



DETERMINATION OF GENDER DIFFERENCES FROM FINGERPRINT RIDGE DENSITY IN TWO NORTHERN INDIAN POPULATIONS

Ramanjit KAUR, Rakesh K. GARG

Department of Forensic Science, Punjabi University, Patiala, India

Abstract

Ridge width influences the number of ridges present in a specified area of a fingerprint – epidermal ridge density – and several researches have been carried out on this aspect of fingerprints. The present study has been carried out to examine ridge density differences in two Northern Indian populations (Sikh Jat and Bania). The authors are not aware of any research on differences in ridge density among the Sikh Jat and Bania populations of Punjab, except anthropological studies. In the present study it has been found that 92% of Sikh Jat females have a mean ridge density above 13, whereas 76% of Sikh Jat males have (a mean ridge density) below 13, while in Bania, 100% of females have mean ridge density above 14 and 80% of males – below 14. The study suggests that there are significant differences in epidermal ridge density between males and females within each of the two populations, and also significant differences between the two populations. This study will provide additional information for the fingerprint examiner in analyzing finger impressions and narrowing down an investigation involving a large number of samples.

Key words

Gender; Ridge density; Northern Indian populations.

Received 11 August 2010; accepted 30 December 2010

1. Introduction

Numerous researches have been carried out on the human population in the field of dermatoglyphics, which is one of the most precise activities within forensic science. There are many features which have been studied in fingerprints (ridge count, ridge orientation etc.) in relation to various factors, but the thickness of a ridge is a feature which has not been studied in detail in relation to various factors of human populations. Gender is one such factor. Ridge width influences the number of ridges present in a specified area of fingerprints, i.e. the epidermal ridge density.

Recently, a few researches have been carried out on this aspect of fingerprints [1, 3, 4, 5, 10]. All of these papers have reported higher epidermal ridge density in

females as compared to males. The present study has been carried out to study such differences in two Northern Indian populations. No work on the difference in ridge density has been reported among the Sikh Jat and Baniyas of Punjab. There are two hypotheses which have been tested empirically in the present study. The first is that there is a difference in the ridge density between males of the two populations and between females of the two populations and the second is that females possess greater ridge density as compared to males. In the present study an attempt has been made to find out the difference in ridge density between the genders as well as between the two populations.

Jat is the peasant caste of northern India. The original home of the Jats was in Central Asia near the country we now call Kazakhstan. During the early part of

the Christian era, most of the Jats were uprooted by the Mongol people from their homeland in Central Asia, after ruling there for over one thousand years. In turn, the Jat split into two groups: one invaded India to the south and the other invaded the Roman Empire in the west. Almost one-third of the Jats of South Asia follow Sikhism. The Jat Sikhs are very hard working agriculturists and own a great mass of land in the state. Their staple food is wheat and pulses, milk, butter and curd. Oil and pure ghee are used for cooking [7, 8].

The Indian Bania caste (derived from the Sanskrit word “vānijya”, meaning “trade”) are generally moneylenders or merchants, found chiefly in northern and western India; strictly speaking, however, many mercantile communities are not Banias, and, conversely, some Banias are not merchants. In the fourfold division of Indian society, the innumerable Bania sub-castes, such as agarwala are classed as members of the Vaishya, or commoner class. In religious affiliation, they are generally vaishnavs (worshippers) of the Hindu god Vishnu or the jainism and tend to be strict vegetarians, teetotalers and orthodox in observing ceremonial purity [6].

2. Materials and methods

The samples for the present study consist of fingerprints from 50 Sikh Jat and 50 Banias (25 males and 25 females in both populations) aged between 18–50 years. The subjects include students and workers of Punjabi university campus, Patiala. The verbal consent of all the subjects was obtained and the objective of the study was explained to them. Before taking fingerprints, the subjects were asked to clean their hands. A plain glass plate of 15 cm × 15 cm was smeared with printer’s black ink with the help of a roller that was used for collection of prints. The subjects were asked to roll their finger from the radial side (thumb) to the ulnar side (little finger) on the smeared plate and then transferred their fingerprints in the same manner onto the specified space on the bond paper. In this manner, fingerprints of all the ten fingers were obtained for each individual.

The methodology is followed as per Acree [1], Figure 1. Epidermal ridges in each fingerprint sample were counted within a 5 mm × 5 mm square drawn on transparent film. This value represents the epidermal ridge density. For fingerprints from the right hand, this square was placed directly onto the upper left of the central core region. Likewise, for fingerprints from the left hand, the square was placed onto the upper right of the central core area. This sampling method is useful in



Fig 1. Illustration of the technique to count dermal ridges.

the case of arches, where the ridge count is zero as per the traditional method of ridge counting. Furthermore, the ridge counts were not analysed in central core regions due to the variability of pattern shapes and recurring ridges, which are sometimes counted more than once in these regions. After calculating the epidermal ridge density of all ten fingers, the mean is calculated for it. This value represents the single data point for that individual. The means of 25 data points were calculated for both the populations. From this, variance values were calculated and these were compared by using the independent t-test for unequal variances. The confidence level was set at 95% (level of significance is 0.05). These calculations were performed using Microsoft office Excel. Inferences were drawn on the basis of analyzing the *t*-values obtained from the test. These values were compared to the tabulated *t*-values for corresponding degrees of freedom. The magnitude of the *t*-value is indicative of the strength (of support) for accepting the hypothesis.

3. Results and discussion

Table I shows the descriptive statistics of dermal ridge densities for male and female Sikh Jat subjects. The ridge density of Sikh Jat males ranged from 10.6 to 14.1 ridges/25 mm and for females from 12.8 to 15.5 ridges/25 mm. From the frequency distribution of epidermal ridge density (Table II), it has been found that 92% of Sikh Jat females have mean ridge density above 13 and 76% of Sikh Jat males have mean ridge density below 13. As is evident from Table III, the un-

equal variance t-test results show that there is a significant difference between the ridge density of males and females of the Sikh Jat population with females having significantly higher ridge density than males. The calculated *t*-value (8.59) is greater than the critical value of 2.02, indicating the results to be significant.

TABLE I. DESCRIPTIVE STATISTICS: RIDGE DENSITY IN MALES AND FEMALES IN THE SIKH JAT POPULATION

Gender	Ridge count/25 mm				
	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Females	25	12.8	15.5	14.14	0.72
Males	25	10.6	14.1	12.05	0.97

TABLE II. FREQUENCY DISTRIBUTION OF MEAN RIDGE DENSITIES IN THE SIKH JAT POPULATION

Mean ridge density	Males	Females
10–11	2 (8%)	–
11–12	15 (60%)	–
12–13	2 (8%)	2 (8%)
13–14	5 (20%)	8 (32%)
14–15	1 (4%)	13 (52%)
15–16	–	2 (8%)
Total	25 (100%)	25 (100%)

TABLE III. RESULTS OF INDEPENDENT *t*-TEST FOR UNEQUAL VARIANCES FOR THE SIKH JAT POPULATION

Statistical parameter	Value
<i>t</i> stat	8.59
<i>P</i> (<i>T</i> <i>t</i>) one-tail	2.95 10 ⁻¹¹
<i>t</i> critical one-tail	1.68
<i>P</i> (<i>T</i> <i>t</i>) two-tail	5.9 10 ⁻¹¹
<i>t</i> critical two-tail	2.02

Table IV shows descriptive statistics of dermal ridge densities for male and female Bania subjects. The ridge density value ranges from 11.4 to 15.6 ridges/25 mm, for males and from 14.1 to 20.5 ridges/25 mm, for females. From the frequency distribution of epidermal ridge density (Table V) it has been found that 100% of females have mean ridge density above

14 and 80% of males have below 14. Similarly (to Jats), for Banias, the unequal variance t-test results (Table VI) show that there is a significant difference between the ridge density of males and females, with females having a significantly higher ridge density than males. The *t*-value comes out to be 7.05, which is greater than critical value of 2.01, thus making the results significant.

TABLE IV. DESCRIPTIVE STATISTICS: RIDGE DENSITY IN MALES AND FEMALES OF THE BANIA POPULATION

Gender	Ridge count/25 mm				
	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Males	25	11.4	15.6	12.99	1.19
Females	25	14.1	20.5	15.61	1.43

TABLE V. FREQUENCY DISTRIBUTION OF MEAN RIDGE DENSITIES IN BANIAS OF PUNJAB

Mean ridge density	Males	Females
10–11	–	–
11–12	6 (24%)	–
12–13	9 (36%)	–
13–14	5 (20%)	–
14–15	4 (16%)	10 (40%)
15–16	1 (4%)	8 (32%)
16–17	–	4 (16%)
17–18	–	2 (8%)
18–19	–	–
19–20	–	–
20–21	–	1 (4%)
Total	25 (100%)	25 (100%)

TABLE VI. RESULTS OF INDEPENDENT *t*-TEST FOR UNEQUAL VARIANCES FOR THE BANIA POPULATION OF PUNJAB

Statistical parameter	Value
<i>t</i> stat	7.05
<i>P</i> (<i>T</i> <i>t</i>) one-tail	3.9 10 ⁻⁹
<i>t</i> critical one-tail	1.67866
<i>P</i> (<i>T</i> <i>t</i>) two-tail	7.8 10 ⁻⁹
<i>t</i> critical two-tail	2.01

This study demonstrates that there is a significant difference in the epidermal ridge density between males and females of both the northern Indian populations taken for the study, with females possessing a higher ridge density as compared to males. The magnitude of difference between the means of Sikh Jat males and females is 2.1 ridges/25 mm and between Bania males and females is 2.6 ridges/25 mm.

This observed trend of a difference between males and females of various populations may be similar. Studies have been carried out in the past on this very aspect of fingerprints. Cummins et al. [2] established that males have coarser epidermal ridges than females. Ohler and Cummins [11] reported that males have a ridge breadth of 0.48 mm, whereas females have 0.43 mm, but none of them have included the furrow breadth. This was taken into consideration by Moore [9] who reported a higher value of ridge to ridge distance in males, and thus a lesser ridge density as compared to females. Thus, the present study supports the observation made by Moore. On the basis of the obtained results it can be concluded that there are differences in epidermal ridge density between women and men and they can be used to determine the gender of the donor. This study can be used as a sorting parameter in cases where there are a large number of fingerprints available in case work analysis.

4. Conclusion

This study provides an aid for the fingerprint examiner in analyzing fingerprint samples as it shows that there is a significant difference in epidermal ridge density between males and females of the two populations. Further research on various other populations is in progress.

Acknowledgements

The author is thankful to each and every individual who has contributed samples for the study. The senior author is thankful to the Punjabi University (UGC) for awarding a fellowship to carry out the research.

References

1. Acree M.A., Is there a gender difference in fingerprint ridge density?, *Forensic Science International* 1999, 102, 35–44.
2. Cummins H., Waits W. J., McQuitty J. T., The breadths of epidermal ridges on the fingertips and palms: A study of variation, *American Journal of Anatomy* 1941, 68, 127–150.
3. Galera V., Romero E., Alonso C. [et al.], Variability of fingerprint ridge density in a sample of Spanish Caucasians and its application to sex determination, *Forensic Science International* 2008, 180, 17–22.
4. Garg R. K., Kaur R., Determination of gender from fingerprints based on the number of ridges in a defined area, *Fingerprint Whorld* 2006, 32, 155–159.
5. Gungadin S., Sex determination from fingerprint ridge density, *Internet Journal of Medical Update* 2007, 2 [http://web.archive.org/web/20080128061359/http://www.geocities.com/agnihotrimed/paper01_jul-dec2007.htm].
6. http://www.britannica.com/EBchecked/topic/51854/Bania.
7. http://www.jatland.com/forums/showthread.php?23279-Jats-in-Central-Asia.
8. http://www.sikhiwiki.org/index.php/Jatt.
9. Moore R. T., Automatic fingerprint identification systems, [in:] *Advances in fingerprint technology*, Lee H.C., Gaensslen R. E. [eds.], CRC Press, Boca Raton 1994.
10. Nayak V. C., Rastogi P., Kanchan T. [et al.], Sex differences from fingerprint ridge density in Chinese and Malaysian populations, *Forensic Science International* 2010, 197, 67–69.
11. Ohler E. A., Cummins H., Sexual differences in breadths of epidermal ridges on the finger tips and palms, *American Journal of Physical Anthropology* 1942, 29, 341–362.

Corresponding author

Dr. Rakesh K. Garg
 Department of Forensic Science
 Punjabi University
 147002 Patiala, India
 e-mail: rkgvpbi@yahoo.co.in

DYMORFIZM PŁCIOWY GĘSTOŚCI LINII PAPILARNYCH NA PRZYKŁADZIE DWÓCH HINDUSKICH POPULACJI

1. Wprowadzenie

Dotychczas prowadzono liczne badania w zakresie daktyloskopii, która jest jedną z lepiej zbadanych dziedzin nauk sądowych. Wieloaspektowej analizie poddawano różne cechy linii papilarnych (np. indeks, ułożenie linii papilarnych itd.) w zależności od różnych czynników. Jednakże grubość linii papilarnych jest cechą, która dotychczas nie była przedmiotem szczegółowych badań w odniesieniu do różnych czynników ludzkich populacji. Płeć jest jednym z takich czynników. Szerokość linii papilarnych wpływa na liczbę linii występującą na określonym obszarze opuszki palca, czyli na gęstość linii papilarnych.

Ostatnio powstało kilka prac dotyczących linii papilarnych, w których przedstawiono badania dotyczące powyższego zagadnienia [1, 3, 4, 5, 10]. Wszyscy autorzy wskazywali na większą gęstość linii papilarnych u kobiet w porównaniu z mężczyznami. W prezentowanej pracy autorzy potwierdzają istnienie takich różnic na przykładzie badań odcisków zebranych od mieszkańców dwóch populacji północnych Indii.

Dotychczas brakowało artykułów poświęconych różnicom w gęstości linii papilarnych pomiędzy przedstawicielami kasty Sikh Jat oraz Bania zamieszkującymi w stanie Pendżabi. Autorzy prezentowanej pracy doświadczalnie sprawdzili prawdziwość dwóch hipotez. Pierwsza z nich dotyczyła istnienia różnic w gęstości linii papilarnych mężczyzn i kobiet w obu populacjach. W drugiej założono, iż kobiety cechuje większa gęstość linii papilarnych w porównaniu z mężczyznami. Podjęto więc próbę sprawdzenia, czy istnieją różnice gęstości linii papilarnych pomiędzy płciami, jak również, czy istnieją różnice pomiędzy badanymi populacjami.

Przedstawiciele chłopskiej kasty Sikh Jat zamieszkujący północne Indie wywodzą się z centralnej części Azji z okolic dzisiejszego Kazachstanu. We wczesnym okresie naszej ery większość członków Jat została wysiedlona z zamieszkiwanych przez nich terenów w centralnej Azji przez Mongołów podczas ich ponadtysiącletniego panowania. W rezultacie Jat podzielili się na dwie grupy. Jedna z nich najechała południe Indii, a druga dokonała inwazji na zachodnią część Cesarstwa Rzymskiego. Prawie jedna trzecia członków Jat z południowej Azji jest wyznawcami sikhizmu. Sikh Jat są ciężko pracującymi rolnikami będącymi właścicielami ogromnych połaci ziemi. Do ich podstawowego pożywienia należą: pszenica i rośliny strączkowe oraz mleko, masło, a także twaróg. Olej oraz ghi (sklarowane masło z mleka bawoła) wykorzystywane są do gotowania [7, 8].

Członkowie indyjskiej kasty Bania (nazwa pochodzi z sanskrytu od słowa „vānija” – „kupiec”) są w większości lichwiarzami lub kupcami osiadłymi głównie w północnych i zachodnich Indiach. Jednak wiele kupieckich społeczności nie należy do Bania i odwrotnie – niektórzy Bania nie są kupcami. W skutek czterech rozłamów społeczności indyjskiej powstały liczne podklasy Bania, takie jak np. Agarwala, która może być zaliczona do Vaishya lub do klasy plebejskiej. Ze względu na religię, Bania są zwykle czcicielami boga Wisnu lub wyznawcami jainizmu. Są wegetarianami, abstynentami i tradycjonalistami w przestrzeganiu ceremoniału czystości [6].

2. Materiały i metody

W badaniach wykorzystano odciski palców pobrane od 50 osób z kasty Sikh Jat oraz 50 z kasty Bania (po 25 mężczyzn i 25 kobiet z każdej z kast) w wieku 18–50 lat. Odciski pobrano zarówno od studentów, jak i pracowników Uniwersytetu Pendżabskiego w Patialii. Wszystkich uczestników zapoznano z celem badań i uzyskano od nich ustną zgodę na udział w nim. Przed przystąpieniem do pobierania odcisków linii papilarnych uczestników poproszono o umycie rąk. Do pobierania śladów wykorzystano szklaną płytkę o wymiarach 15 cm × 15 cm pokrytą tuszem daktyloskopijnym rozproszonym na jej powierzchni za pomocą specjalnego wałka. Probandci przetaczali swoje palce począwszy od strony radialnej (kciukowej) na stronę ulnarą (łokciową) po zaczernionej powierzchni płytki, a następnie w ten sam sposób przenosili swoje odciski na wyznaczone miejsca na papierze. W ten sposób od każdego badanego zebrano ślady linii papilarnych wszystkich 10 opuszek.

Gęstości linii papilarnych wyznaczano zgodnie z metodologią zaproponowaną przez Acree (rycina 1 za: [1]). Linie papilarne z każdego odwzorowania zliczano w obrębie kwadratu o wymiarze 5 mm × 5 mm, który narysowano na osobnej przezroczystej folii. Liczba linii papilarnych w obrębie tego kwadratu odpowiadała zbr. gęstości linii papilarnych. Dla odcisków palców zebranych z prawej ręki kwadrat umieszczano w lewej górnej części odwzorowania w pobliżu centrum wzoru; analogicznie, dla śladów zebranych z lewej dłoni kwadrat umieszczano w prawej górnej części odwzorowania w pobliżu centrum wzoru. Zaletą opisaną metody próbkowania była możliwość wykorzystania jej w przypadku wzorów łukowych, dla których tradycyjnie wyznaczony indeks wynosi zero. Ponadto linie papilarne z centralnej części wzoru nie były brane pod uwagę z powodu dużej zmien-

ności kształtów wzorów oraz zakrzywiających się linii, które czasami są zliczane więcej niż jeden raz w tym rejonie wzoru.

Po obliczeniu gęstości linii papilarnych dla każdego z dziesięciu palców donora wyznaczano jej średnią wartość. Tak wyznaczona średnia charakteryzowała każdą badaną osobę i stanowiła jeden wynik pomiarowy. Dla każdej z populacji obliczono z 25 wyników średnią i wariancję. Wyniki uzyskane dla obu populacji porównywano, wykorzystując test t-Studenta przyjmując, że wariancje w porównywanych populacjach nie są równe. Obliczenia prowadzono przy założeniu 95% poziomu istotności ($\alpha = 0,05$). Obliczenia wykonywano przy użyciu programu Microsoft Excel. Wnioskowanie prowadzono na podstawie analizy otrzymanych wartości współczynnika t , który porównano z tablicowymi wartościami współczynnika t odpowiadającymi określonym stopniom swobody, przy czym im wyższa wartość współczynnika t , tym mocniejsze wsparcie dla rozważanej hipotezy zerowej.

3. Dyskusja wyników

W tabeli I przedstawiono statystykę opisową gęstości linii papilarnych obliczonych dla kobiet i mężczyzn z kasty Sikh Jat. Ustalono, że gęstość linii papilarnych u mężczyzn mieści się w zakresie 10,6–14,1 linii/25 mm, natomiast dla kobiet przyjmuje wartości 12,8–15,5 linii/25 mm. Ponadto na podstawie analizy rozkładu częstości występowania gęstości linii papilarnych w badanej grupie (tabela II) stwierdzono, że średnia gęstość linii papilarnych 92% kobiet z kasty Sikh Jat kształtuje się na poziomie powyżej 13, natomiast u 76% mężczyzn tej kasty wynosi poniżej 13. Jak wynika z tabeli III, zróżnicowanie wariancji wyników w teście t-Studenta pokazuje istnienie znaczących różnic pomiędzy gęstością linii papilarnych u kobiet i mężczyzn Sikh Jat, przy czym kobiety cechują się znacząco większą gęstością linii papilarnych w stosunku do mężczyzn. Obliczona wartość współczynnika t (8,59) jest wyższa niż wartość krytyczna, która wynosi 2,02, co świadczy o tym, że uzyskane różnice są statystycznie istotne.

W tabeli IV zamieszczono wyniki statystyki opisowej gęstości linii papilarnych obliczonych dla kobiet i mężczyzn z kasty Bania. Ustalono, że gęstość linii papilarnych u mężczyzn mieści się w przedziale 11,4–15,6 linii/25 mm, natomiast u kobiet przyjmuje wartości 14,1–20,5 linii/25 mm. Biorąc pod uwagę częstość występowania konkretnych wartości gęstości linii papilarnych w badanej populacji (tabela V), ustalono, że średnia gęstość linii papilarnych u wszystkich badanych kobiet wynosi powyżej 14, natomiast średnia gęstość linii papilarnych u 80% mężczyzn wynosi poniżej 14. Również dla osób z kasty Bania zróżnicowanie wariancji wyników testu t-Studenta (ta-

bela VI) pokazuje istnienie znaczących różnic pomiędzy gęstościami linii papilarnych kobiet i mężczyzn, przy czym kobiety cechują się większą gęstością linii papilarnych niż mężczyźni. Współczynnik t przyjmuje wartość 7,05, która jest większa niż wartość krytyczna 2,01, a więc uzyskane wyniki są statystycznie istotne.

Prezentowane rezultaty badań wskazują na istnienie istotnych różnic w gęstości linii papilarnych między płciami w obu badanych populacjach zamieszkujących północną część Indii, przy czym w obu populacjach kobiety cechują się większą gęstością linii papilarnych niż mężczyźni. Wielkość różnic pomiędzy średnimi wartościami gęstości linii papilarnych mężczyzn i kobiet z kasty Sikh Jat wynosi 2,1 linii/25 mm, natomiast pomiędzy mężczyznami a kobietami z kasty Bania 2,6 linii/25 mm.

Zaobserwowany trend ukazujący zróżnicowanie gęstości linii papilarnych pomiędzy mężczyznami a kobietami w różnych populacjach może być podobny. W przeszłości kilku autorów przeprowadziło podobne badania. Cummins i inni [2] stwierdzili, że mężczyźni cechują się bardziej wyrazistymi liniami papilarnymi niż kobiety. Ohler i Cummins [11] ustalili, że szerokość linii papilarnych mężczyzn wynosi 0,48 mm, podczas gdy u kobiet szerokość ta przyjmuje wartość 0,43 mm. Jednakże żaden z autorów nie wziął pod uwagę szerokości bruzd. Szerokość bruzd została uwzględniona w badaniach Moore'a [9], który wykazał, że u mężczyzn odległość między dwiema sąsiednimi liniami papilarnymi jest większa niż u kobiet, stąd u mężczyzn obserwuje się mniejsze zagęszczenie linii. Prezentowane tu badania wspierają zatem obserwacje poczynione przez Moore'a. Na podstawie otrzymanych wyników można wnioskować, że istnieją różnice w gęstości linii papilarnych między kobietami a mężczyznami i mogą one zostać wykorzystane do określania płci donora śladu. Wnioski płynące z niniejszej pracy winny posłużyć jako czynnik różnicujący w przypadku konieczności przeprowadzenia analizy daktyloskopijnej dużej liczby odcisków palców.

4. Podsumowanie

Prezentowane badania mogą być pomocne ekspertom z dziedziny daktyloskopii w analizie odcisków palców, gdyż jak zaprezentowano, istnieją znaczące różnice w gęstości linii papilarnych między mężczyznami i kobietami w dwóch przebadanych populacjach. Dalsze badania kolejnych populacji są realizowane.

Podziękowania

Autorzy dziękują wszystkim uczestnikom, którzy wzięli udział w badaniu oraz Uniwersytetowi Pendzabskiemu (UGCI) za przyznanie stypendium naukowo-badawczego, dzięki któremu możliwe było przeprowadzenie badań.