



ภาพรวมการพัฒนาวิธีในการตรวจหาลายนิ้วมือในทางนิติวิทยาศาสตร์ An Overview of the Development in Forensic Fingerprint Detection

สุนทรต์ ชูลักษณ์*

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Sunthorn Chooluck*

Faculty of Science, Burapha University

Received: June 12, 2024 | Revised: January 9, 2025 | Accepted: January 10, 2025

บทความวิชาการ (Academic Article)

บทคัดย่อ

การตรวจหาลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุยังคงเป็นวิธีหลักเพื่อใช้ระบุตัวบุคคลในการสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยลายเส้นที่ปรากฏบนปลายนิ้วมือจัดเป็นเอกลักษณ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล ในปัจจุบันการตรวจหาลายนิ้วมือนั้นมักใช้วิธีที่อาศัยสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนโดยใช้สารประกอบเพอร์ฟลูออโรอัลคิลและโพลีฟลูออโรอัลคิลเป็นตัวทำละลาย โดยที่สารเคมีเหล่านี้มักถูกพ่นลงบนวัสดุที่ใช้ตรวจสอบเพื่อให้รอยนิ้วมือปรากฏขึ้น อย่างไรก็ตามสารเคมีในกลุ่มนี้มีความเป็นพิษสูงสามารถทำอันตรายต่อเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานได้ จึงเริ่มมีการพัฒนาวิธีในการตรวจหาลายนิ้วมือที่หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีอันตราย มีประสิทธิภาพที่ดีในการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมาใช้งานมากขึ้น บทความปริทัศน์นี้จะกล่าวถึงประวัติการใช้ลายนิ้วมือในงานทางนิติวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบทางเคมีและกายวิภาคของลายนิ้วมือ การใช้เทคนิคการตรวจหาลายนิ้วมือด้วยไอระเหยของสารไซยาโนอะคริเลต รวมถึงเทคนิคที่ใช้สารนินไฮดรินและไอโอดีนเป็นตัวตรวจสอบ นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงการพัฒนาเทคนิคใหม่ในการตรวจหาลายนิ้วมือที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีความปลอดภัยสูงสำหรับผู้ปฏิบัติงานโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายและยังได้กล่าวถึงทิศทางของงานวิจัยในอนาคตเพื่อปรับปรุงและพัฒนาวิธีการตรวจหาลายนิ้วมือให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: นิติวิทยาศาสตร์, ลายนิ้วมือ, กรดอะมิโน, การตรวจหาลายนิ้วมือ

Abstract

Fingerprint detection remains an indispensable tool in forensic investigations, enabling the identification of individuals from their fingerprints left at crime scenes. The distinctive ridge patterns on fingertips serve as unique identifiers for individuals. Traditionally, fingerprint detection has relied on chemical methods that utilize reagents to react with amino acids

* Email: sunthornc@buu.ac.th

present in fingerprint residues. These chemicals dissolved in perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl are often applied to the examined surface to develop the fingerprint. However, these chemicals pose significant health hazards to investigators due to their inherent toxicity. As a result, there has been a growing impetus to develop fingerprint detection methods that eliminate the use of hazardous chemicals, exhibit high forensic sensitivity, and are environmentally friendly. This review article comprehensively explores the history of fingerprint use in forensic science, the chemical and physical composition of fingerprints, the use of cyanoacrylate fuming for fingerprint detection as well as classical techniques that using ninhydrin and iodine as reagents. The development of new environmentally friendly and safe fingerprint detection techniques using water as a solvent, and future research directions to improve and develop more effective fingerprint detection methods will also be discussed.

Keywords: Forensic Science, Fingerprint, Amino Acid, Fingerprint Detection

บทนำ

หลักฐานลายนิ้วมือ (Fingerprint) มีบทบาทที่สำคัญมากสำหรับกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ เนื่องจากหลักฐานในสถานที่เกิดเหตุสามารถเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นและนำไปสู่การระบุตัวตนของผู้กระทำผิดรวมถึงสามารถพิสูจน์ความบริสุทธิ์ของผู้ถูกกล่าวหา ซึ่งพยานหลักฐานเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการสืบสวนสอบสวนและสามารถนำมาใช้เป็นพยานหลักฐานในการพิจารณาตัดสินความในชั้นศาลได้ โดยเส้นนูนหรือสันลายนิ้วมือ (Friction ridge) เป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลและไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงอายุ เปรียบเสมือนลายเซ็นทางธรรมชาติที่ไม่มีใครเหมือนทำให้การพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลจากลายนิ้วมือเป็นเทคนิคที่เจ้าหน้าที่พิสูจน์หลักฐานนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย มีความน่าเชื่อถือในระดับสากลรวมถึงลายนิ้วมือยังเป็นร่องรอยที่มีการตรวจพบมากในสถานที่เกิดเหตุ

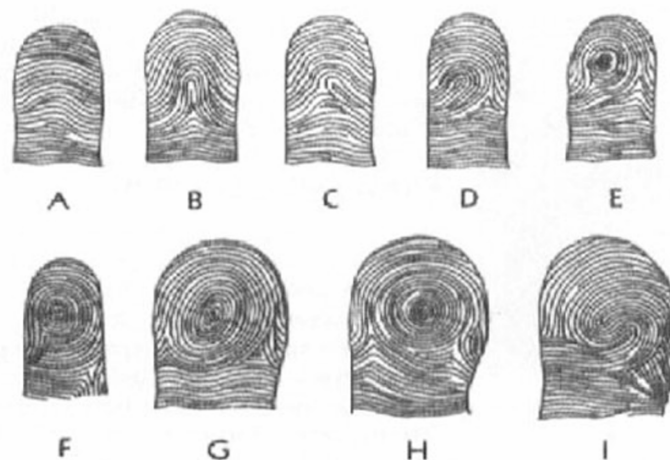
การตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือมีการพัฒนาทั้งวิธีการตรวจและมีการนำเทคโนโลยีรวมทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆเข้ามามีส่วนร่วมในการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุหรือลายนิ้วมือที่ได้จากหลักฐานที่พนักงานสอบสวนนำส่งซึ่งเป็นเบาะแสสำคัญที่ทำให้สามารถติดตามผู้ต้องสงสัยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุจึงเป็นวัตถุพยานที่สำคัญมากในการสืบสวนคดีอาชญากรรม ลักษณะของลายนิ้วมือที่พบในสถานที่เกิดเหตุมี 2 ประเภท คือ ลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible fingerprint) และลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นหรือมองเห็นได้ยากหรือลายนิ้วมือแฝง (Latent fingerprint) หลักฐานที่พบในที่เกิดเหตุเหล่านั้นมักจะเป็นลายนิ้วมือแฝง จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคที่เหมาะสมในการเก็บหลักฐานเพื่อให้ได้ลายนิ้วมือที่มีลายเส้นนูนชัดเจนเพียงพอต่อการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคล มิเช่นนั้นอาจจะทำให้ลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุมีความไม่ชัดเจนส่งผลให้สูญเสียหลักฐานที่มีคุณภาพไปได้ (Chen et al., 2021) โดยความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในยุคที่ผ่านมาทำให้การพิสูจน์หลักฐานลายนิ้วมือและการระบุตัวบุคคลมีความชัดเจน รวดเร็วและถูกต้องมากขึ้น

ในบทความปริทัศน์นี้จะกล่าวถึงประวัติการใช้ลายนิ้วมือในทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ทราบถึงความเป็นมาของการนำลายนิ้วมือมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการยุติธรรมในการตรวจพิสูจน์บุคคลและจะกล่าวถึงกายวิภาคของเส้นลายนิ้วมือ จุดเอกลักษณ์หรือจุดลักษณะสำคัญ (Minutiae) บนลายนิ้วมือที่นำมาใช้ในการระบุตัวบุคคลรวมถึงลำดับของการพัฒนาเทคนิคที่ใช้ตรวจสอบลายนิ้วมือบนวัตถุพยานต่างๆจากอดีตจนถึงปัจจุบัน นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงแนวทางที่จะนำมาใช้พัฒนาการตรวจลายนิ้วมือให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต

ประวัติการใช้ลายนิ้วมือในทางนิติวิทยาศาสตร์

มีหลักฐานการค้นพบเครื่องปั้นดินเผาอายุประมาณ 6,000 ปี ที่แหล่งโบราณคดีทางตะวันตกเฉียงเหนือของจีนที่ปรากฏร่องรอยลายเส้นนูน (Friction ridge impressions) บนลายนิ้วมือที่เห็นได้ชัดเจน ลายพิมพ์เหล่านี้ถือเป็นร่องรอยลายนิ้วมือที่เก่าแก่ที่สุดเท่าที่เคยพบมา แต่ยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าร่องรอยเหล่านี้เกิดขึ้นโดยบังเอิญในระหว่างการทำเครื่องปั้นดินเผาหรือเป็นการจงใจเพื่อใช้สร้างลวดลายประดับหรือสัญลักษณ์บนภาชนะดังกล่าว (Holder et al., 2011) ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 617–907 ในสมัยราชวงศ์ถัง (Tang Dynasty) มีหลักฐานการใช้ลายนิ้วมือเพื่อระบุตัวคนบนสัญญาซื้อขายที่ดิน พันิชกรรม บัญชีรายชื่อทหารและการค้าขายในทวีปเอเชีย โดยสันนิษฐานว่าชาติที่เป็นคู่ค้าเหล่านั้นอาจนำแนวทางปฏิบัตินี้ไปใช้ด้วย

ในปี ค.ศ. 1823 Johannes Evangelist Purkinje ศาสตราจารย์ประจำมหาวิทยาลัยเบรสเลา (Breslau) ประเทศเยอรมนี ได้ตีพิมพ์วิทยานิพนธ์ทางการแพทย์ที่มีชื่อเสียงที่สุดงานหนึ่ง โดยในวิทยานิพนธ์นี้ได้อธิบายถึงการจำแนกรูปแบบของเส้นลายนิ้วมือออกเป็น 9 แบบ (ภาพที่ 1) ดังนี้คือ (A) เส้นโค้งตามขวาง (Transverse curve), (B) เส้นตามยาวตรงกลาง (Central longitudinal stria), (C) ลายเฉียง (Oblique stripe), (D) วงวนเฉียง (Oblique loop), (E) วงก้นหอยรูปร่างคล้ายผลอัลมอนด์ (Almond whorl), (F) วงก้นหอย (Spiral whorl), (G) วงรี (Ellipse), (H) วงกลม (Circle) และ (I) วงก้นหอยคู่ (Double whorl) และถึงแม้ว่าเขาจะไม่ได้ทำการศึกษาต่อยอดจากงานวิจัยนี้แต่ผลงานระบบการจำแนกประเภทลายนิ้วมือของเขาก็จัดเป็นรากฐานเบื้องต้นให้กับระบบการจำแนกประเภทลายนิ้วมือที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน (Holder et al., 2011)



ภาพที่ 1 การจำแนกรูปแบบของเส้นลายนิ้วมือโดย J.E. Purkinje (Barnes, 2011)

Henry Faulds แพทย์ชาวสก๊อตแลนด์ได้เปิดโรงพยาบาลในเมืองสึกิจิ (Tsukiji) ประเทศญี่ปุ่นในช่วงปี ค.ศ. 1873 ถึง 1885 ในช่วงเวลานั้น Faulds ได้เริ่มให้ความสนใจเส้นลายนิ้วมือหลังจากเห็นลวดลายบนภาชนะดินเผาที่พบบนชายหาดในญี่ปุ่น จึงได้ทำการวิจัยโดยการเก็บลายนิ้วมือของทั้งลิงและคนมาทำการวิเคราะห์เส้นลายนิ้วมือ ผลงานวิจัยนี้ถือเป็นการบุกเบิกแนวทางสำคัญในด้านลายนิ้วมือ Faulds ได้เสนอแนวคิดที่ว่าลายเส้นเหล่านี้มีลักษณะเฉพาะตัว ไม่เหมือนกันในแต่ละบุคคล (Unique) และคงอยู่ตลอดชีวิต (Persistence) เป็นการจุดประกายให้เกิดความสนใจในแวดวงวิชาการและนำไปสู่การพัฒนาเทคนิคการลายพิมพ์นิ้วมือที่แพร่หลายในปัจจุบัน (Holder et al., 2011)

Sir Francis Galton ได้ทำการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของร่างกายมนุษย์และค้นหาความเชื่อมโยงระหว่างลักษณะทางกายภาพกับนิสัยใจคอของบุคคลนั้น โดยทำการวัดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัคร 17 จุด แล้วหาความเชื่อมโยงของชุดข้อมูลที่ได้ ทำให้ Galton ได้ค้นพบหลักการทางสถิติที่สำคัญคือความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลายแขนกับความสูง ซึ่งถือเป็นตัวอย่างแรกของสิ่งที่นักสถิติเรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) จากนั้นเขาเริ่มบันทึกลายนิ้วมือ โดยทำการพิมพ์ลายนิ้วทั้ง 10 นิ้ว ควบคู่ไปกับการวัดสัดส่วนร่างกายจากอาสาสมัครกว่า 8,000 คน จากข้อมูลที่ได้ทำให้เขาสามารถบรรยายลักษณะของเส้นลายนิ้วมือและจุดเอกลักษณ์ (Minutiae) เช่น จุดจบของเส้นและจุดแยกของเส้น ซึ่งโดยทั่วไปลายพิมพ์นิ้วมือจะมีจุดเอกลักษณ์ประมาณ 50 จุด Galton ได้ตีพิมพ์หนังสือเล่มแรกเกี่ยวกับลายนิ้วมือ ชื่อ Finger Prints ในปี ค.ศ. 1892 บรรยายลักษณะเฉพาะของลายนิ้วมือที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลและรูปแบบของลายนิ้วมือซึ่งมีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับรูปลักษณ์ภายนอกหรือลักษณะนิสัยของบุคคล ผลงานของ Galton ถือเป็นรากฐานสำคัญของการตรวจลายนิ้วมือในการพิสูจน์และยืนยันตัวตนในปัจจุบัน Galton จึงได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาแห่งลายนิ้วมือ (Chooluck & Jankangram, 2017)

ข้อมูลของ Galton ได้เป็นแนวทางให้ Sir Edward Richard Henry ชาวอังกฤษผู้ปฏิบัติราชการในประเทศอินเดียในขณะนั้นได้นำไปใช้ระบุตัวอาชญากรนอกเหนือจากการใช้ Bertillonage system นอกจากนี้ Henry ได้ปรับปรุงระบบจำแนกลายนิ้วมือของ Galton ขึ้นใหม่ในปี ค.ศ. 1896 โดยใช้ชื่อว่าระบบการระบุลายนิ้วมือของกาลตันและเฮนรี (Galton-Henry fingerprint identification system) และได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันนั้นเอง Juan Vucetich ชาวอาร์เจนตินาเชื้อสายโครเอเชียซึ่งเป็นหัวหน้าสำนักงานระบุตัวตนทางมานุษยวิทยา (Bureau of Anthropometric Identification) ได้ศึกษาผลงานวิจัยของ Galton และได้คิดค้นระบบการบันทึกลายนิ้วมือเพื่อเก็บข้อมูลอาชญากรในปี ค.ศ. 1891 เรียกว่า Vucetich's classification system ซึ่งระบบนี้ถือเป็นการนำการตรวจลายนิ้วมือมาใช้ในทางกฎหมายเป็นครั้งแรกส่งผลให้ประเทศอื่นๆ เริ่มหันมาสนใจใช้ระบบลายนิ้วมือเพื่อระบุตัวตนนักโทษเช่นเดียวกัน และประเทศอาร์เจนตินาถือเป็นชาติแรกที่ใช้ลายนิ้วมือเป็นหลักฐานในการสอบสวนคดีอาชญากรรม (Barnes, 2011)

การนำลายนิ้วมือมาใช้ในการพิสูจน์ตัวตนในประเทศไทยมีรากฐานมาอย่างยาวนาน โดยมีจุดเริ่มต้นที่สำคัญในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 เมื่อสมเด็จพระพี่นางเธอกรมหลวงราชบุรีดิเรกฤทธิ์ ทรงเล็งเห็นความสำคัญของ



ลายนิ้วมือในการระบุตัวบุคคล จึงได้ทรงริเริ่มก่อตั้ง "กองพิมพ์ลายนิ้วมือ" ขึ้นในปี พ.ศ. 2444 เพื่อใช้ในการระบุตัวผู้กระทำผิดซ้ำ ซึ่งถือเป็นก้าวสำคัญในการนำลายนิ้วมือเข้ามาใช้ในระบอบยุติธรรมของไทย จากจุดเริ่มต้นดังกล่าว การใช้ลายนิ้วมือในประเทศไทยได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมีการจัดตั้งหน่วยงานที่รับผิดชอบในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ลายนิ้วมือ และมีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการทำงาน เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถเปรียบเทียบลายนิ้วมือได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ทำให้การระบุตัวบุคคลมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ปัจจุบัน ลายนิ้วมือได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการบังคับใช้กฎหมาย การพิสูจน์หลักฐานในคดีอาญา และยังถูกนำไปใช้ในด้านอื่นๆ อีกมากมาย เช่น การควบคุมการเข้าออกสถานที่สำคัญ การทำธุรกรรมทางการเงิน และการขอวีซ่า ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของลายนิ้วมือในฐานะเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย (Bunteng, 2022)

องค์ประกอบของลายนิ้วมือ (Fingerprint Composition)

1. กายวิภาคของลายเส้นบนผิวหนัง (Maceo, 2009)

ผิวหนังประกอบด้วยชั้นทางกายวิภาค 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นหนังกำพร้า (Epidermis) ชั้นหนังแท้ (Dermis) และชั้นใต้ผิวหนัง (Hypodermis) ทำหน้าที่ร่วมกันเพื่อปกป้องร่างกาย ควบคุมอุณหภูมิร่างกาย รับความรู้สึก ขับของเสียและเสริมสร้างภูมิคุ้มกันเป็นต้น

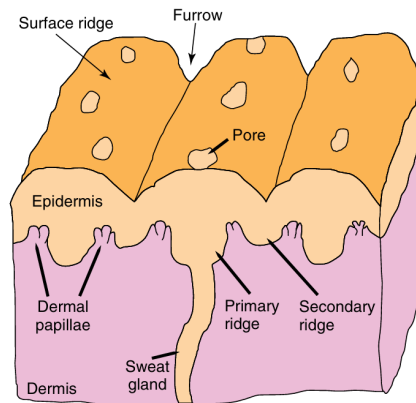
ชั้นหนังกำพร้า (Epidermis) เป็นชั้นนอกสุดของผิวหนัง ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเอพิเธลิอัมหลายชั้น (Stratified squamous epithelium) มีหน้าที่ป้องกันการสูญเสียน้ำ ควบคุมการรับความรู้สึก และเป็นเกราะป้องกันให้กับชั้นผิวหนังใน เซลล์ของหนังกำพร้ามีการผลิตเซลล์อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ชั้นหนังกำพร้าสามารถสร้างใหม่ได้อย่างรวดเร็ว

ชั้นหนังแท้ (Dermis) เป็นชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) ทำหน้าที่รองรับและหล่อเลี้ยงชั้นหนังกำพร้า ประกอบด้วยคอลลาเจน อิลาสตินและไฟโบรบลาสต์ บริเวณเส้นขนหรือสันลายนิ้วมือ (Ridge) และร่องลายนิ้วมือ (Furrow) ที่ปรากฏบนหนังกำพร้าจะสัมพันธ์กับบริเวณที่ชั้นหนังแท้ยกตัวขึ้นเป็นปุ่มหนังแท้ (Dermal papillae) โดยปุ่มหนังแท้ทำหน้าที่เหมือนกับตัวล็อก ยึดตรึงชั้นหนังกำพร้ากับชั้นหนังแท้ไว้ด้วยกันอย่างแน่นหนา

ชั้นใต้ผิวหนัง (Hypodermis) อยู่ใต้ชั้นหนังแท้ เป็นชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีชั้นของเซลล์ไขมัน ทำหน้าที่ปรับรูปทรงของร่างกายและเป็นแหล่งกักเก็บพลังงาน มีเส้นใยทำหน้าที่เชื่อมต่อชั้นหนังกำพร้ากับชั้นหนังแท้และชั้นหนังแท้กับชั้นใต้ผิวหนัง

ลายนิ้วมือจะเกิดจากการเรียงตัวของเส้นนูนปฐมภูมิ (Primary ridges) และเส้นนูนทุติยภูมิ (Secondary ridges) บนชั้นหนังกำพร้า ขนาดและรูปร่างของเส้นนูนปฐมภูมิและเส้นนูนทุติยภูมิ รวมไปถึงลักษณะของ Dermal papillae จะส่งผลต่อความแตกต่างทำให้เกิดเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลของลายนิ้วมือต่อมเหงื่อ (Sweat glands) ชนิด Eccrine เป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบสำคัญของผิวหนังลายนิ้วมือและเป็นต่อมเหงื่อชนิดเดียวที่พบในผิวหนังลายนิ้วมือ (ภาพที่ 2) โดยท่อของต่อมเหงื่อจะอยู่ภายในเส้นนูนปฐมภูมิ ทำหน้าที่ในการขับเหงื่อออกมาทางรูเหงื่อ (Sweat pores) ช่วยในการควบคุมอุณหภูมิร่างกายและช่วยในการขับ

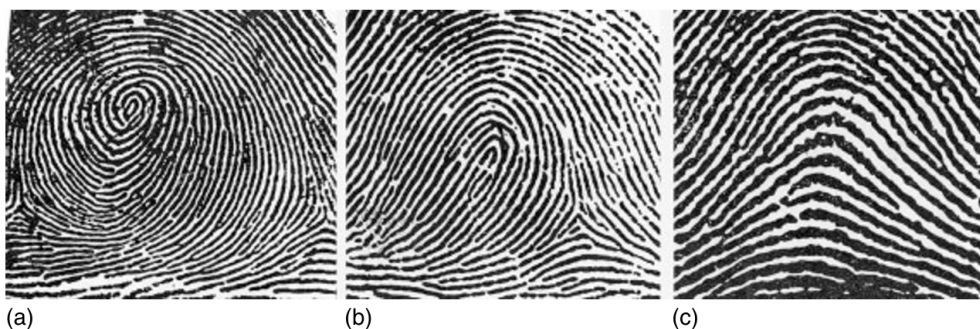
ของเสียที่เกิดจากการเผาผลาญสารอาหารในร่างกายเช่นยูเรีย ลักษณะเส้นนูนหรือร่องบนผิวหนังจะพบได้ทั้งบนฝ่ามือและฝ่าเท้าของคนและสิ่งมีชีวิตในกลุ่ม Primates โดยการที่ผิวหนังมีเส้นนูนขึ้นเพื่อเพิ่มแรงเสียดทานซึ่งช่วยทั้งในการจับและการเดิน ผิวหนังลายนิ้วมือไม่มีต่อมไขมัน (Sebaceous glands) หรือรูขุมขน (Hair follicles) นอกจากสันนูน (Ridge) แล้วยังมีรอยย่น (Crease) บนผิวหนังลายนิ้วมือรวมไปถึงร่องระหว่างสันนูนซึ่งจะช่วยให้ผิวหนังมีความยืดหยุ่น (Holder et al., 2011)



ภาพที่ 2 องค์ประกอบของเส้นลายนิ้วมือบนผิวหนัง (Maceo, 2009)

การเกิดรูปแบบของลายนิ้วมือ

การก่อตัวของเส้นลายนิ้วมือนั้นเริ่มต้นตั้งแต่ระหว่างการพัฒนาของทารกในครรภ์ โดยเส้นนูนบริเวณมือจะเริ่มก่อตัวในช่วงสัปดาห์ที่ 10-12 ของการตั้งครรภ์ กลไกการก่อตัวนั้นยังไม่มีที่ทราบแน่ชัด หลังจากสัปดาห์ที่ 12 เส้นนูนบนผิวหนังบริเวณเท้าจะเริ่มก่อตัวตามมา แรงกดดันของการเจริญเติบโต (Growth stresses) ที่ผิวหนังกำพร้าชั้นนอกหรือ Volar surface บริเวณมือและเท้าในช่วงเวลานี้จะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของลายนิ้วมือลักษณะต่างๆของเส้นนูนบนผิวหนัง และมีปัจจัยแวดล้อมอื่นเกี่ยวข้องด้วย หากเส้นนูนที่กำลังก่อตัวไปเจอกับ Volar pad หรือแผ่นรองรับด้านล่างในชั้นผิวที่มีลักษณะเป็นเนินบนพื้นผิวของฝ่ามือหรือฝ่าเท้า แนวของเส้นนูนจะเปลี่ยนไปตาม Growth stresses ที่เกิดจาก Volar pad ส่งผลในการเกิดรูปแบบลายนิ้วมือ (Friction Ridge pattern) ทำให้เกิดรูปแบบต่างๆของลายนิ้วมือขึ้น (Holder et al., 2011)



ภาพที่ 3 รูปแบบลายนิ้วมือหลักทั้งสามประเภท a) ก้นหอย b) มัดหยาวย และ c) โค้ง (Langenburg & Hall, 2013)

บนพื้นผิวของปลายนิ้วมือและนิ้วเท้าจะเห็นเส้นนูนมีความชัดเจน เนื่องจาก Volar pads ที่บริเวณดังกล่าวมีความนูนเด่นอย่างเห็นได้ชัด รูปแบบหลัก 3 ประเภทที่ปรากฏบนปลายนิ้วมือ ได้แก่ ลายก้นหอย (Whorls), ลายมัดหยาวย (Loops) และ ลายโค้ง (Arches) (ภาพที่ 3) ลวดลายเหล่านี้เปรียบเสมือนเอกลักษณ์ของบุคคลและเป็นลักษณะเฉพาะที่บ่งบอกถึงขนาดและรูปร่างของ Volar pads ในช่วงเวลาที่เกิดเส้น

ลายนิ้วมือ โดยที่ลายกันหอยมักปรากฏบน Volar pads ที่มีลักษณะเป็นเนินสูงและกลมมาก ส่วนลายมัดหวาย มักพบได้บน Volar pads ที่ไม่สมดุลมีสันนูนที่เอียงไปทางใดด้านหนึ่งส่งผลให้ลายเส้นโค้งเป็นรูปคล้ายห่วง ในขณะที่ลายโค้งมักพบบน Volar pads ที่มีลักษณะเนินต่ำมากส่งผลให้ลายเส้นเป็นเส้นโค้งหรือคลื่นยาว ๆ

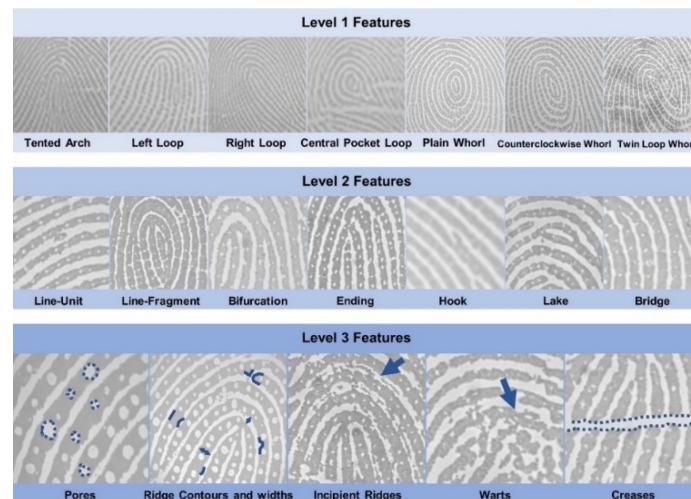
2. คุณสมบัติของเส้นลายนิ้วมือ (Chen et al., 2022)

ลายนิ้วมือถูกนำไปใช้เป็นหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญและน่าเชื่อถือมากที่สุดประเภทหนึ่งในการระบุตัวบุคคลและยืนยันตัวตนได้อย่างแม่นยำ โดยทั่วไปลักษณะของลายนิ้วมือสามารถจำแนกออกเป็น 3 ระดับ (ภาพที่ 4) ได้แก่

ระดับ 1: ลักษณะทั่วไป (Level 1: General Features) ลักษณะในระดับนี้มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น รูปแบบของเส้นลายนิ้วมือไม่ว่าจะเป็นแบบ กันหอย มัดหวาย หรือโค้ง และแนวสัน (Ridge flow)

ระดับ 2: จุดเอกลักษณ์ (Level 2: Minutiae) ลักษณะระดับ 2 เป็นการวิเคราะห์รายละเอียดของเส้นลายนิ้วมือในระดับที่ลึกกว่า โดยอาศัยจุดจบของเส้นและจุดแยกของเส้น ซึ่งรวมถึง ปลายสัน (Ridge ending), เส้นหยุด (Ridge beginning หรือ Ending suddenly), เส้นทะเลสาบ (Enclosure), จุดแยก (Bifurcation) และ ลักษณะอื่น ๆ

ระดับ 3: ลักษณะทางจุลภาค (Level 3: Microscopic Features) ลักษณะระดับ 3 เป็นการวิเคราะห์รายละเอียดของเส้นลายนิ้วมือในระดับจุลภาคที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าซึ่งรวมถึง ขนาดของรูเหงื่อ (Sweat pores), สันนูนที่เพิ่งเริ่มก่อตัว (Incipient ridges), หูด (Warts), รอยย่น (Creases), รอยแผลเป็น (Scars) ขนาดเล็ก เป็นต้น



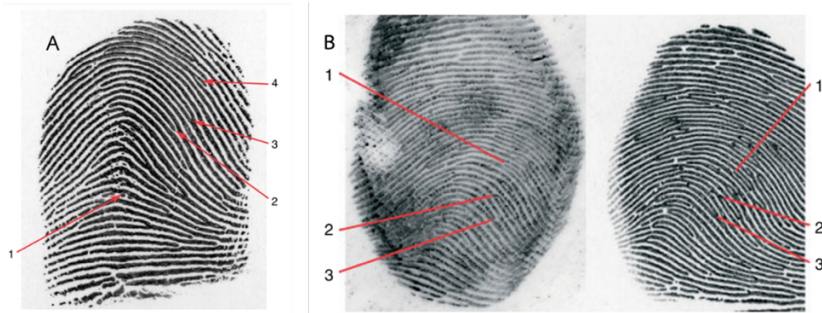
ภาพที่ 4 แสดงคุณลักษณะของลายนิ้วมือทั้ง 3 ระดับ (Chen et al., 2022)

การตรวจลายนิ้วมือ

เทคโนโลยีการตรวจลายนิ้วมือในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะเน้นการพัฒนาไปที่ลักษณะเฉพาะของลายนิ้วมือในระดับที่ 1 และ 2 ซึ่งเกณฑ์ในการใช้ยืนยันตัวบุคคลมักกำหนดให้ตรวจพบจุดเอกลักษณ์ (Minutiae) จำนวน 6-17 จุดขึ้นอยู่กับมาตรฐานของแต่ละประเทศ ซึ่งในประเทศไทยนั้นการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือจะใช้วิธีการตรวจที่อ้างอิงมาตรฐานจาก SWGFAST (Scientific Working Group on Friction

Ridge Analysis, Study and Technology) โดยใช้จุดเอกลักษณ์จำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 10 จุด เพื่อยืนยันว่าเป็นบุคคลคนเดียวกัน (Vatsa et al., 2011)

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์เฉพาะรูปแบบลายนิ้วมือและจุดเอกลักษณ์อย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการประมวลผลลายนิ้วมือทั้งหมด เนื่องจากลายนิ้วมือที่พบในสถานที่เกิดเหตุส่วนใหญ่เป็นลายนิ้วมือแฝงที่ไม่สมบูรณ์หรือผิดรูปร่าง ส่งผลต่อการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลลายนิ้วมือที่มีอยู่ จุดเอกลักษณ์ที่ไม่เพียงพอเหล่านี้ อาจทำให้การจับคู่ลายนิ้วมือผิดพลาดและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการพิสูจน์ตัวบุคคล นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีกระบวนการที่ทำให้ลายนิ้วมือแฝงนั้นชัดเจนก่อนการเปรียบเทียบซึ่งวิธีที่ใช้ อาจส่งผลต่อรายละเอียดของลายนิ้วมือและอาจสร้างจุดเอกลักษณ์ปลอม (Pseudo characteristics) ส่งผลต่อความแม่นยำในการระบุตัวบุคคลโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเจ้าหน้าที่ผู้ตรวจสอบยังขาดประสบการณ์ในการวิเคราะห์ อาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการยุติธรรมได้ (Earwaker et al., 2015; Tangen et al., 2020) ยิ่งไปกว่านั้นรายละเอียดระดับ 1 และ 2 ยังสามารถปลอมแปลงได้ง่ายด้วยวิธีการทำแม่พิมพ์หรือการพิมพ์แบบอิงค์เจ็ท ทำให้ระบบการตรวจลายนิ้วมือแบบอาศัยจุดเอกลักษณ์เพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถแยกแยะลายนิ้วมือที่แท้จริงกับลายนิ้วมือที่ปลอมแปลงได้อย่างถูกต้องเสมอไป (Chen et al., 2022; Chen et al., 2021)



ภาพที่ 5 (A) แสดงประเภทต่างๆของจุดเอกลักษณ์คือ 1) Dots 2) Ending ridges 3) Bifurcations และ 4) Combination (B) การเปรียบเทียบลายนิ้วมือโดยใช้จุดเอกลักษณ์สามตำแหน่ง

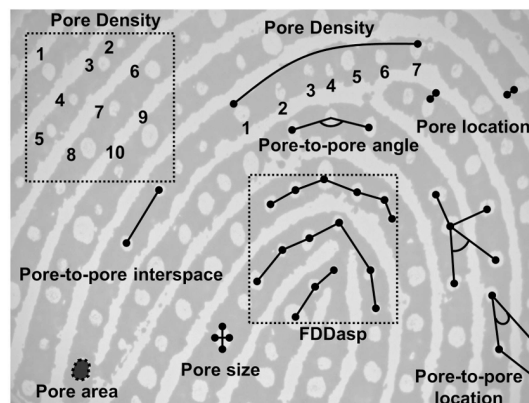
จุดเอกลักษณ์ (Minutiae หรือ Point of identification) จะเป็นตำแหน่งที่นำมาเปรียบเทียบเพื่อระบุตัวบุคคล โดยเปรียบเทียบหลักฐานลายนิ้วมือกับฐานข้อมูลลายนิ้วมือหรือจากผู้ต้องสงสัย ยิ่งตรงกันมากเท่าใดโอกาสที่รอยนิ้วมือนั้นจะมีที่มาจากแหล่งเดียวกันก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น การเปรียบเทียบจุดเอกลักษณ์ มีองค์ประกอบสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ 1) ชนิดของจุดเอกลักษณ์ แบ่งเป็น 4 ประเภทพื้นฐาน ได้แก่ Bifurcations, Ending ridges, และ Dots รวมถึงรูปแบบที่ผสมผสานกัน (Combination) 2) มุม (Angle) ของจุดเอกลักษณ์ 3) การจัดเรียงตัว (Orientation) ของจุดเอกลักษณ์ และ 4) จำนวนสันหรือรอยพับ (Ridge count) ระหว่างจุดเอกลักษณ์ โดยทั่วไปแล้ว ลายนิ้วมือที่มี องค์ประกอบทั้ง 4 ที่ตรงกันจะถือว่าเป็นลายนิ้วมือเดียวกัน (ภาพที่ 5) (Langenburg & Hall, 2013) โดยมีวิธีการที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. การใช้รูเหงื่อ (Sweat pores) ในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล

รูเหงื่อเป็นโครงสร้างขนาดเล็กบนผิวหนังทำหน้าที่สำคัญในการระบายความร้อนและควบคุมอุณหภูมิ รูเหงื่อประกอบด้วยเครือข่ายท่อขนาดเล็กที่เชื่อมต่อกับต่อมเหงื่อใต้ผิวหนัง ต่อมเหล่านี้ผลิตเหงื่อซึ่งไหลผ่านท่อและออกมาสู่ผิวหนัง โดยเหงื่อจะประกอบไปด้วยน้ำ เกลือแร่ และสารเคมีอื่นๆ เช่น กรดอะมิโน โปรตีน ไขมัน ยูเรีย และสารเมแทบอลิต์ต่างๆ รูปแบบเฉพาะของรูเหงื่อสามารถนำไปใช้ในการระบุตัวบุคคลในทางนิติ

วิทยาศาสตร์ได้ (Chen et al., 2021) โดยจะทำการตรวจสอบปริมาณ ความหนาแน่น ตำแหน่ง ขนาดและพื้นที่ของรูเหงื่อ รวมไปถึงรูปร่างของรูเหงื่อซึ่งมีทั้งแบบสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม กลม รี และไม่แน่นอน (ภาพที่ 6) โดยทั่วไปรูเหงื่อจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ 50-265 ไมโครเมตร ขนาดที่วัดได้ขึ้นอยู่กับหลากหลายปัจจัยเช่น วิธีการที่ใช้ตรวจลายนิ้วมือแฝง แรงกดในการสัมผัสหรือปริมาณในการขูดเหงื่อและระยะเวลาที่เก็บลายนิ้วมือ ทำให้มีงานวิจัยมากมายที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้รูเหงื่อเพียงอย่างเดียวในการระบุตัวบุคคลนั้นเป็นวิธีที่น่าเชื่อถือเท่าใดนัก (Shi et al., 2021)

การนำรูเหงื่อมาใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1912 โดย Edmond Locard นักนิติวิทยาศาสตร์และอาชีววิทยาชาวฝรั่งเศสได้ทำการศึกษาโครงสร้างและคุณลักษณะต่างๆของรูเหงื่อและเสนอทฤษฎีการใช้รูเหงื่อเป็นทางเลือกในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลในกรณีที่เกิดลายนิ้วมือที่เก็บได้มีจุดเอกลักษณ์ไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์บนสมมุติฐานที่ว่า รูเหงื่อมีคุณสมบัติเฉพาะเหมือนกับเส้นลายนิ้วมือ โดย Locard ชี้ให้เห็นว่าจำนวนรูเหงื่อ 20-40 จุด เพียงพอสำหรับการใช้ระบุตัวบุคคลเบื้องต้น (Kaur & Dhall, 2022) แต่เทคนิคนี้ไม่ได้รับความนิยมมากมายนัก เนื่องจากลายนิ้วมือที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุมักจะมีข้อมูลต่างๆของรูเหงื่อ เช่น รูปร่าง ขนาด ตำแหน่ง ความถี่ ไม่เพียงพอที่จะนำมาวิเคราะห์ นอกจากนั้นรูเหงื่ออาจจะไม่ปรากฏในรอยลายนิ้วมือแฝงทุกรอยเสมอไป (Kaur & Dhall, 2022; Monson et al., 2019)



ภาพที่ 6 แสดงรูเหงื่อและ Parameters เช่นปริมาณ ขนาด ตำแหน่งและความหนาแน่น (Chen et al., 2022)

แรงกดประทับจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของรูเหงื่อ ตามคุณสมบัติยืดหยุ่นและการบีบอัดของผิวหนัง ส่งผลให้รูปร่าง ขนาด และลักษณะของรูเหงื่อเปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตาม ระยะห่างระหว่างรูเหงื่อยังคงค่อนข้างคงที่ เนื่องจากระยะห่างดังกล่าวมีความละเอียดมาก (หน่วยเป็นไมโครเมตร) ดังนั้นรูเหงื่อหลายตำแหน่งไม่ว่าจะอยู่บนสันลายนิ้วมือเดียวกันหรือคนละสัน จะได้รับผลกระทบจากแรงกดทับนี้ไปพร้อมกัน ด้วยเหตุนี้ระยะห่างระหว่างรูขุมขนเมื่อเทียบกันเอง (ระหว่างจุดศูนย์กลางของรูเหงื่อหนึ่งไปยังจุดศูนย์กลางของรูเหงื่อที่อยู่ติดกัน) จะมีค่าใกล้เคียงของเดิม (ที่ความเชื่อมั่น 95%) ในปัจจุบันจึงได้มีงานวิจัยที่นำระยะห่างระหว่างรูเหงื่อ (Pore-to-pore distance) มาประยุกต์ใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลในการวิเคราะห์ลายนิ้วมือในระดับที่ 3 (Kaur & Dhall, 2022; Liu et al., 2020)

2. การตรวจลายนิ้วมือโดยใช้ลักษณะเฉพาะระดับ 3 (Level 3; Microscopic Features)

คุณลักษณะของลายนิ้วมือในระดับ 3 นั้นเป็นลักษณะถาวร ไม่เปลี่ยนแปลงและมีความจำเพาะสูงทำให้มีศักยภาพในการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ลายนิ้วมือเพื่อจำแนกบุคคลได้ จากการวิจัยพบว่าอัตราความ

ผิดพลาดในการตรวจลายนิ้วมือลดลง 20% เมื่อนำลักษณะเฉพาะระดับ 3 ไปรวมกับลักษณะเฉพาะระดับ 1-2 ในการวิเคราะห์ (Jain et al., 2006) นอกจากนี้ลักษณะเฉพาะระดับ 3 สามารถนำไปวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม เช่น เพศหรืออายุของเจ้าของลายนิ้วมือได้อีกด้วย (Chen et al., 2022; Primeau et al., 2023) อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากลายนิ้วมือในระดับ 3 ยังมีน้อย เนื่องจากเทคนิคการตรวจลายนิ้วมือแบบบางวิธีจะส่งผลให้ไม่สามารถแสดงรายละเอียดโครงสร้างระดับที่ 3 ได้อย่างชัดเจน อีกทั้งรอยนิ้วมือแฝงที่พบในสถานที่เกิดเหตุมักมีคุณภาพต่ำทำให้ลายนิ้วมือระดับ 3 ไม่มีความชัดเจนเพียงพอสำหรับการระบุตัวบุคคล (Zhong et al., 2021) อีกทั้งความละเอียดของภาพถ่ายลายนิ้วมือที่ใช้ในการตรวจสอบโดยทั่วไปอยู่ที่ 500 พิกเซลต่อนิ้ว (Pixels per inch; ppi) ซึ่งต่ำกว่าความละเอียดมาตรฐาน (≥ 1000 ppi) (Gupta & Sutton, 2010) นอกจากนี้การขาดเทคนิคและวิธีวิเคราะห์ที่ได้มาตรฐานในระดับสากลสำหรับการวิเคราะห์รายละเอียดของลายนิ้วมือในระดับ 3 ก็เป็นอุปสรรคที่สำคัญเช่นกัน

ลักษณะเฉพาะอีกประการที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ลายนิ้วมือในระดับ 3 คือความถี่ของรูเหงื่อ (Pore frequency) โดยจำนวนรูเหงื่อจะพบประมาณ 9-18 รูต่อพื้นที่บนสันลายนิ้วมือ 1 เซนติเมตร โดยความหนาแน่นของรูเหงื่อโดยทั่วไปอยู่ที่ 419-519 รูต่อตารางเซนติเมตร รูเหงื่อที่ปรากฏบนลายนิ้วมือนั้นอาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณของเหลวที่ถูกขับออกมาจากต่อมเหงื่อ แรงกดประทับที่ใช้ในขั้นตอนการเก็บลายนิ้วมือและเทคนิคการตรวจวิเคราะห์ ซึ่งการพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยหมึกซ้ำหลายครั้งจากนิ้วเดียวกันจะส่งผลต่อความหนาแน่นของรูเหงื่อที่ปรากฏบนภาพลายนิ้วมือ สาเหตุอาจเกิดจากการใช้หมึกในปริมาณที่มากเกินไป หรือขนาดรูเหงื่อมีขนาดเล็ก อีกทั้งแรงกดประทับที่มากเกินไปในขณะที่พิมพ์ลายนิ้วมือกับแท่นประทับหมึกสามารถส่งผลต่อรูปร่างของรูเหงื่อผิดรูปไปจากปกติ การถ่ายภาพลายนิ้วมือโดยตรงสามารถแสดงรายละเอียดของรูขุมขนได้อย่างชัดเจนแม้เวลาจะผ่านไปนานถึง 10 ปี ส่วนการถ่ายภาพลายนิ้วมือด้วยเทคนิคแสงโฮโลแกรมหรือการกลิ้งนิ้วมือกับแท่นประทับหมึก รูขุมขนอาจมองเห็นได้ยากขึ้นหลังจากระยะเวลาเพียง 1 เดือน นอกจากนี้การใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือแบบไร้สัมผัส (Live scan) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการพิมพ์ลายนิ้วมือที่ใช้กล้องความละเอียดสูงเพื่อจับภาพลายนิ้วมือของบุคคลแล้วแปลงเป็นรูปแบบดิจิทัลก็ไม่สามารถแสดงรายละเอียดระดับที่ 3 บนลายนิ้วมือได้เท่ากับเทคนิคการเก็บลายนิ้วมือแบบอื่นๆ (Chen et al., 2022; Shi et al., 2021; Singla et al., 2020)

คุณสมบัติระดับ 3 อื่นๆที่มีการพัฒนามาใช้ในการตรวจลายนิ้วมือนั้นประกอบด้วย รูปร่างของสันนูน (Ridge shape) ความกว้างของสันนูน (Ridge width) และ สันนูนย่อยหรือเส้นที่เพิ่งเริ่มก่อตัวขึ้น (Incipient ridges) ซึ่งรูปร่างของสันนูน สามารถจำแนกได้ 7 รูปแบบ (Straight, Convex, Peak, Table, Pocket, Concave และ Angle) โดยความหลากหลายของรูปร่างเหล่านี้เกิดจากการเจริญที่แตกต่างกันของสันนูนและรูเหงื่อที่บริเวณขอบสันนูน ส่วนความกว้างของสันนูนโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 200-500 ไมโครเมตร มีความสัมพันธ์กับแรงกดประทับที่ใช้ขณะพิมพ์ลายนิ้วมือถ้ามีแรงกดเพิ่มขึ้นความกว้างของสันนูนก็จะเพิ่มตามไปด้วย และสันนูนย่อยที่มักพบบริเวณร่องของลายนิ้วมือนั้นมักจะมีขนาดเล็กและต่ำกว่าสันนูนปกติ โดยปกติจะไม่แยกเป็นกิ่ง (Bifurcate) และไม่มีรูเหงื่อ ข้อมูลจากการวิจัยชี้ให้เห็นว่าจำนวนของ Incipient ridges



จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามวัยในเพศชายแต่กลับมีจำนวนลดลงในผู้หญิงสูงวัย (Chen et al., 2022; Kaur & Dhall, 2022)

วิธีการตรวจลายนิ้วมือแฝง (Latent fingerprint development)

องค์ประกอบของลายนิ้วมือแฝง (Latent print residues) สามารถจำแนกตามสมบัติทางเคมีได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ สารที่ละลายน้ำได้และไม่ละลายน้ำ สารประกอบที่ละลายน้ำได้บนลายนิ้วมือแฝง ส่วนใหญ่จะขับออกมาจากต่อมเหงื่อ เช่น โซเดียมคลอไรด์และกรดอะมิโน สารเคมีที่ใช้ตรวจพิสูจน์ร่องรอยประเภทนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ นินไฮดริน ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน และ ซิลเวอร์ไนเตรต (Silver Nitrate) ที่ทำปฏิกิริยากับโซเดียมคลอไรด์เป็นต้น อย่างไรก็ตามลายนิ้วมือแฝงที่สัมผัสกับน้ำ จะยากต่อการตรวจสอบด้วยวิธีดังกล่าว ส่วนองค์ประกอบประเภทที่ไม่ละลายน้ำจะมีปริมาณมากกว่าและคงอยู่บนพื้นผิวได้นานกว่าสามารถจำแนกย่อยได้อีกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกประกอบด้วยโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำเช่น โปรตีน ซึ่งจะทำให้การตรวจสอบโดยใช้ Physical developer ส่วนอีกกลุ่มจะเป็นสารพวกลิพิดที่ไม่มีขั้ว (Nonpolar lipid) ซึ่งสามารถตรวจสอบด้วยสารเคมีจำพวก Oil Red O หรือ Nile Red เป็นต้น (Holder et al., 2011) การพัฒนาเทคนิคทางเคมีเพื่อตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงจะช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถเก็บหลักฐานลายนิ้วมือจากวัสดุต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากสารเคมีที่กล่าวมาแล้วยังมีเทคนิคการตรวจพิสูจน์อื่นๆ ที่อยู่ระหว่างการพัฒนาอย่างต่อเนื่องอีกด้วย

1. การตรวจลายนิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่น (Latent Print Powders)

การตรวจลายนิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่นเป็นวิธีการดั้งเดิมที่ใช้งานง่าย เทคนิคนี้ใช้ผงสีชนิดต่างๆ ในการยึดเกาะกับเหงื่อและไขมันที่หลงเหลืออยู่บนพื้นผิวลายนิ้วมือทำให้มองเห็นลายนิ้วมือแฝงได้ชัดเจน ผงฝุ่น ทำงานโดยอาศัยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลระหว่างผงสีและเหงื่อหรือไขมันจากลายนิ้วมือ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเหล่านี้ช่วยให้ผงสีเกาะติดกับสันลายนิ้วมือเผยให้เห็นรายละเอียดของลายนิ้วมือแฝง ผงฝุ่นมีหลายประเภท แต่ละประเภทมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับพื้นผิวที่แตกต่างกันไป เช่น ผงสีดำจะเหมาะสมสำหรับพื้นผิวเรียบและมีสีอ่อน ผงสีขาวเหมาะสมสำหรับพื้นผิวที่มีสีเข้มเป็นต้น สารที่นิยมนำมาผลิตเป็นผงฝุ่น เช่น Carbon black หรือ Colloidal carbon, Iron powder, Aluminium และ Corn starch เป็นต้น ในการตรวจสอบนั้นจะต้องทำความสะอาดพื้นผิวที่จะตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงเพื่อขจัดสิ่งสกปรกและฝุ่นละอองจากนั้นใช้พู่กันหรือแปรงทาผงสีบนพื้นผิวอย่างเบา มือแล้วกำจัดผงสีส่วนเกินโดยใช้แปรงขนนุ่มๆ ปัดออกจากพื้นผิวจากนั้นทำการเก็บลายนิ้วมือด้วยการถ่ายรูปหรือใช้เทปกาวใสแปะลายนิ้วมือแฝงไว้ (Holder et al., 2011)

2. การตรวจลายนิ้วมือแฝงด้วยสาร Ninhydrin

เทคนิคการตรวจลายนิ้วมือแฝงด้วยสารนินไฮดริน (Ninhydrin) มีหลักการคือสารนินไฮดรินจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนซึ่งพบได้ในเหงื่อของมนุษย์เมื่อสเปรย์สารนินไฮดรินบนพื้นผิวที่มีรอยลายนิ้วมือแฝงแล้วนำไปอบด้วยความร้อนประมาณ 80-100 องศาเซลเซียส นานประมาณ 10-15 นาที ความร้อนจะช่วยเร่งปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารนินไฮดรินกับกรดอะมิโนบนลายนิ้วมือ เกิดเป็นสารประกอบสีม่วง (Ruhemann's purple) ทำให้รอยลายนิ้วมือปรากฏชัดเจน สามารถบันทึกรอยลายนิ้วมือโดยการถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายรูปที่

มีความละเอียดสูง แต่วิธีนี้ก็ยังมีข้อจำกัดคือสารนินไฮดรินไม่สามารถใช้กับรอยลายนิ้วมือแฝงบนทุกพื้นผิวได้ รวมถึงรอยลายนิ้วมือแฝงที่เก่าหรือเสื่อมสภาพ นอกจากนี้สารนินไฮดรินซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนอาจทำลายหลักฐานอื่นๆบนพื้นผิวและเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ นอกจากสารนินไฮดรินแล้วยังมีการนำสารอนุพันธ์ของนินไฮดรินเช่น 1,8-diazafluoren-9-one (DFO), 1,2-indandione และ 5-methylthioninhydrin (5MTN) มาใช้ในการตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงด้วยเช่นกัน แต่สารอนุพันธ์เหล่านี้จำเป็นต้องละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ซึ่งอาจส่งผลให้เอ็นเอบริเวณรอยนิ้วมือเสียสภาพธรรมชาติและอาจทำอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (Ruan et al., 2024)

3. การตรวจลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารไอโอดีน

การตรวจลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารไอโอดีน เป็นวิธีที่ใช้กันมาเป็นระยะเวลานาน เทคนิคนี้มีหลักการทำงานโดยอาศัยปฏิกิริยาระหว่างไอโอดีนกับกรดอะมิโนและโปรตีนในเหงื่อบนรอยนิ้วมือโดยมีขั้นตอนในการตรวจคือใช้เกล็ดไอโอดีนประมาณ 1 กรัมใส่ลงในขวดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตรจากนั้นวางวัตถุที่มีลายนิ้วมือแฝงไว้ในขวดไอโอดีนโดยไม่ให้สัมผัสกับเกล็ดไอโอดีน ปิดฝาขวดให้สนิททิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที ไอโอดีนจะระเหยและจับกับคราบเหงื่อบนลายนิ้วมือ ลายนิ้วมือจะปรากฏเป็นสีน้ำตาลอ่อนแล้วทำการตรึงลายนิ้วมือโดยพ่นสารละลาย Acetone, cyclohexane, hexane หรือเมทานอล ลายนิ้วมือจะมีสีเข้มที่ชัดเจนมากขึ้น (Kumari Sharma et al., 2019)

4. การตรวจลายนิ้วมือแฝงด้วยไอระเหยไซยาโนอะคริเลต (Cyanoacrylate fuming)

การตรวจลายนิ้วมือแฝงด้วยไอระเหยของไซยาโนอะคริเลตนิยมใช้กับรอยนิ้วมือแฝงบนวัตถุบางประเภทที่มองเห็นได้ยากหรือตรวจสอบได้ยากด้วยวิธีการดั้งเดิมเช่นการใช้ผงฝุ่น สาเหตุหลักมาจากเหงื่อและไขมันที่หลงเหลือบนรอยนิ้วมือ เมื่อเวลาผ่านไปคราบเหงื่อและไขมันเหล่านี้จะแห้งและกลายเป็นชั้นฟิล์มบางๆปกปิดรายละเอียดของสันลายนิ้วมือส่งผลให้ยากต่อการตรวจสอบ เทคนิคนี้จึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตรวจลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุที่มีพื้นผิวเรียบและไม่ดูดซับเช่น โลหะ กระจกหรือพลาสติก โดยใช้หลักการทางเคมีในการเปลี่ยนคราบเหงื่อที่หลงเหลือบนรอยนิ้วมือให้ปรากฏเป็นสีที่มองเห็นได้ช่วยให้ให้นักนิติวิทยาศาสตร์สามารถตรวจสอบและวิเคราะห์ลายนิ้วมือได้อย่างชัดเจน ไซยาโนอะคริเลตหรือกาวตราช้างมีคุณสมบัติพิเศษในการทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน (โดยเฉพาะชนิดที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็น -OH) และโปรตีนในเหงื่อ เมื่อนำวัตถุที่มีรอยนิ้วมือแฝงมาวางไว้ในตู้อบที่มีไอระเหยของไซยาโนอะคริเลต ไอระเหยจะกระจายตัวสัมผัสกับเหงื่อบนรอยนิ้วมือเกิดเป็นปฏิกิริยาเคมี Anionic polymerization ทำให้รอยนิ้วมือเกิดเป็นสีขาวบางๆแต่จะยังคงมองเห็นได้ยากด้วยตาเปล่า จำเป็นต้องปิดด้วยผงคาร์บอนหรือเติมไอโอดีนเข้าไปภายในตู้อบ ไอโอดีนจะทำปฏิกิริยากับรอยนิ้วมือเปลี่ยนสีเป็นสีม่วงหรือน้ำตาลเผยให้เห็นรายละเอียดของสันลายนิ้วมือ หรือใช้สีย้อมฟลูออเรสเซนต์ซึ่งนิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เทคนิคนี้มีความไวสูงเหมาะสำหรับการตรวจสอบวัตถุที่มีรอยนิ้วมือแฝงหลงเหลืออยู่น้อย ใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่หาซื้อง่าย ราคาไม่แพง เหมาะกับหน่วยงานนิติวิทยาศาสตร์ที่มีงบประมาณจำกัด (Bumbrach, 2017)

ปัจจุบันมีการพัฒนาสีย้อมฟลูออเรสเซนต์อย่างต่อเนื่องรวมถึงพัฒนาเทคนิคการตรวจพิสูจน์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Li et al., 2022) เช่นการใช้สาร PolyCyano UV ที่พัฒนาโดยการนำสารเรืองแสงฟลูออ



เรสเซนต์ (Fluorescent dyes) รวมตัวเป็นพอลิเมอร์กับ ไฮยาโนอะคริเลตเมื่อนำไปใช้ตรวจลายนิ้วมือผง PolyCyano UV ในรูปแบบผง (Powder) จะถูกทำให้ระเหยกกลายเป็นไอสามารถจับกับเหงื่อและไขมันที่พบในลายนิ้วมือ เมื่อฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตไปยังพื้นผิวจะเกิดการเรืองแสงทำให้สามารถมองเห็นลายนิ้วมือผงได้โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการย้อมสี วิธีนี้มีความไวสูง สามารถใช้กับพื้นผิวที่หลากหลายเช่น โลหะ พลาสติก แก้ว และไม้ มีขั้นตอนไม่ยุ่งยาก และ PolyCyano UV เป็นสารที่ปลอดภัยแต่ยังมีข้อจำกัดคือการทำให้ผง PolyCyano UV ระเหยกกลายเป็นไอนั้นต้องใช้อุณหภูมิที่สูงถึง 230 องศาเซลเซียส (Li et al., 2022)

5. การตรวจลายนิ้วมือผงบนพื้นเหนียวของเทปกาวด้วย Wet SPF

ลายนิ้วมือผงบนพื้นเหนียวของเทปกาว (Pressure-sensitive adhesive (PSA) tape) จัดเป็นหลักฐานสำคัญที่พบได้บ่อยในสถานที่เกิดเหตุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในคดีที่เกี่ยวข้องกับการลักพาตัวหรือคดีฆาตกรรม อย่างไรก็ตามการตรวจจับลายนิ้วมือบนพื้นผิวเหนียวของเทปกาวนั้นมีความยุ่งยากมากกว่าพื้นผิวเรียบทั่วไป การใช้เทคนิคดั้งเดิมเช่นใช้ผงฝุ่นสีดำมักไม่เพียงพอ จึงต้องใช้ผงฝุ่นคาร์บอนผสมกับสารลดแรงตึงผิวเช่น Liquinox หรือ Triton™ X-100 ให้เกิดเป็นโครงสร้างของไมเซล (Micelle) แล้วนำไปตรวจลายนิ้วมือเมื่อไมเซลสัมผัสกับองค์ประกอบจำพวกโปรตีนและไขมันบนรอยนิ้วมือจะเกิดปฏิกิริยากับผงคาร์บอนเปียกทำให้โครงสร้างไมเซลถูกทำลายและลายนิ้วมือปรากฏชัดขึ้นมา วิธีนี้มีข้อจำกัดคือสารลดแรงตึงผิวที่นำมาผสมกับผงคาร์บอนนั้นหาได้ยากและมีราคาแพงรวมถึงอาจมีความเป็นพิษสูง ในปี ค.ศ. 2024 มีการพัฒนาวิธีการตรวจลายนิ้วมือผงบนเทปกาว ที่มีประสิทธิภาพและราคาถูกคือเทคนิค Wet SPF (SDS powder formula) โดยใช้ Sodium dodecyl sulfate (SDS) ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอางอีกทั้งยังมีความเป็นพิษต่ำและราคาไม่แพงมาใช้ทดแทน โดยละลาย SDS ด้วย 5% เอทานอลแล้วนำไปผสมกับผงฝุ่นคาร์บอนสีดำ พบว่าสามารถใช้ตรวจลายนิ้วมือได้ชัดเจนและมีประสิทธิภาพสูง (Bouzin et al., 2024)

6. การตรวจลายนิ้วมือผงด้วยผงเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ Naph-DG

ในปี ค.ศ. 2024 ได้มีการพัฒนาผงเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ 4,5-bis(diethylene glycol) functionalized 1,8-naphthalimide (Naph-DG) เพื่อใช้ตรวจสอบลายนิ้วมือผงบนพื้นผิวที่มีสี พื้นผิวเรียบ พื้นผิวที่มีรูพรุนรวมถึงลายนิ้วมือเก่าที่เก็บไว้เป็นเวลานาน ผงเรืองแสงจะถูกสังเคราะห์ผ่านปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน ผง Naph-DG จะเกิดปฏิกิริยาได้ดีกับ ยูเรีย โซเดียมคลอไรด์ กลูโคสและไบคาร์บอเนตที่เป็นองค์ประกอบบนลายนิ้วมือ เมื่อสัมผัสกับแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตรจะเกิดการเรืองแสง คุณสมบัตินี้ช่วยให้สามารถมองเห็นลายนิ้วมือผงได้ชัดเจนในรายละเอียดระดับที่ 1-3 แม้จะอยู่บนพื้นผิวที่มีดหรือมีสี มีความไวสูง สามารถยึดเกาะกับพื้นผิวที่หลากหลาย รวมถึงพื้นผิวที่พรุนและพื้นผิวเรียบ คุณสมบัตินี้ช่วยให้สามารถใช้ผงเรืองแสง Naph-DG บนวัตถุหลากหลายประเภท เช่น แก้ว โลหะ และกระดาษ นอกจากนี้ยังเป็นสารที่ปลอดภัยต่อการใช้งานทั้งกับมนุษย์และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Kumar et al., 2024)

7. การตรวจลายนิ้วมือผงโดยใช้ไฮโดรเจลที่มีส่วนผสมของอัลลิลอกซาน

การตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือหลายวิธีจะใช้สารเคมีที่สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนซึ่งเป็นองค์ประกอบของเหงื่อที่หลงเหลืออยู่บนลายนิ้วมือเช่นสารละลายนินไฮดรินและสารอนุพันธ์ ซึ่งสารเคมีเหล่านี้มักประกอบด้วยสารประกอบเพอร์ฟลูออโรอัลคิลและโพลีฟลูออโรอัลคิล (Per- and polyfluoroalkyl

substances; PFAS) ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ในปี ค.ศ. 2024 มีงานวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการตรวจลายนิ้วมือแบบใหม่ที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้สารอัลล๊อกซาน (Alloxan) ที่มีคุณสมบัติสามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนแล้วเกิดเป็น Murexide dye นำมาผสมผสานกับไฮโดรเจลที่ใช้เป็นตัวทำละลายแทนการใช้สารในกลุ่ม PFAS วิธีการนี้จะสามารถแสดงลายนิ้วมือบนกระดาษที่นำมาทดสอบได้อย่างชัดเจนโดยไม่ทำลายรายละเอียดของลายนิ้วมือ ไฮโดรเจลจะปล่อยอัลล๊อกซานที่ละลายน้อยไปยังพื้นผิวกระดาษ อัลล๊อกซานจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนในเหงื่อแต่ไฮโดรเจลจะกักเก็บอัลล๊อกซานไว้ที่จุดที่สัมผัสกับลายนิ้วมือส่งผลให้เกิดสีหรือสารเรืองแสงที่ชัดเจนโดยไม่ต้องใช้สาร PFAS อีกทั้งไฮโดรเจลยังช่วยป้องกันไม่ให้อัลล๊อกซานละลายกรดอะมิโนและสารประกอบเรืองแสงที่เกิดขึ้น วิธีนี้ใช้สารที่ราคาไม่แพง ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนอกจากนี้ยังช่วยรักษาความสมบูรณ์ของรายละเอียดลายนิ้วมือได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการเช่น มีความไวในการเกิดปฏิกิริยาค่อนข้างต่ำ อีกทั้งไฮโดรเจลอาจแห้งเร็วจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสมและวิธีนี้อาจไม่เหมาะกับพื้นผิวบางประเภท เช่น พลาสติกเป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถนำมาใช้ตรวจลายนิ้วมือแฝงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Clarke et al., 2024)

บทวิเคราะห์

การตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือเพื่อระบุตัวบุคคลมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในทางนิติวิทยาศาสตร์และกระบวนการยุติธรรม เปรียบเสมือนกุญแจสำคัญที่ไขประตูสู่ตัวตนของบุคคลในคดีอาชญากรรม มีบทบาทสำคัญในการใช้ระบุตัวตนของผู้กระทำผิด เชื่อมโยงบุคคลกับสถานที่เกิดเหตุและพิสูจน์ความบริสุทธิ์ของผู้บริสุทธิ์ด้วยเส้นนิ้วและร่องลายนิ้วมือที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล อย่างไรก็ตามวิธีการตรวจหาลายนิ้วมือแบบดั้งเดิมเช่นการใช้ผงฝุ่นซึ่งเป็นอนุภาคขนาดเล็กอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของผู้ปฏิบัติงานได้ ส่วนการใช้สารนินไฮดรินซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนสามารถก่อให้เกิดอันตรายได้เช่นกันนอกจากนี้ การสัมผัสสารไอโอดีนซ้ำๆหรือเป็นระยะเวลานานอาจก่อให้เกิดการแพ้ที่ผิวหนัง (Skin sensitization) และไอระเหยของสารไอโอดีนอาจก่อให้เกิดอาการคล้ายเป็นโรคหอบหืด (Asthma-like syndrome) ได้ ส่วนวิธีอื่น ๆ มักต้องใช้สารเคมีบางชนิดเช่นสารประกอบเพอร์ฟลูออโรอัลคิลและโพลีฟลูออโรอัลคิลเป็นตัวทำละลายที่ล้วนเป็นอันตรายต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน สร้างความเสี่ยงต่อระบบทางเดินหายใจและอาจก่อให้เกิดมะเร็ง ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาวิธีการตรวจหาลายนิ้วมือหลากหลายวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝง มีความไวต่อกรดอะมิโน โปรตีนและไขมันในลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น

ในระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีการวิจัยเพื่อพัฒนาเทคนิคใหม่ๆ ที่ใช้ตรวจสอบลายนิ้วมือโดยใช้ผงเรืองแสงฟลูออเรสเซนต์ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเพราะใช้ระยะเวลาในการตรวจสอบไม่นาน มีความไวและความละเอียดในการตรวจวิเคราะห์สูง เช่นการพัฒนาผงเรืองแสงสีเขียวฟลูออเรสเซนต์ที่มีพื้นฐานมาจากโครโมฟอร์ของโปรตีนเรืองแสงสีเขียว (Green fluorescent protein: GFP) ซึ่งผงเรืองแสงชนิดนี้จะละลายน้ำได้ดี ทำให้ใช้งานได้ง่าย ปราศจากพิษและปราศจากโลหะหนักส่งผลให้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน อีกทั้งยังมีความ



ไวสูง สามารถตรวจจับลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่หลากหลายทั้งกระดาษ พลาสติก โลหะและแก้วได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเห็นลายนิ้วมือแฝงได้ภายใน 10 วินาที และยังมีการพัฒนาเครื่องมือตรวจสอบลายนิ้วมือแบบพกพาเพื่อใช้กับสารเรืองแสงเหล่านี้โดยระบบนี้ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงสีฟ้าและตัวกรองแสงสีเขียวช่วยให้สามารถตรวจจับลายนิ้วมือแฝงได้ในที่เกิดเหตุอย่างรวดเร็ว (Ruan et al., 2024) นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาวิธีตรวจลายนิ้วมือที่ใช้ไฮโดรเจลโดยมีน้ำเป็นตัวทำละลายอย่างต่อเนื่องและกำลังได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจากมีความปลอดภัยสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และในปัจจุบันยังมีความพยายามค้นคว้าและวิจัยในการพัฒนาวิธีการใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพ รวดเร็วและปลอดภัยยิ่งขึ้นตัวอย่างเช่น มีการศึกษาเพื่อพัฒนาวัสดุชีวภาพสำหรับการตรวจจับลายนิ้วมือรวมถึงการใช้เทคโนโลยีนาโนในการตรวจหาลายนิ้วมือซึ่งล้วนมีบทบาทสำคัญในการยกระดับมาตรฐานงานนิติวิทยาศาสตร์ ช่วยให้ตำรวจระบุตัวผู้กระทำผิดได้อย่างแม่นยำ รวดเร็ว และปลอดภัยยิ่งขึ้น

บทวิพากษ์

ลายนิ้วมือเป็นหนึ่งในหลักฐานทางกายภาพที่มีความสำคัญมากในงานทางนิติวิทยาศาสตร์ ในการวิเคราะห์ลายนิ้วมือจะประกอบด้วยสองส่วนหลักคือ (1) การตรวจลายนิ้วมือซึ่งมุ่งเน้นที่การตรวจและการปรับปรุงคุณภาพของลายนิ้วมือให้ชัดเจน (2) การนำข้อมูลจากลายนิ้วมือไปทำการเปรียบเทียบและระบุตัวตน ซึ่งมุ่งเน้นที่การเปรียบเทียบรายละเอียดของลายนิ้วมือที่เก็บได้จากที่เกิดเหตุกับลายนิ้วมือของผู้ต้องสงสัย งานวิจัยที่เกี่ยวกับการตรวจลายนิ้วมือมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบและการระบุตัวตน ทั้งการปรับปรุงวิธีการตรวจลายนิ้วมือที่มีอยู่เดิมและพัฒนาวิธีการใหม่ๆ ในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ โดยมีจุดมุ่งหมายหลักของการวิจัยอยู่ที่การเพิ่มความคุณภาพและความชัดเจนของลายนิ้วมือรวมถึงความถูกต้องแม่นยำในการวิเคราะห์และพัฒนาวิธีการตรวจลายนิ้วมือที่ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับในระดับสากล อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เกี่ยวกับการตรวจลายนิ้วมือในปัจจุบันมีการนำหลากหลายเทคนิคมาประยุกต์ใช้ด้วยวิธีที่แตกต่างกันไป การตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพของวิธีการเหล่านี้จึงทำได้ยาก ถึงแม้ว่ากลุ่มวิจัยลายนิ้วมือระหว่างประเทศ (International Fingerprint Research Group: IFRG) ได้ริเริ่มกำหนดแนวทางปฏิบัติทั่วไปเพื่อสร้างวิธีตรวจลายนิ้วมือที่เป็นมาตรฐานเดียวกันในปี ค.ศ. 2014 (Almog et al., 2014) แต่แนวทางเหล่านี้ยังคงเป็นเพียงข้อเสนอแนะเบื้องต้นไม่ได้ถูกบังคับใช้อย่างเคร่งครัด ผู้ปฏิบัติงานหรือนักวิจัยมักปรับแต่งวิธีการเหล่านี้ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์เฉพาะของการศึกษาทำให้แนวปฏิบัติของ IFRG ยังขาดการยอมรับและยังไม่ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายเท่าที่ควร การพัฒนาวิธีในการตรวจลายนิ้วมือที่เป็นมาตรฐานสากลจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการนำไปใช้ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์

บทสรุป

ลายนิ้วมือเป็นหลักฐานสำคัญในการพิสูจน์ตัวบุคคลทางนิติวิทยาศาสตร์มายาวนาน ในปัจจุบันยังคงมีการวิจัยอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเทคนิคในการตรวจลายนิ้วมือเพื่อการนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการนิติวิทยาศาสตร์ ในปัจจุบันมีงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาวิธีการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงที่

ปลอดภัย แม่นยำและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและมีความเหมาะสมในการใช้งานในสถานที่เกิดเหตุจริง โดยได้ทำการศึกษาและทดลองใช้สีย้อมฟลูออเรสเซนต์แทนการใช้ผงคาร์บอนหรือสารไอโอดีนซึ่งสามารถนำไปใช้บนพื้นผิวที่หลากหลาย เช่น เซ็น โลหะ พลาสติก แก้ว และไม้ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาผงเรืองแสงฟลูออเรสเซนต์ Naph-DG ในการตรวจลายนิ้วมือแฝงที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังช่วยเพิ่มจำนวนรายละเอียดของลายนิ้วมือที่ตรวจพบรวมถึงความชัดเจนของลายนิ้วมือในรายละเอียดระดับที่ 1-3 อีกด้วย หรือการใช้ไฮโดรเจลที่มีส่วนผสมของอัลล๊อกซานจัดเป็นวิธีที่ปลอดภัยและช่วยรักษาความสมบูรณ์ของรายละเอียดลายนิ้วมือได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้การจัดตั้งฐานข้อมูลลายนิ้วมือและการพัฒนาระบบตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (Automated Fingerprint Identification System; AFIS) เพื่อนำมาใช้ประโยชน์จะทำให้เจ้าหน้าที่ผู้รักษากฎหมายทำงานได้อย่างสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น AFIS จะขับเคลื่อนด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่วิเคราะห์และเปรียบเทียบลายนิ้วมืออย่างละเอียด โดยเริ่มจากการสแกนลายพิมพ์นิ้วมือเพื่อดึงคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ต่างๆในระดับ 1-3 ข้อมูลเหล่านี้จะถูกแปลงเป็นรหัสดิจิทัลและเก็บไว้ในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ สามารถนำไปใช้เปรียบเทียบกับลายนิ้วมือที่เก็บได้จากที่เกิดเหตุหรือที่ได้จากผู้ต้องสงสัย หากพบลายพิมพ์นิ้วมือที่ตรงกันระบบจะแสดงรายชื่อบุคคลที่เป็นไปได้ ส่งผลให้การสอบสวนคดีรวดเร็วยิ่งขึ้น AFIS มีการนำไปใช้ในโดยเจ้าหน้าที่ผู้รักษากฎหมายในหลายๆประเทศ อย่างไรก็ตามระบบนี้ยังจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาฐานข้อมูลที่เก็บรายละเอียดของลายนิ้วมือโดยเฉพาะอย่างยิ่งรายละเอียดในระดับที่ 3 รวมไปถึงซอฟต์แวร์ที่ขับเคลื่อนระบบ เพื่อให้ระบบสามารถตรวจสอบลายนิ้วมือได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ในปัจจุบันซึ่งเป็นยุคดิจิทัลมีการนำระบบ Biometric เข้ามาใช้กันอย่างแพร่หลายในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆเช่นโทรศัพท์มือถือสำหรับการระบุตัวตน (Identification) และการรับรองความถูกต้องของตัวบุคคล (Verification) ในการทำธุรกรรมทางการเงินต่างๆ การมีฐานข้อมูลลายนิ้วมือซึ่งอาจเก็บจากข้อมูลของพลเมืองในประเทศตอนที่ทำบัตรประจำตัวประชาชนแล้วนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับ AFIS จะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากต่องานพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลทางนิติวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. การปรับปรุงการเข้าถึงและการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างฐานข้อมูลลายนิ้วมือ ทั้งภายในหน่วยงานและระหว่างหน่วยงานภาครัฐ รวมถึงพัฒนาระบบตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (Automated Fingerprint Identification System; AFIS) โดยนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัยมาใช้ประโยชน์ ซึ่งจะทำให้กระบวนการสืบสวนสอบสวนคดีอาชญากรรมและกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ทำได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. นำวิธีการตรวจลายนิ้วมือแฝงที่มีประสิทธิภาพมาใช้กับกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย เช่นผงฟลูออเรสเซนต์ที่มีโครโมฟอร์ของ Green Fluorescent Protein เป็นองค์ประกอบซึ่งสามารถตรวจหาลายนิ้วมือและเกิดการเรืองแสงได้ได้ภายในระยะเวลาเพียง 10 วินาทีและยังนำรอยนิ้วมือนั้นไปตรวจ



วิเคราะห์หาดีเอ็นเอได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยสนับสนุนการทำงานของเจ้าหน้าที่พิสูจน์หลักฐานได้อย่างรวดเร็ว ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Almog, J., Cantu, A., Champod, C., Kent, T., & Lennard, C. (2014). Guidelines for the assessment of fingerprint detection techniques International Fingerprint Research Group (IFRG). *Journal of Forensic Identification*, 64, 174-197.
- Barnes, J. G. (2011). History. In E. H. Holder, L. O. Robinson, & J. H. Laub (Eds.), *The fingerprint sourcebook*. U.S. Dept. of Justice, Office of Justice Programs, National Institute of Justice.
- Bouzin, J. T., Sauzier, G., & Lewis, S. W. (2024). Wet SPF: A wet powder suspension for the detection of latent fingerprints on the sticky side of adhesive tape for use in Seychelles. *Forensic Science International*, 360, 112044.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2024.112044>
- Bumbrah, G. S. (2017). Cyanoacrylate fuming method for detection of latent fingerprints: a review. *Egypt J Forensic Sci*, 7(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s41935-017-0009-7>
- Bunteng, K. (2022). *The use of poreology for identification of latent fingerprint* [Master's thesis, Silpakorn University].
- Chen, H., Ma, R., & Zhang, M. (2022). Recent Progress in Visualization and Analysis of Fingerprint Level 3 Features. *ChemistryOpen*, 11(11), e202200091.
<https://doi.org/10.1002/open.202200091>
- Chen, H., Shi, M., Ma, R., & Zhang, M. (2021). Advances in fingerprint age determination techniques. *Analyst*, 146(1), 33-47. <https://doi.org/10.1039/d0an01423k>
- Chooluck, S., & Jankangram, W. (2017). Reviewed History of Forensic Science. *KKU Science Journal*, 45(3), 675-689.
- Clarke, K. T., Hopkins, S. L., Krosch, M. N., Cresswell, S. L., & Gee, W. J. (2024). Showcasing water-based delivery of an amino acid targeting fingerprint developer in a hydrogel. *Forensic Science International*, 360, 112045.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2024.112045>
- Earwaker, H., Morgan, R. M., Harris, A. J. L., & Hall, L. J. (2015). Fingerprint submission decision-making within a UK fingerprint laboratory: Do experts get the marks that they need? *Science & Justice*, 55(4), 239-247.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scijus.2015.01.007>



- Gupta, A., & Sutton, R. (2010). Pore sub-features reproducibility in direct microscopic and Livescan images--their reliability in personal identification. *J Forensic Sci*, 55(4), 970-975. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01422.x>
- Holder, E. H., Robinson, L. O., & Laub, J. H. (2011). *The fingerprint sourcebook*. U.S. Dept. of Justice, Office of Justice Programs, National Institute of Justice. <https://purl.fdlp.gov/GPO/gpo18039>
- Jain, A., Yi, C., & Demirkus, M. (2006, 20-24 Aug. 2006). Pores and Ridges: Fingerprint Matching Using Level 3 Features. 18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'06),
- Kaur, J., & Dhall, M. (2022). Reproducibility of fingerprint microfeatures. *Egypt J Forensic Sci*, 12(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s41935-022-00266-6>
- Kumar, S., Kaur, K., Sharma, A., & Singh, P. (2024). Magical fluorescent powder and ink for instantaneous imaging of latent fingerprints (level 1–3) and anti-counterfeiting labels. *Results in Chemistry*, 7, 101310. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rechem.2024.101310>
- Kumari Sharma, K., Kannikanti, G. H., Baggi, T. R. R., & Vaidya, J. R. (2019). Fixing Transient Iodine on Developed Latent Fingermarks. *J Forensic Sci*, 64(6), 1859-1866. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14139>
- Langenburg, G., & Hall, C. (2013). Friction Ridge Skin: Comparison and Identification. In *Wiley Encyclopedia of Forensic Science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9780470061589.fsa355.pub2>
- Li, K., Li, S., & Yang, J. (2022). Optimum conditions and application of one-step fluorescent cyanoacrylate fuming method for fingermark development based on PolyCyano UV. *Forensic Sci Res*, 7(3), 550-559. <https://doi.org/10.1080/20961790.2022.2049153>
- Liu, F., Zhao, Y., Liu, G., & Shen, L. (2020). Fingerprint pore matching using deep features. *Pattern Recognition*, 102, 107208. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.patcog.2020.107208>
- Maceo, A. V. (2009). Friction Ridge Skin: Morphogenesis and Overview. In *Wiley Encyclopedia of Forensic Science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9780470061589.fsa358>
- Monson, K. L., Roberts, M. A., Knorr, K. B., Ali, S., Meagher, S. B., Biggs, K., . . . Tarasi, F. (2019). The permanence of friction ridge skin and persistence of friction ridge skin and impressions: A comprehensive review and new results. *Forensic Science*



International, 297, 111-131.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.01.046>

Primeau, C., Dzetkuličová, V., & Shepherd, T. (2023). Can latent fingerprint disclose the sex of the donor? A preliminary test study using GC-MS analysis of latent fingerprints. *J*

Forensic Sci, 68(4), 1178-1189. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15260>

Ruan, N., Qiu, Q., Wei, X., Liu, J., Wu, L., Jia, N., . . . James, T. D. (2024). De Novo Green Fluorescent Protein Chromophore-Based Probes for Capturing Latent Fingerprints Using a Portable System. *J Am Chem Soc*, 146(3), 2072-2079.

<https://doi.org/10.1021/jacs.3c11277>

Shi, M., Zhao, L., Chen, H., Tian, L., Ma, R., Zhang, X., & Zhang, M. (2021). Fast and quantitative analysis of level 3 details for latent fingerprints. *Anal Methods*, 13(46), 5564-5572. <https://doi.org/10.1039/d1ay01508g>

Singla, N., Kaur, M., & Sofat, S. (2020). Automated latent fingerprint identification system: A review. *Forensic Science International*, 309, 110187.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110187>

Tangen, J. M., Kent, K. M., & Searston, R. A. (2020). Collective intelligence in fingerprint analysis. *Cogn Res Princ Implic*, 5(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00223-8>

Vatsa, M., Singh, R., Noore, A., & Morris, K. (2011). Simultaneous latent fingerprint recognition. *Applied Soft Computing*, 11(7), 4260-4266.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asoc.2011.02.005>

Zhong, K., Lu, S., Guo, W., Su, J., Sun, S., Hai, J., & Wang, B. (2021). NIR emissive light-harvesting systems through perovskite passivation and sequential energy transfer for third-level fingerprint imaging. *Chem Commun (Camb)*, 57(74), 9434-9437.

<https://doi.org/10.1039/d1cc03006j>