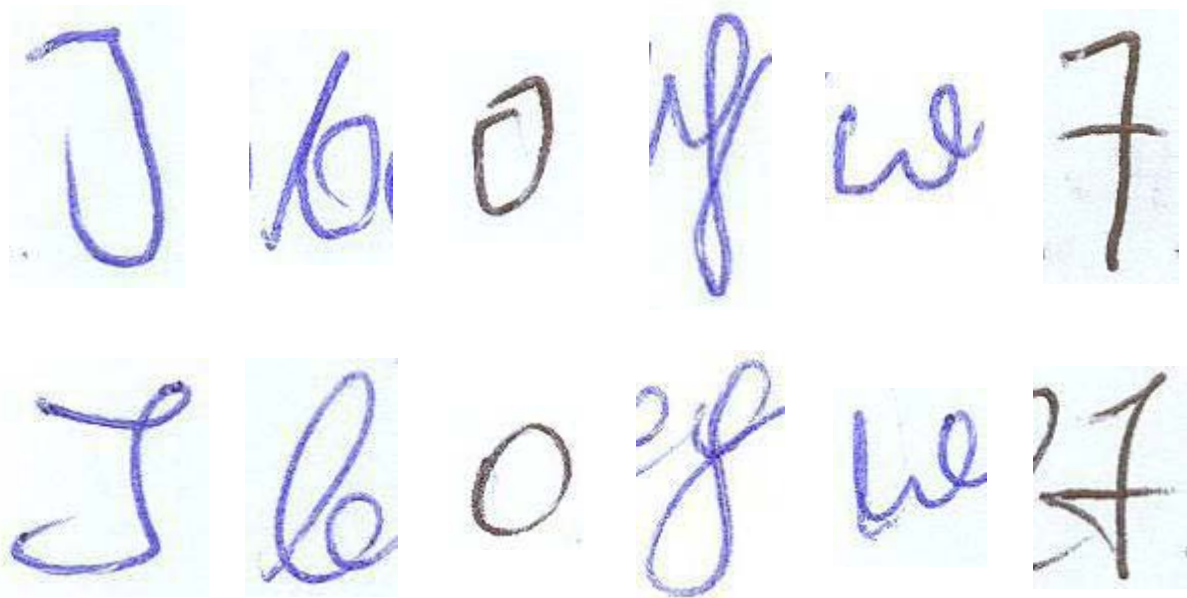


Fig. 2. Line quality in the characters “I”, “b”, “o”, “g”, “w” and “7”, produced by the left (above) and the right hand (below).

Impulse level in both sample groups can be described as syllable-letter. However, in the right hand writings there were less pen lifts, and separate letters (unconnected to any other) occurred less frequently. In order to accurately study the frequency of pen lifts, all (pen lifts) were counted in the initial ten words in samples no. 10, 20, 30, 40 and 50. In these excerpts – of exactly the same content in both groups of writings – there were 135 pen lifts in the right hand samples

compared to 216 in the left hand samples (60% more). Even more distinct was the difference in frequency of pen lifts in the signatures. In the right hand samples, there was a median of 2 pen lifts per signature (including the endings of both the first and the last name) and 6 in the left hand samples (138% more; Figure 3), while the mode was 2 and 5, respectively. In the presence of such significant divergence, it was justifiable to classify the frequency of pen lifts as different.

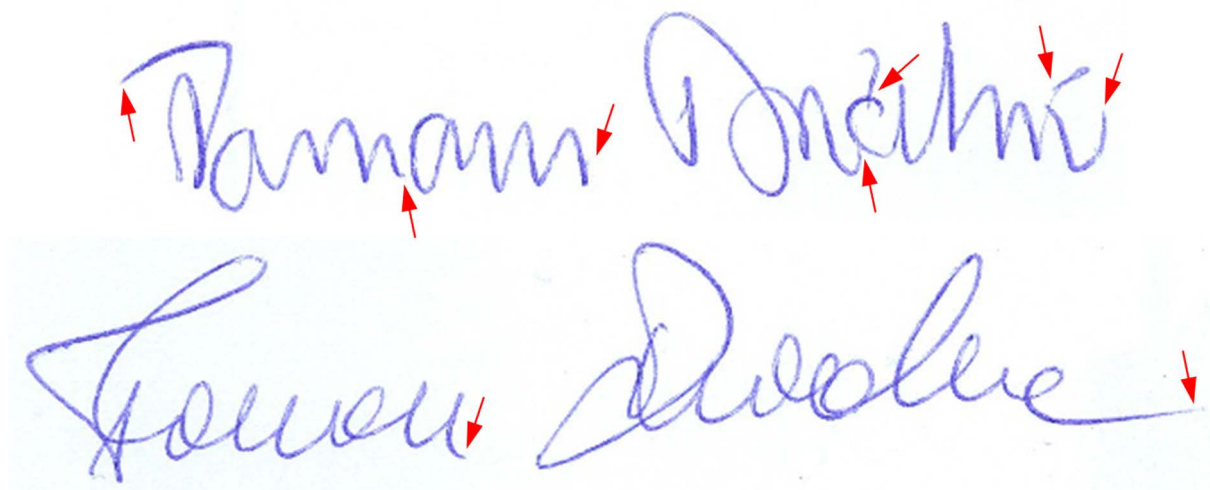


Fig. 3. Pen lifts in signatures produced by the left (above) and the right hand (below).

Both pen pressure and the system of shading differed significantly in the compared sample groups. In the right hand samples, clearly shallower indentation was observed (which was evidence of weaker pressure), while downstrokes and strokes directed to the right were much richer in ink than upstrokes and strokes directed to the left. In the left hand samples, to the contrary, shading was mostly directed down and to the left and it was less distinct. Moreover, its rhythmicity was sometimes disturbed, e.g. by stronger pressure in upstrokes and weaker in downstrokes. There were fewer feather lines here (they occur mostly in connections of characters and their elements), and feather endings were shorter than in the right hand samples (Figure 4).

Slant in the compared groups of writings was also different. In the right hand samples, character axes consistently leaned to the right, whereas in the left hand samples their inclination was variable. In text samples, they were mostly perpendicular to the baseline or leaned slightly to the left or to the right. Well-defined left inclination was only observed in lower zone letters and in signatures.

When analysing the size of writing, all the letters of the middle, upper and lower zones of handwriting (MZ, UZ and LZ respectively) were measured in the ten samples indicated earlier. Then mean heights of the characters in all these zones and their relative standard deviation (*RSD*; also known as coefficient of variation, *CV*) were calculated for each of the samples separately, as well as together for the five left hand and the five right hand samples. To evaluate conformity or divergence of the characters' heights, the t-Student test was applied to each zone. It was assumed that the height of characters in both groups of writings could be assessed as similar when the significance level α equaled 0.05. The results for all the measured samples are given in Table I, while in Figure 5, a graphic comparison of mean heights within each sample has been presented. The significance probability did not reach the assumed level of significance in any handwriting zone, which means that character heights should be classified as different, with higher values in the left hand writings. At the same time, lower values of relative standard deviation in the left hand writings (especially in the upper and middle zone) showed that they are more stable than those produced with the right hand.

TABLE I. MEAN HEIGHTS AND *RSD* OF CHARACTERS IN LEFT AND RIGHT HAND SAMPLES

	MZ		UZ		LZ	
	Right hand	Left hand	Right hand	Left hand	Right hand	Left hand
Height of characters [mm]	3.82 ± 0.81	4.67 ± 0.81	7.87 ± 1.67	8.14 ± 1.15	9.98 ± 1.14	11.33 ± 1.19
RSD	0.21	0.17	0.21	0.14	0.11	0.10
p	3.9 × 10 ⁻¹⁹⁶		3 × 10 ⁻³		2.4 × 10 ⁻³³	

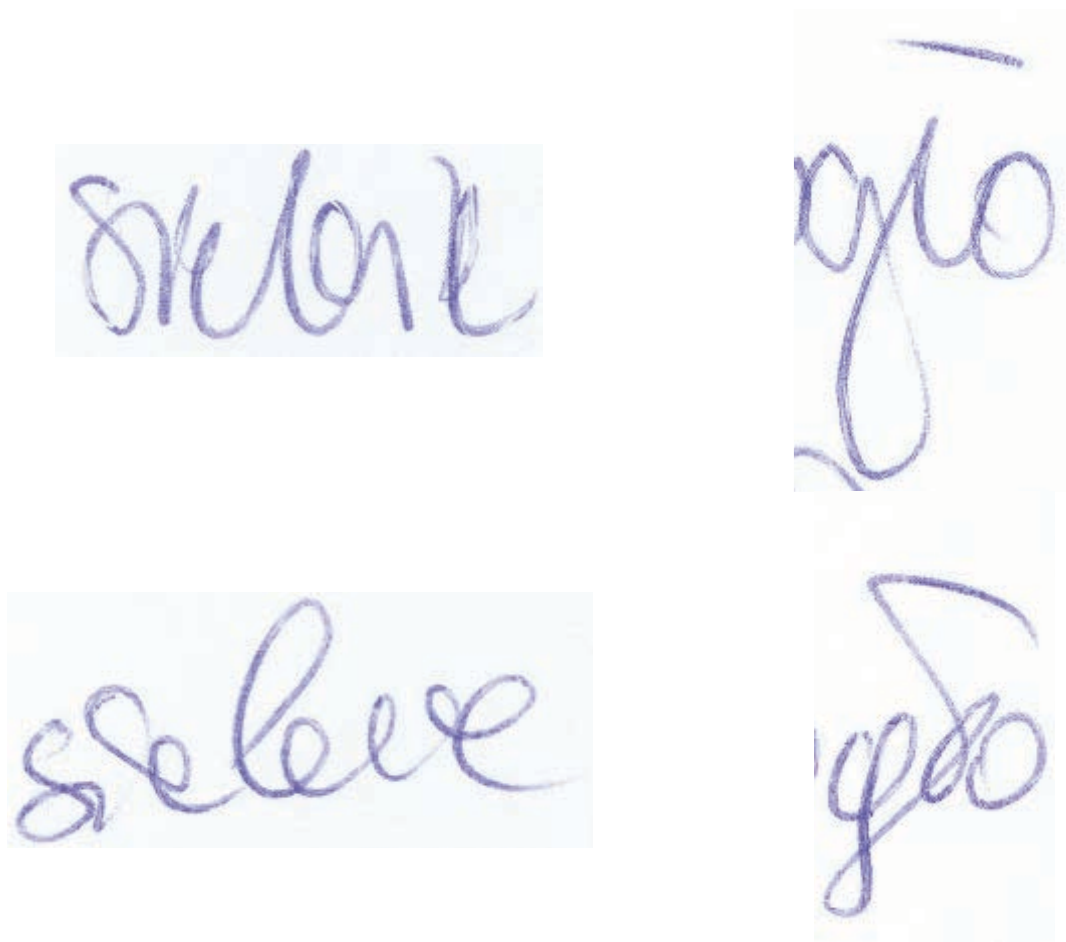


Fig. 4. Shading in text samples produced by the left (above) and the right hand (below).

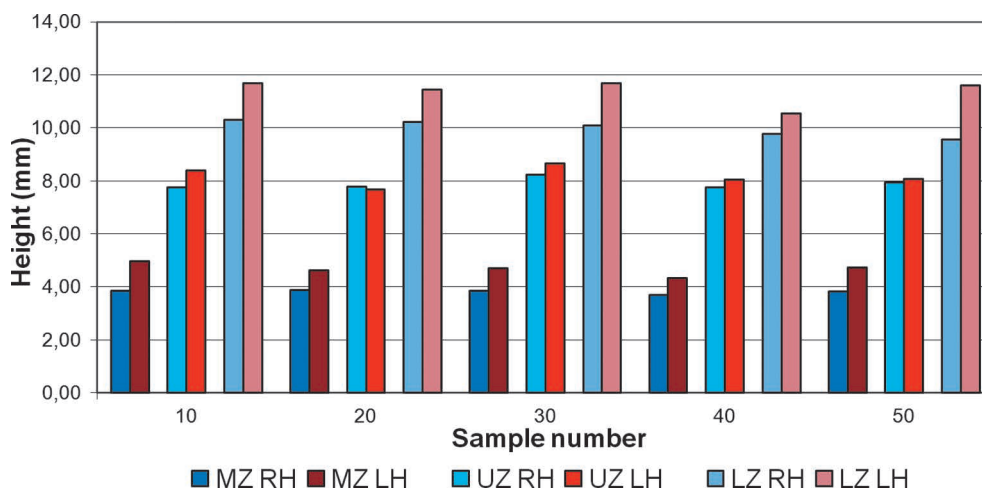


Fig. 5. Mean heights of three zones of handwriting in each of the measured samples (RH – right hand, LH – left hand).

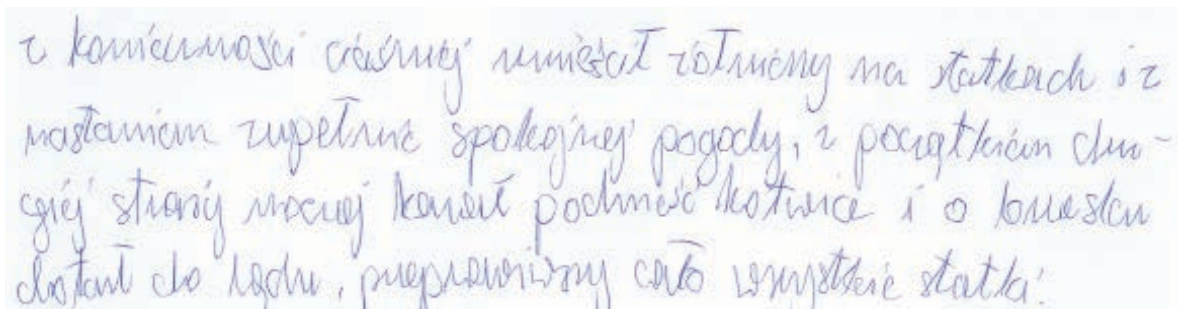
These measurements were also used to calculate ratios of heights in the zones of handwriting. The calculations revealed that the ratios were quite stable within both sample groups, which means that they only varied slightly among particular samples. Similarities between both groups of samples occurred in ratios of LZ to MZ and LZ to UZ. The former value in the right hand samples was 2.61 and in the left hand samples 2.44 (6.51% less), and the latter equalled 1.40 and 1.27, respectively (9.29% less). The ratios of UZ to MZ were 2.06 and 1.75 (15.05% less), which placed them in the group of neutral features.

The baselines of continuous text in the left hand samples mostly remained horizontal, whereas in the right hand specimens they clearly ascended. In the latter writings, their shape was more regular (almost straight), while in the former (left hand) group they were mostly wavy (Figure 6). Both these features were thus categorized as different.

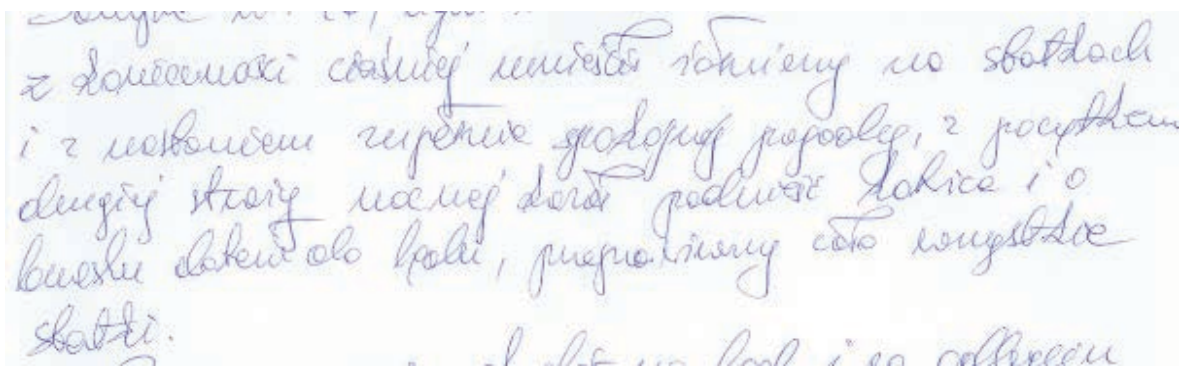
Shapes of side margins were similar in both sample groups, since the left margins were generally straight, while the right ones strongly irregular. In order to analyse their width, the distances between (the ends of) text lines and both side edges of the paper were measured. The results showed that the mean width of left margins in the left hand samples was 5.77 mm (with a standard deviation of 1.10 mm) and in the right hand specimens, 3.86 mm (standard deviation was

1.36 mm). Significance probability calculated with Student's t-test was less than 0.001, which allowed us to classify this feature as different in the two sample groups. Right margins, on the other hand, show consistency in both sample groups. Their mean width in the left hand samples was 8.44 mm (standard deviation was 6.67 mm) and in the writings executed with the right hand, 8.92 mm (standard deviation equalled 5.96 mm). Student's t-test gave a significance probability of 0.68.

Among the features that were subjected to measurements were line and word spacing. The distances between baselines were taken at the beginning and at the end of each neighbouring pair of lines. This feature was shown to be similar in both groups, and its mean value was 9.01 mm in the left hand writings (with a standard deviation of 2.00 mm) and 9.09 mm in the right hand samples (standard deviation was 2.15 mm). The similarity of this feature in the two groups was also shown with a significance probability calculated with Student's t-test that equalled 0.77. The width of word spacing, however, which was measured in the 1st, 5th and 10th line of the mentioned ten samples, turned out to be different. Its mean in the left hand writings was 4.77 mm (standard deviation was 1.30 mm), while in the specimens produced with the right hand, 5.48 mm (standard deviation equalled 1.74 mm). Student's t-test showed a significance probability of less than 0.001.



z kamienicami okiennej umieszczonej na ściankach i z
miejscami zupełnie spokojnej pogody, z porządkiem chwi-
lącej strony mojej kamień pochwała dostawa i o brzości
dotąd do łodzi, przepiękny coko umyślnie statki.



z kamienicami okiennej umieszczonej na ściankach
i z miejscami zupełnie spokojnej pogody, z porządkiem
drugiej strony mojej kamień pochwała dostawa i o
brzości dotąd do łodzi, przepiękny coko umyślnie
statki.

Fig. 6. The baselines in samples produced by the left (above) and the right hand (below).

The last measurable feature compared between the two sample groups was word width. The first ten words were measured in the ten usual samples in order to objectively examine the feature. The results revealed that the mean width of words was 20.75 mm in the left hand writings (with standard deviation of 12.03 mm) and in the right hand writings, 21.55 mm (standard deviation equalled 11.93 mm). Student's t-test showed a significance probability of 0.74, which allowed us to classify the feature as similar.

Structural features of characters in the right and the left hand samples presented a peculiar distribution of similarities and differences. This resulted from the fact that particular characters in both groups were actually executions of the same designs stored in the writer's memory, but their left hand realisations deviated from these designs due to insufficient dexterity. In other words, the structure of letters and numerals in the left hand samples was a compromise between the intentions and the motor abilities of the writer. As a consequence, the similarities were general rather than specific. Therefore, it is difficult to indicate any highly distinctive conformities or to formulate universal rules concerning their occurrence (cf. Figures 1–4, 6 and 7). It is, however, possible to describe what kind of differences occurred in the structure of characters.

Firstly, inverted elements in the left hand samples should be mentioned, since this phenomenon typically occurs in writings produced with the unaccustomed hand. Although they were not very common, and their occurrence was limited mainly to end fragments

of ovals, they constituted a significant difference between the two groups. It should be emphasized that this dissimilarity related mostly to the text writings, while in the signatures inverted elements were practically eliminated. Another difference was the direction of executing horizontal strokes in such letters as upper case "A", "G" and "T", lower case "l" and "t" as well as the numerals "5" and "7". In the left hand samples, they were drawn from the right to the left, while in the right hand samples they had the opposite direction. There were no differences, however, regarding the direction of ovals. In both groups of writings they were counter clockwise.

In the left hand writings, a clear tendency to avoid strokes directed from the left to the right was observed. This resulted in simplification of the structure of some letters, e.g. minuscule "z" (especially when situated at the beginnings of words) as well as the side element of minuscule "k", which assumed an arched (or semi-circular) shape. The lack of motor dexterity of the subject's left hand often resulted in deformations of letter structure, which manifested in their disturbed shape, position of particular elements relative to one another or their ratios and lack of connections between particular strokes. Such irregularities in some letters occurred often enough to regard them as habitual, such as in the majuscule "G", with a horizontal stroke located too high or in the minuscule "f", with its loop of excessive size and shifted too much to the right (Figure 7). Although the overall structure of characters was alike in both groups, the above mentioned divergences

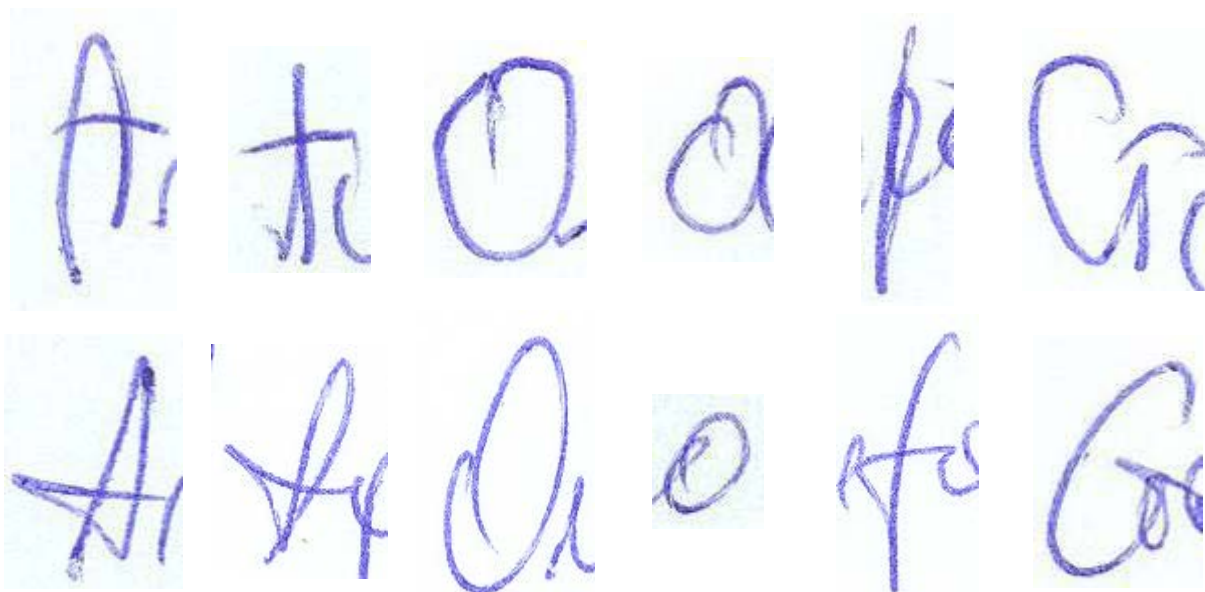


Fig. 7. Structure of the letters "A", "t", "O", "o", "f" and "G" produced by the left (above) and the right hand (below).

resulted in the conclusion that it would be wrong to consider this feature similar. So after careful consideration, character structure was classified as a neutral feature.

Making use of the results of the previous stage of the project, the collected samples were examined regarding potential correlations between the rate of development of a particular feature in the left hand writing and its degree of similarity to the analogous feature in the right hand samples. It was ascertained that the features which in the left hand writing stabilized later than in the first ten samples (including writing speed, shading, impulse and slant) were different than analogous features in the right hand writings. This relationship may be explained by the fact that both the features that developed later and most of the features which differentiated left from right hand writing were dependent on the hand's motor dexterity to a greater degree than the other features. This does not mean, however, that all the features which stabilized sooner in the experiment were similar. Admittedly, amongst such features in the left hand writing, there are some that were classified as similar to their right hand equivalents (e.g. legibility, line spacing, shape of side margins), but also as different (such as pen pressure, line quality in text as well as shape and tendency of the baselines), and neutral (line quality in signatures, and structure of characters).

4. Conclusion

As a result of the research, groups of similar, neutral and different features were distinguished. The similarities comprised: legibility, ratios of LZ to MZ and LZ to UZ characters, the width and shape of the right margin and shape of the left one, word width, line spacing and counter clockwise execution of ovals. In the neutral group: line quality in signatures, ratios of heights of UZ to MZ characters as well as general structure of letters and numerals. The category of differences was the largest; it included the following: writing speed, line quality in text, impulse level, pen pressure, system of shading, slant, shape and tendency of baselines, heights of characters, width of left margin and word spacing, as well as occurrence of inverted elements and direction of horizontal strokes. The above list shows that writing habits which are rooted in the human psychological sphere were similar in the left and the right hand writings, while the differences occurred mostly among features which depend on the motor skills of the hands.

Would a handwriting expert thus be able to recognize an attempt to disguise handwriting when given

disputed writings produced with one hand and reference writings with the other, by an individual who freely writes with both hand? In the present study, the similarities between the left and the right hand samples were not strong enough to establish that both groups of writings were produced by the same person. In another study which the author participated in [5], to the contrary, the similarities between the left and the right hand writings of one person were clearer. It should be mentioned, however, that the individual who gave the samples for the other research developed both left and right hand writing ability in her childhood. As a consequence, the differences between the motor dexterity of her hands were smaller than the ones observed in the present study. It thus appears that the possibility of detecting such a disguise attempt depends on the particular case. Undoubtedly, factors that would be helpful to an examiner would be the ability to ascertain whether an examined piece of writing was produced with the left or the right hand, and the careful collection of adequate reference samples. Additionally, experts are helped by the fact that developing motor dexterity of an unaccustomed hand is a time-consuming task that requires a lot of perseverance, as was also shown during the present experiment.

Finally, it should be emphasized that the present research is only a case study. In order to draw universal conclusions, one would have to carry out an experiment on a large group of individuals.

References

1. Conrad M., Left-hand-writing vs. right-hand-writing, *Journal of the American Society of the Questioned Document Examiners* 2008, 11, 19–27.
2. Conway J. V. P., *Evidential documents*, Charles C. Thomas, Springfield 1978.
3. Czeczot Z., *Badania identyfikacyjne pisma ręcznego*, Wydawnictwo Zakładu Kryminalistyki KGMO, Warszawa 1971.
4. Dziedzic T., The development of left-handed writing features of a right-handed person who has undertaken training with his left hand, *Problems of Forensic Sciences* 2011, 86, 93–102.
5. Dziedzic T., Pająk M., Pismo osoby oburęcznej (studium przypadku), [in:] Wpływ badań eksperymentalnych na wartość dowodową ekspertyzy dokumentów, *Materiały XII Wrocławskiego Sympozjum Badań Pisma*, Kegel Z. [ed.], Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 2008.

6. Fabiańska E., Kunicki M., Zadora, G. [et al.], GRAPHLOG – computer system supporting handwriting analysis, *Problems of Forensic Sciences* 2006, 68, 394–403.
7. Huber R. A., Headrick A. M., Handwriting identification: Facts and fundamentals, CRC Press, Boca Raton 1999.
8. Michel L., Gerichtliche Schriftvergleichung, deGruyter, Berlin 1982.
9. Sańianowski A., Z problematyki badań pisma leworęcznego, *Problemy Kryminalistyki* 1984, 164, 207–227.
10. Widła T., Znamiona grafizmu leworęcznego, [in:] Materiały IV Wrocławskiego Sympozjum Badań Pisma, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1992.
11. Wójcik W., Z zagadnień identyfikacji pisma leworęcznego, *Problemy Kryminalistyki* 1959, 22, 745–762.

Corresponding author

Tomasz Dzedzic
Instytut Ekspertyz Sądowych
ul. Westerplatte 9
PL 31-033 Kraków
e-mail: tdzedzic@ies.krakow.pl

PORÓWNANIE PISMA KREŚLONEGO PRAWĄ I LEWĄ RĘKĄ PRZEZ JEDNĄ OSOBĘ

1. Wstęp

Problemy związane z badaniem pisma kreślonego lewą ręką od wielu lat znajdują się w sferze zainteresowania pismoznawców zarówno w Polsce [3, 5, 9, 10, 11], jak i za granicą [1, 2, 7, 8]. Kierunki prowadzonych badań i wyniki, zawarte w powstałych na ich bazie publikacjach, omówione zostały przez autora we wcześniejszym opracowaniu poświęconym tej tematyce [4]. Niniejsza analiza stanowi kontynuację eksperymentu prowadzonego od roku 2007, w toku którego praworęczny wykonawca podjął naukę pisania lewą ręką i w wyniku długotrwałego ćwiczenia osiągnął sprawność motoryczną wystarczającą do swobodnego posługiwania się piśmem leworęcznym. W pierwszej fazie badań prześlędzono i opisano proces kształtowania się cech pisma leworęcznego, wykazując, jak szybko poszczególne jego cechy ewoluują oraz czy i kiedy osiągają stan niepodlegający dalszym zmianom. Celem obecnie realizowanego etapu tego projektu było porównawnie własności pisma sporządzonego prawą i lewą ręką przez tego samego wykonawcę, a tym samym stwierdzenie, w jakich cechach ujawniły się podobieństwa, a w jakich różnice. Wiedza taka może okazać się przydatna w praktyce opiniotawczej w sytuacji, gdy zachodzi podejrzenie maskowania pisma poprzez pisanie ręką nienawykłą w sposób naturalny do pisania. Ze względu na specyfikę prowadzenia badań (wykonawca próbek był jednocześnie osobą je oceniającą), w celu zachowania obiektywizmu, zrezygnowano ze stawiania hipotez badawczych.

2. Materiał i metoda

Przedmiotem badań były wzory pisma i podpisów sporządzone przez praworęcznego 35-letniego mężczyznę. Wykonawca ten w wieku szkolnym nauczył się pisać prawą ręką i przez większość życia posługiwał się wyłącznie piśmem praworęcznym. Następnie, na potrzeby niniejszego eksperymentu, w wieku 31 lat rozpoczął naukę pisania ręką lewą, wykonując w okresie ok. 3 lat dwieście próbek zawierających zapisy tekstowe i podpisy własne, które stanowiły przedmiot pierwszej części badań. Po osiągnięciu w ten sposób stosunkowo wysokiej sprawności motorycznej lewej ręki oraz względnym ustabilizowaniu się cech kreślonego nią pisma, można było przystąpić do realizacji drugiego etapu eksperymentu polegającego na porównaniu własności pisma praworęcznego i leworęcznego. W tym celu wykonawca sporządził kolejne sto próbek pisma, w tym 50 lewą i 50 prawą ręką,

przy czym każda próbka leworęczna posiadała wśród praworęcznych odpowiednik o takiej samej treści wykonany tego samego dnia i tym samym narzędziem pisarskim. Wszystkie wzory zostały nakreślone w okresie od stycznia do maja 2011 r. na nieliniowanych kartkach formatu A4. Każda z próbek złożona była z ciągłego, przypadkowego tekstu liczącego 10–15 wierszy (fragmenty polskiego tłumaczenia książki Juliusza Cezara „O wojnie galijskiej”) oraz z 10–15 dwuczłonowych, pełnobrzmiących podpisów.

Podobnie jak poprzednio, analiza próbek przeprowadzona została przez samego ich wykonawcę, biegłego z zakresu badania pisma ręcznego i dokumentów, przy zastosowaniu metody graficzno-porównawczej. Badaniom poddano zbliżony do poprzedniego zestaw cech, a mianowicie: czytelność, tempo kreślenia, jakość linii graficznej, impuls pisma, siłę nacisku narzędzia pisarskiego na podłoże, sposób cieniowania linii graficznych, wysokość znaków śród-, nad- i podlinijnych, proporcje wysokości znaków z wymienionych trzech sfer pisma, nachylenie osi znaków względem linii bazowych, kształt i tendencję linii bazowych, kształt i szerokość marginesów bocznych, wielkość odstępów między wierszami i wyrazami, szerokość wyrazów, występowanie elementów lustrzanych, kierunek kreślenia owali i elementów poprzecznych oraz ogólną budowę znaków.

Wymienione cechy rękopisów lewo- i praworęcznych poddane zostały analizie pod kątem ich podobieństw bądź różnic. W konsekwencji każdej z własności przypisano jedną z trzech kategorii: podobne, neutralne bądź odmienne. Tego typu ocena obarczona jest pewną dozą subiektywizmu, którą starano się zminimalizować w dwojaki sposób. W odniesieniu do cech mierzalnych i topograficznych przeprowadzono pomiary za pomocą specjalistycznego narzędzia (a na podstawie uzyskanych wyników obliczono m.in. wartości średnie, odchylenie standardowe czy proporcje), zaś tam, gdzie ta metoda obiektywizacji nie mogła znaleźć zastosowania, dokonano szczegółowego uzasadnienia przeprowadzonych obserwacji lub/i zobrazowano je na załączonych rycinach.

Wspomnianym narzędziem pomiarowym był program komputerowy GRAPHLOG, zwalidowany pod kątem powtarzalności, odtwarzalności oraz dokładności uzyskiwanych wyników [6]. Do pomiarów wytypowano dziesięć spośród stu analizowanych rękopisów (po pięć z grupy leworęcznych i praworęcznych), a konkretnie próbki, sporządzone w zbliżonych odstępach czasowych, oznaczono numerami 10, 20, 30, 40 i 50.

3. Wyniki i dyskusja

Zgromadzone do badań rękopisy zarówno prawo-, jak i leworęczne, są w większości czytelne, choć w obu tych grupach występują pod tym względem niewielkie zaburzenia spowodowane m.in. kreśleniem znaków o mocno zredukowanej postaci lub sporadycznym opuszczaniem niektórych z nich. O ile jednak w rękopisach praworęcznych spowodowane to jest bardzo szybkim tempem wykonania, osiągniętym częściowo kosztem mniejszej staranności i upraszczania budowy znaków, to w leworęcznych – mniejszą sprawnością motoryczną skutkującą trudnościami w kreśleniu niektórych znaków, zwłaszcza zawierających elementy skierowane z lewej strony ku prawej. Ponadto w związku z licznymi w obu grupach rękopisów formami powtarzalnymi w znakach śródlinijnych (np. „i”, „m”, „n”, „r”, „u” i „z”), w przypadku występowania ciągów takich liter, są one niekiedy trudne do rozróżnienia, co również ogranicza czytelność rękopisu (rycina 1). Ze względu na zbliżony, niewielki stopień upośledzenia czytelności, oba materiały uznano pod tym względem za podobne.

Tempo wykonania rękopisów leworęcznych określić można jako średnie i dość stabilne, podczas gdy praworęczne kreślone są w sposób bardzo dynamiczny, a często wręcz zamasyzty. Nieco inaczej sytuacja przedstawia się w przypadku podpisów, które nawet w piśmie leworęcznym uległy częściowej automatyzacji i kreślone są bardziej dynamicznie niż zapisy, w dalszym jednak ciągu ustępują pod tym względem rękopisom, a zwłaszcza sygnaturom praworęcznym. Różnica w tempie kreślenia jest na tyle znaczna, że pozwala zakwalifikować tę cechę jako odmienną w zestawionych rękopisach.

Analizowane materiały różnicuje także jakość linii graficznych zapisów tekstowych. W rękopisach sporządzonych prawą ręką znamionuje je wysoka jakość i płynność, zaś owale, łuki i elementy faliste mają tu regularny obrys. Natomiast we wzorach leworęcznych w wymienionych elementach niekiedy obecne są załamania linii, które skutkują ich wielokątnym modelunkiem. Rzadziej nierówności obserwowane są w przebiegu prostych fragmentów linii, takich jak trzony czy elementy podlinijne (rycina 2). Natomiast podpisy w zasadzie wolne są od wspomnianych wyżej zaburzeń, choć nie w pełni dorównują pod tym względem wysoce zautomatyzowanym sygnaturom praworęcznym. W przypadku podpisów jakość linii graficznych zdecydowano zatem zakwalifikować do kategorii neutralnej.

Analizując impuls pisma stwierdzono, że choć w obu rękopisach określić go można jako sylabowo-literowy, to jednak w piśmie praworęcznym mniej jest miejsc oderwania narzędzia pisarskiego od podłoża, a przez to rzadziej występują pojedyncze, niepowiązane z innymi znaki. W celu dokładnego poznania różnicy w częstości odrywania narzędzia pisarskiego od podłoża policzono

wszystkie takie miejsca w obrębie dziesięciu pierwszych wyrazów próbek o numerach 10, 20, 30, 40 i 50. We fragmentach tych, o takiej samej treści, w próbkach praworęcznych odnotowano 135 oderwań, zaś w leworęcznych było ich aż 216, a więc o ok. 60% więcej. Jeszcze bardziej wyrazista jest różnica impulsu w podpisach na wskazanych dziesięciu próbkach. W sygnaturach wykonanych prawą ręką mediana oderwań przypadających na jeden podpis (wliczając w to zakończenia obu członów podpisu) wynosi 2, a w leworęcznych równa jest 6, zaś wartość modalna to odpowiednio 2 i 5 (rycina 3). Przy tak znacznych różnicach zasadne było uznanie impulsu pisma jako cechy odmiennej w obu zestawionych grupach rękopisów.

Zarówno pod względem siły nacisku narzędzia pisarskiego na podłoże, jak i sposobu cieniowania linii graficznych, obie grupy rękopisów różnią się w istotny sposób. We wzorach praworęcznych obserwuje się bowiem wyraźnie mniejszy relief (co świadczy o słabszym nacisku), zaś fragmenty zstępujące i skierowane w prawo są tu znacznie mocniej wysyczone materiałem kryjącym od wstępujących i skierowanych w lewo. Z kolei w rękopisach kreślonych lewą ręką dominuje kierunek cieniowania w dół i w lewo, a ponadto jest ono mniej wyraziste, zaś jego rytmiczność bywa zaburzona np. poprzez mocniejszy nacisk w niektórych liniach wstępujących, a słabszy w zstępujących. Mniej licznie obserwuje się tu także włosowate fragmenty linii (najczęściej obecne w obrębie wiązań znaków i ich elementów), zaś zwężające się fragmenty końcowe są tu zwykle krótsze niż w rękopisach praworęcznych (rycina 4).

Usytuowanie osi znaków w zestawionych grupach rękopisów jest również odmiennie. We wzorach sporządzonych prawą ręką znamionuje je bowiem konsekwentnie prawostronne nachylenie, natomiast w przypadku rękopisów leworęcznych ich usytuowanie jest niejednolite. W zapisach osie znaków położone są tu prostopadłe bądź lekko tylko pochylają się w prawą lub lewą stronę, a bardziej wyraziste lewostronne ich nachylenie występuje jedynie w znakach podlinijnych oraz w podpisach.

Analizując wielkość pisma, zmierzono wysokość wszystkich liter nad-, śród- i podlinijnych w dziesięciu wskazanych na wstępie próbkach. Na podstawie wykonanych pomiarów obliczono średnią wysokość znaków w każdej z trzech stref pisma, w obrębie każdej próbki oraz łącznie dla próbek lewo- i praworęcznych, a także, w sposób analogiczny, wartości względnego odchylenia standardowego (zwanego też współczynnikiem zmienności). W celu oceny zgodności bądź braku zgodności wysokości znaków dla każdej ze stref wykonano test t-Studenta. Założono przy tym, że wysokość znaków w piśmie prawo- i leworęcznym można uznać za podobną przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Wyniki przeprowadzonych obliczeń dla wszystkich zmierzonych próbek zaprezentowano w tabeli I, zaś na rycinie 5 przedstawio-

no graficzne zestawienie średnich wysokości w obrębie każdej próbki z osobna. Prawdopodobieństwo istotności w każdej ze stref pisma kształtuje się poniżej założonego poziomu istotności, co oznacza, że wysokość znaków należy uznać za cechę różnicującą oba materiały, przy czym w piśmie leworęcznym są one wyższe. Okazało się także, że wysokość znaków w piśmie leworęcznym jest bardziej stabilna, o czym świadczą mniejsze wartości względnego odchylenia standardowego, zwłaszcza w strefie nad- i śródlinijnej.

Przedstawione wyniki pomiarów posłużyły również do obliczenia wzajemnych proporcji wysokości znaków z trzech stref pisma. Na podstawie wykonanych obliczeń stwierdzono, iż proporcje te są w obrębie obu grup rękopisów dość stabilne, tzn. pomiędzy poszczególnymi próbkami podlegają tylko nieznacznym wahaniom. Podobieństwa pomiędzy zestawionymi materiałami ujawniły się w proporcjach wysokości znaków podlinijnych do śródlinijnych, których stosunek równy jest w rękopisach praworęcznych 2,61 wobec 2,44 w leworęcznych (mniej o 6,51%) oraz podlinijnych do nadlinijnych, które wynoszą odpowiednio 1,40 i 1,27 (mniej o 9,29%). Z kolei stosunek wysokości znaków nadlinijnych do śródlinijnych to analogicznie 2,06 i 1,75 (mniej o 15,05%), co sytuuje tę cechę w grupie neutralnej.

W toku analizy linii bazowych wierszy stwierdzono, że w rękopisach leworęcznych przeważnie zachowywały one poziomą tendencję, podczas gdy w praworęcznych wyraźnie się wznoszą. W praworęcznych z kolei w większym stopniu udało się wykonawcy zachować prosty kształt linii bazowych wierszy, które w grupie leworęcznych częściej przybierają kształt falisty (rycina 6). Obie te cechy należało zatem zakwalifikować do różnic.

Badając marginesy boczne zwrócono uwagę, że w obu grupach rękopisów mają one zbliżony kształt, bowiem lewy jest w zasadzie prosty, prawy zaś mocno nieregularny. W celu przeprowadzenia analizy szerokości marginesów zmierzono odległości wierszy tekstu od obu bocznych krawędzi kartki. Pomiaru te wykazały, że lewe marginesy we wzorach leworęcznych mają średnio 5,77 mm szerokości (przy odchyleniu standardowym równym 1,10 mm), a w praworęcznych 3,83 mm (przy odchyleniu standardowym wynoszącym 1,36 mm). Prawdopodobieństwo istotności obliczone testem t-Studenta wyniosło tu poniżej 0,001, co pozwala uznać tę cechę jako odmienną w obu materiałach. Z kolei pod względem szerokości prawych marginesów rękopisy prawo- i leworęczne wykazują podobieństwo. Średnia odległość końca wiersza od prawej krawędzi kartki w rękopisach leworęcznych wynosi bowiem 8,44 mm (przy odchyleniu standardowym równym 6,67 mm), a w praworęcznych 8,92 mm (przy odchyleniu standardowym wynoszącym 5,96 mm), zaś test t-Studenta wykazał prawdopodobieństwo istotności równe 0,68.

Wśród analizowanych własności poddanych pomiarom były też odstępki pomiędzy wierszami i wyrazami. Pomiaru wysokości każdej z interlinii dokonano w dwóch miejscach, na początku i na końcu wiersza. Jak wykazały przeprowadzone pomiary, odstępki między wierszami są w obu grupach rękopisów zbliżone i wynoszą średnio we wzorach leworęcznych 9,01 mm (przy odchyleniu standardowym równym 2,00 mm), a w praworęcznych 9,09 mm (przy odchyleniu standardowym równym 2,15 mm). Podobieństwo tej cechy w obu materiałach potwierdza także prawdopodobieństwo istotności obliczone testem t-Studenta równe 0,77. W obu materiałach odmiennie kształtuje się natomiast szerokość odstępów międzywyrazowych, którą zmierzono w 1., 5. i 10. wierszu każdej z wymienionych dziesięciu próbek. Średnia ich wielkość wynosiła we wzorach leworęcznych 4,77 mm (przy odchyleniu standardowym równym 1,30 mm), a praworęcznych 5,48 mm (przy odchyleniu standardowym równym 1,74 mm). Test t-Studenta wykazał prawdopodobieństwo istotności równe 0,001.

Ostatnią z poddanych analizie cech mierzalnych była szerokość wyrazów. W celu jej określenia w wymienionych na wstępie dziesięciu próbkach zmierzono szerokość pierwszych dziesięciu wyrazów tekstu. Uzyskane wyniki wykazały, że średnia szerokość zmierzonych wyrazów wynosiła w rękopisach leworęcznych 20,75 mm (przy odchyleniu standardowym równym 12,03 mm), a w praworęcznych 21,55 mm (przy odchyleniu standardowym równym 11,93 mm). Test t-Studenta wykazał w tym przypadku prawdopodobieństwo istotności równe 0,74, co pozwala uznać szerokość wyrazów jako cechę podobną dla zgromadzonych wzorów prawo- i leworęcznych.

Cechy konstrukcyjne w zestawionych materiałach wykazują specyficzny rozkład podobieństw i różnic. Wynika to z faktu, że poszczególne znaki w obu grupach rękopisów są odwzorowaniem tych samych modeli zakodowanych w pamięci wykonawcy, ale realizacje leworęczne odbiegają od tych wyobrażeń ze względu na niewystarczającą do ich idealnego odtworzenia sprawność motoryczną. Innymi słowy, budowa liter i cyfr w piśmie leworęcznym stanowi swoisty kompromis pomiędzy intencjami a możliwościami piszącego. W konsekwencji podobieństwa konstrukcyjne mają charakter ogólny i mało uchwytne. Trudno tu więc o wskazanie wysoce dystynktywnych zgodności czy sformułowanie uniwersalnych reguł dotyczących ich występowania (por. ryciny 1–4, 6 i 7). Można natomiast pokusić się o opisanie, jakiego rodzaju różnice pojawiły się w budowie znaków porównywanych rękopisów.

W pierwszej kolejności należy zwrócić uwagę na występowanie w piśmie leworęcznym elementów lustrzanych, typowych dla rękopisów kreślonych ręką nienawykłą w sposób naturalny do pisania. Choć nie są one częste, a ich występowanie ogranicza się w zasadzie

do końcowych fragmentów owali, to jednak stanowią one istotną różnicę pomiędzy obu grupami rękopisów. Należy jednak podkreślić, że odmienność ta dotyczy wyłącznie zapisów tekstowych, w podpisach bowiem elementy lustrzane zostały całkowicie wyeliminowane. Kolejną różnicę stanowi kierunek kreślenia elementów poprzecznych w znakach takich, jak majuskuły „A”, „G” czy „T”, minuskuły „f” i „t” oraz cyfry „5” i „7”. We wzorach leworęcznych kreślone są one z prawej strony ku lewej, a w praworęcznych w kierunku przeciwnym. Nie stwierdzono natomiast rozbieżności pod względem kierunku kreślenia owali, bowiem w obu grupach rękopisów są one wykonywane przeciwnie do kierunku ruchu wskazówek zegara.

W toku analizy budowy znaków stwierdzono, że w piśmie leworęcznym wykonawca wyraźnie unikał kreślenia gramm przebiegających z lewej strony ku prawej. Skutkiem tego jest upraszczanie mechanizmu wykonania części znaków, m.in. minuskuły „z”, zwłaszcza gdy nie występuje na początku wyrazu oraz elementu bocznego minuskuły „k” przybierającego postać kątową bądź łukową. Często też niedostatki sprawności motorycznej lewej ręki skutkowały deformacjami konstrukcji znaków objawiającymi się zaburzonym modelunkiem, proporcjami czy wzajemnym usytuowaniem poszczególnych ich elementów bądź też brakiem wiązań pomiędzy elementami znaków. Tego typu zaburzenia w niektórych przypadkach powtarzają się tak często, że można uznać je za cechy nawykowe, jak np. w przypadku majuskuły „G” o elemencie poprzecznym usytuowanym zbyt wysoko czy minuskuły „f”, której przewinięcie pętlcowe jest zbyt duże i przesunięte nadmiernie w prawo (rycina 7). Wymienione czynniki powodują, że pomimo generalnie zbliżonego sposobu konstruowania liter i cyfr, modelunek poszczególnych gramm jest na tyle odmienny, iż nie można tu mówić o podobieństwie. Z tego względu budowę znaków zdecydowano uznać za cechę neutralną.

Korzystając z wyników badań przeprowadzonych w pierwszej fazie niniejszego eksperymentu, prześledzono zgromadzone próbki pod kątem korelacji, jakie mogą zachodzić pomiędzy szybkością ukształtowania się danej cechy pisma leworęcznego a stopniem jej podobieństwa do analogicznej cechy w piśmie praworęcznym. Stwierdzono, że te własności, które w toku nauki pisania lewą ręką nie wykształciły się w pierwszych dziesięciu próbkach, lecz w dalszej kolejności (w tej grupie znalazły się m.in. tempo kreślenia, cieniowanie, impuls czy nachylenie osi znaków), charakteryzują się odmiennością względem odpowiednich cech pisma praworęcznego. Nie oznacza to jednak, że wszystkie własności, które ustabilizowały się wcześniej w przeprowadzonych badaniach, zaliczono do podobieństw. W ich liczbie znajdują się wprawdzie cechy uznane za zbliżone do własności pisma praworęcznego (np. czytelność, wysokość interlinii czy kształt marginesów bocznych), ale także rozbieżności

(np. siła nacisku, jakość linii graficznych w zapisach czy kształt i tendencja linii bazowych) oraz własności uznane za neutralne (jakość linii graficznych podpisów czy budowa znaków). Zaobserwowaną zależność wytłumaczyć można faktem, że zarówno później rozwinięte cechy pisma ręcznego, jak i większość własności różnicujących pismo prawo- i leworęczne wykonawcy analizowanych rękopisów, w większym stopniu od pozostałych zależne są od motorycznej sprawności ręki.

4. Wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań wyodrębniono grupę cech podobnych, neutralnych i odmiennych. Do podobieństw zaliczono: czytelność, proporcje wysokości znaków pod- do śródliniowych i pod- do nadliniowych, kształt lewego oraz szerokość i kształt prawego marginesu, szerokość wyrazów, wysokość interlinii oraz kierunek kreślenia owali. W kategorii neutralnej znalazły się: jakość linii graficznych w podpisach, proporcje wysokości znaków nad- do śródliniowych oraz ogólna budowa znaków. Najliczniejszą kategorię cech stanowią jednak różnice, zaliczono do nich bowiem: tempo kreślenia, jakość linii graficznych w zapisach tekstowych, impuls pisma, siłę nacisku narzędzia pisarskiego na podłoże i sposób cieniowania linii graficznych, usytuowanie osi znaków względem linii bazowych oraz kształt i tendencję tych ostatnich, wysokość znaków, szerokość lewego marginesu i odstępów międzywyrazowych, a także obecność elementów lustrzanych w znakach oraz kierunek kreślenia elementów poprzecznych. Powyższe zestawienie dowodzi, że nawyki pisarskie zakorzenione w sferze psychicznej wykazywały podobieństwa pomiędzy obiema grupami zestawionych rękopisów, natomiast różnice ujawniały się przede wszystkim w obrębie cech wynikających ze stopnia motorycznej sprawności ręki.

Czy zatem w sytuacji, gdy biegłemu zostaną przedstawione do badań rękopisy dowodowe nakreślone jedną ręką oraz wzory porównawcze sporządzone drugą ręką przez tego samego wykonawcę, swobodnie piszącego obiema rękami, zdoła on wykazać, że oba te materiały pochodzą od jednej osoby? W niniejszym eksperymencie stwierdzone cechy wspólne nie są na tyle dystynktywne, aby uzasadnione było wnioskowanie, iż są czymś więcej niż tylko przypadkowymi podobieństwami dwóch rękopisów. Z kolei w innych, podobnych badaniach, w których współuczestniczył autor [5], stwierdzone podobieństwa były bardziej wyraziste, choć zaznaczyć należy, że wykonawcą analizowanych wzorów była tam osoba, która od dzieciństwa posługiwała się piśmem lewo- i praworęcznym, stąd też różnica sprawności motorycznej pomiędzy prawą i lewą ręką była w jej przypadku mniejsza niż w niniejszym eksperymencie. Wydaje się zatem, że możliwość zorientowania się przez eksperta w tego typu

próbie maskowania pisma zależy od konkretnego przypadku. Niewątpliwie czynnikiem pomocnym w tego rodzaju sprawach jest umiejętność rozpoznania, czy przedstawiony do badań rękopis wykonany został prawą czy lewą ręką oraz skompletowanie adekwatnych wzorów porównawczych. Dodatkowo sprzymierzeńcem biegłego jest fakt, iż wyrobienie sprawności motorycznej ręki nie-nawykłej do pisania jest zadaniem czasochłonnym i wymagającym znacznego wysiłku, co zostało potwierdzone w toku niniejszego eksperymentu.

Na zakończenie należy podkreślić, że przedstawione badania mają jedynie charakter studium przypadku. Dopiero eksperyment przeprowadzony na większej grupie osób mógłby stanowić podstawę do formułowania wniosków o charakterze populacyjnym.