

# วารสารนิติเวชศาสตร์

## Forensic Medicine Journal

ปีที่ 15 ฉบับที่ 1

มกราคม - มิถุนายน 2566

Vol.15 No.1

ISSN 1905 – 8810



*Free thinking, but reasonable, and for social benefit*

อิสระทางความคิด แต่มีเหตุผล และเพื่อประโยชน์ต่อสังคม

## คำนำ

ในช่วงต้นปีที่ผ่านมาเกิดคดีที่เป็นข่าวใหญ่ครึกโครมทำให้สังคมตื่นตระหนกที่มีฆาตกรหญิงใช้สารประกอบไซยาไนด์ในการฆาตกรรมต่อเนื่องทำให้มีผู้เสียชีวิตนับสิบรายในช่วงเวลาหลายปีจนถูกจับได้ในปีนี้ ไซยาไนด์เป็นสารพิษที่ถูกนำมาใช้ในการฆาตกรรมตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งตำรวจ นักนิติวิทยาศาสตร์และแพทย์นิติเวชจึงควรเพิ่มความระวังในกรณีที่มีการเสียชีวิตอย่างกะทันหันโดยที่ไม่ปรากฏโรคประจำตัวหรือการบาดเจ็บอื่น ๆ ว่าการเสียชีวิตนั้นอาจเกิดจากสารพิษ ซึ่งควรมีการเก็บตัวอย่างวัตถุพยานที่สงสัยจากการตรวจสถานที่เกิดเหตุรวมถึงชีววัตถุจากการตรวจศพส่งตรวจวิเคราะห์ทางนิติพิษวิทยาเพื่อค้นหาความจริงของสาเหตุการเสียชีวิต

## วัตถุประสงค์

วารสารนิติเวชศาสตร์ เป็นวารสารของภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีวัตถุประสงค์ในการจัดทำวารสาร ได้แก่

1. เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางนิติเวชศาสตร์ นิติวิทยาศาสตร์ กฎหมายที่เกี่ยวข้อง จริยธรรมและปรัชญา
2. เป็นสื่อกลางในการเผยแพร่แนวความคิดสร้างสรรค์ ที่มีประโยชน์ต่อสังคมอย่างมีเหตุผล
3. เพื่อพัฒนามาตรฐานทางวิชาชีพนิติเวชศาสตร์ และนิติวิทยาศาสตร์
4. เพื่อพัฒนารูปแบบของกระบวนการยุติธรรมของประเทศไทย ให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
5. เป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานวิจัยของแพทย์ประจำบ้าน นิสิต นักศึกษา และนักวิจัย

## คณะผู้จัดทำ/กองบรรณาธิการ

1. ผศ.นพ.ณัฐ ตันศรีสวัสดิ์ บรรณาธิการ
2. ศ.นพ.กรเกียรติ วงศ์ไพศาลสิน
3. ผศ.นพ.อุดมศักดิ์ หุ่นวิจิตร
4. อ.นพ.ธีรโชติ จองสกุล
5. ผศ.นพ.ภาณุวัฒน์ ชุตินวงศ์

วารสารออนไลน์

<http://www.forensicchula.net>

## สารบัญ

- การเตรียมน้ำยา Phenolphthalein เพื่อใช้ตรวจคราบเลือด	5
- การหารอยร้วของหลอดอาหารของหมูโดยใช้แบเรียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	13
- การวิเคราะห์การคงอยู่ของเขม่าป็นชนิดอินทรีย์บนมือภายหลังการยิงปืน	23
- ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาตายของศพเน่ากับอัตราส่วนการยุบตัวของสมองในภาพถ่ายรังสีเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	43
- Status quo bias	74

## ภาพปก

ชื่อภาพ	Flowers in a Green Vase
ศิลปิน	Leon Dabo
ที่มา	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/File:Flowers_in_a_Green_Vase_by_Leon_Dabo.jpg">https://en.wikipedia.org/wiki/File:Flowers_in_a_Green_Vase_by_Leon_Dabo.jpg</a>

## การส่งบทความ

วารสารนิติเวชศาสตร์เป็นวารสารรายหกเดือน รับผิดชอบเผยแพร่ผลงานที่เกี่ยวข้องทางนิติเวชศาสตร์ นิติวิทยาศาสตร์ กฎหมาย จริยธรรมและปรัชญา โดยให้ส่งผลงานตีพิมพ์ในกระดาษขนาด A4 หรือไฟล์ข้อมูลใน สื่อบันทึก หรือจดหมายอิเล็กทรอนิกส์

ผลงานที่ส่งเพื่อตีพิมพ์สามารถใช้ได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยไม่จำกัดรูปแบบของผลงาน ไม่ว่าจะเป็นบทความแสดงความคิดเห็น งานวิจัยนิพนธ์ต้นฉบับ รายงานผู้ป่วย หรืองานในรูปแบบอื่น ๆ ให้ระบุชื่อเรื่อง ชื่อผู้วิจัยหรือผู้เขียนผลงาน และส่งผลงานได้ที่

ผศ.นพ.ณัฐ ตันศรีสวัสดิ์

ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ.พระราม4 เขตปทุมวัน กทม.10330

หรือที่ e-mail: [tssnat@hotmail.com](mailto:tssnat@hotmail.com)

## การเตรียมน้ำยา Phenolphthalein เพื่อใช้ตรวจคราบเลือด

พ.ต.ท.หญิงจิตติมา เลิศชัยพร\*

### บทนำ

สภาพสังคมในยุคปัจจุบันที่มีความเจริญก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว ผู้กระทำความผิดมีความรู้ ความเชี่ยวชาญในการกระทำความผิดด้วยรูปแบบต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไป มีการใช้กลวิธีที่มีความหลากหลาย สลับซับซ้อน ทำให้ยากต่อการติดตามจับกุม ส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่สังคมและประชาชน กระบวนการตรวจพิสูจน์หลักฐานนั้น ต้องมีการปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของอาชญากรรมในรูปแบบที่หลากหลาย ต้องมีความชำนาญในการค้นหา และรวบรวมพยานหลักฐานต่างๆเพื่อพิสูจน์หาความผิด ให้มีความรัดกุม ถูกต้อง สมบูรณ์ เชื่อถือได้ สามารถนำตัวผู้กระทำความผิดมาลงโทษอย่างยุติธรรม การก่อเหตุในคดีต่าง ๆ ผู้กระทำความผิดหรือผู้ต้องสงสัย มักจะทิ้งร่องรอยหรือวัตถุพยานต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุพยานที่ได้มาจากร่างกาย ได้แก่ เส้นผม เส้นขน คราบอสุจิ ปัสสาวะ เลือด น้ำลาย เนื้อเยื่อ และสารคัดหลั่ง เป็นต้น ยังพบจากวัตถุพยานวัตถุ เช่น อาวุธมีด ของมีคม ไม้ และวัตถุอื่น ๆ ที่ใช้ในการประทุษร้าย เป็นต้น และจากที่กล่าวมาข้างต้นนี้

“เลือด” ถือเป็นวัตถุพยานชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญในการพิสูจน์ยืนยันความผิด และนำไปสู่การจับกุม ผู้กระทำความผิด ในคดีอาญาประเภทประทุษร้ายต่อร่างกายและชีวิต เช่น คดีฆาตกรรม คดีฆาตกรรมอำพราง คดีข่มขืนกระทำชำเรา คดีความผิดต่อชีวิต และคดีทำร้ายร่างกายอื่นๆที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับคดีเหล่านี้ รอยคราบเลือดจะเป็นหลักฐานสำคัญอันหนึ่งเสมอ มักจะพบรอยคราบเลือดจากตัวของผู้ถูกประทุษร้ายเอง จากสถานที่เกิดเหตุ จากตัวคนร้ายเอง เช่น เสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม รองเท้าหรือจากอาวุธที่ใช้กระทำความผิด ซึ่งประโยชน์ของคราบเลือดในการสืบสวน เป็นวัตถุพยานที่สำคัญที่สุดในการนำไปใช้ตรวจหาหมู่เลือด และสารพันธุกรรม (DNA) เพื่อบ่งชี้ว่าเป็นเลือดของผู้ใด และยังสามารถใช้เป็นหลักฐานในการเชื่อมโยงผู้เสียหาย ผู้ต้องสงสัย และสถานที่เกิดเหตุ เข้าไว้ในเหตุการณ์เดียวกัน

บทความนี้ทางผู้เขียนมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ การเตรียมน้ำยา Phenolphthalein หรือ Kastle-Meyer test (KM test) เพื่อตรวจคราบเลือดซึ่งเป็นความรู้เบื้องต้นด้านนิติวิทยาศาสตร์ ทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ เพื่อให้ นักเรียน นิสิตนักศึกษา บุคคลทั่วไปและผู้สนใจสามารถนำความรู้ จากบทความนี้ไปใช้ในการศึกษาให้เกิดผลสัมฤทธิ์ได้อย่างแท้จริง

\*กลุ่มงานตรวจเลือดชีวเคมีและเคมีคลินิก สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ

## ส่วนประกอบของเลือด<sup>3</sup>

ส่วนประกอบของเลือด (Composition of the blood) ได้แก่

1. เซลล์เม็ดเลือด (Blood cell) ประมาณ 45% โดยปริมาตร ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดแดง (Red blood cells) เม็ดเลือดขาว (White blood cells) และเกล็ดเลือด (Blood platelets) ในเพศชายจะมีปริมาณเม็ดเลือดประมาณ 45% และในเพศหญิงมีประมาณ 42 %

ชนิดของเซลล์เม็ดเลือด

1.1 เซลล์เม็ดเลือดแดง (Red blood cells) มีลักษณะกลมแบน ตรงกลางเว้าทั้ง 2 ด้าน (Biconcave disc) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7-8 ไมโครเมตร และหนา 2 ไมโครเมตร ผนังของเซลล์ไม่แข็งจึงทำให้ยืดหยุ่น และเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ ขณะผ่านไปตามหลอดเลือด เม็ดเลือดแดง เป็นเซลล์ที่ไม่มีนิวเคลียส (Nucleus) เซลล์เม็ดเลือดแดง จะประกอบด้วยสารประกอบโปรตีน เรียกว่า ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin, Hb) ซึ่งมีธาตุเหล็ก ( $Fe^{2+}$ ) เป็นส่วนประกอบสำคัญเกิดขึ้นเมื่อรวมตัวกับออกซิเจน ( $O_2$ ) จะกลายเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (Oxyhemoglobin) เพื่อทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจน ( $O_2$ ) ออกจากปอดไปยังเซลล์ต่าง ๆ ของเนื้อเยื่อ และนำคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) ออกจากเนื้อเยื่อไปสู่ปอด นอกจากนี้ฮีโมโกลบิน ในเม็ดเลือดยังช่วยรักษาความสมดุลกรดด่างของเลือดอีกด้วย เซลล์เม็ดเลือดแดง เป็นเซลล์ชนิดที่พบมากที่สุดเลือด สร้างมาจาก ไชกระดูกแดง (Red bone marrow) เมื่อเจริญเต็มที่ จะออกมาอยู่ในกระแสเลือด เซลล์เม็ดเลือดแดงมีอายุประมาณ 120 วัน และเมื่อหมดอายุจะถูกทำลายที่ตับและม้าม

1.2 เซลล์เม็ดเลือดขาว (White blood cells) เป็นเซลล์เม็ดเลือดที่มีนิวเคลียส (Nucleus) แต่ไม่มีฮีโมโกลบิน ปกติพบประมาณ 5,000-10,000 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตรของเลือด มีหน้าที่เป็นภูมิคุ้มกันที่คอยทำลายเชื้อโรค และสิ่งแปลกปลอมให้แก่ร่างกาย มีอายุประมาณ 2-3 วัน

1.3 เกล็ดเลือด (Blood platelets) เป็น ชิ้นส่วนส่วนของเซลล์กำเนิดมาจากเซลล์ เรียกว่า Megakaryocyte ที่อยู่ในไขกระดูก เกล็ดเลือดมีขนาดเล็กรูปร่างเป็นแผ่นแบนนูนทั้ง 2 ด้าน (Biconvex) ไม่มีฮีโมโกลบิน มีนิวเคลียส มีขนาดประมาณ 2-4 ไมโครเมตร มีความสำคัญในกระบวนการแข็งตัวของเลือด (Blood clot)

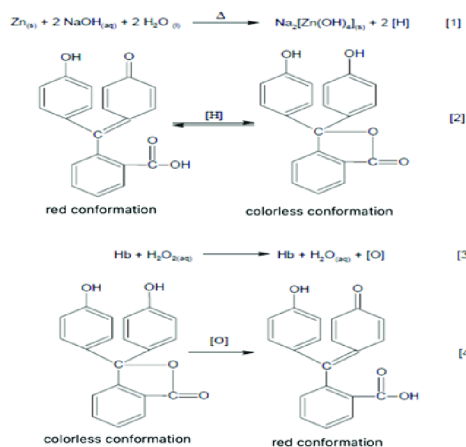
2. พลาสมา (Plasma) คือ ส่วนที่เป็นน้ำ หรือของเหลว มีประมาณ 55% โดยปริมาตร ประกอบด้วย น้ำ 90-92 % โปรตีน 8-9 % เกล็ดอินทรีย์ 0.9 % สารอินทรีย์ แก๊ส และอื่น ๆ

ชนิดของน้ำยาต่าง ๆ ที่ใช้ในการตรวจคราบเลือด

ส่วนมากเวลาเกิดเหตุ จะพบเลือดในลักษณะที่เป็นคราบเลือดอยู่ในที่เกิดเหตุ เสื้อผ้า อาวุธ จะมีคราบสีน้ำตาลแดงแห้ง ๆ ติดอยู่ ซึ่งบางครั้งการจะบอกว่าเป็นคราบเลือดหรือไม่ จะต้องมีการตรวจคัดกรองเบื้องต้น เนื่องจากคราบสีน้ำตาลแดง เช่น คราบสนิม ขางไม้ ขางผลไม้ เช่น ขางกล้วย เมื่อดูด้วยตาเปล่าแทบจะแยกไม่ได้ว่าเป็นคราบเลือดหรือไม่ ดังนั้นจึงต้องนำน้ำยาตรวจคราบเลือดซึ่งมีหลายชนิด เช่น Benzidine, O-tolidine, Phenolphthalein, Leucomalachite green<sup>4</sup>, Luminol และ Bluestar<sup>®</sup> มาทดสอบปฏิกิริยา สีที่ปรากฏหลังเกิดปฏิกิริยา

มีความแตกต่างกันออกไป วิธีเตรียม และอันตรายจากสารเคมีก็แตกต่างกัน เช่น วิธี Benzidine และ O-tolidine นั้น จะให้ความไวสูงกว่าแต่มีความจำเพาะน้อยกว่า Phenolphthalein แต่ Benzidine และ O-tolidine เป็นสารอันตรายก่อมะเร็ง จึงไม่นิยมใช้กัน นอกจากนี้ยังรวมถึงเทคนิคการตรวจหาคราบเลือดด้วยวิธี Bluestar<sup>®</sup> และ Luminol ยังเป็นเทคนิคที่มีจะถูกนำมาใช้ในด้านนิติวิทยาศาสตร์ในการตรวจหาคราบเลือดแฝง หรือคราบเลือดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งแต่ละวิธีมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ทั้งความไว (Sensitivity) ลักษณะการใช้งาน สภาวะแวดล้อมที่จะทดสอบคราบเลือด เช่น วิธี Bluestar<sup>®</sup> และ Luminol มีข้อจำกัดว่าต้องทดสอบในสภาวะที่มืด เพื่อดูการเรืองแสงของน้ำยาที่ทำปฏิกิริยากับคราบเลือด ซึ่งในบทความนี้ขอกกล่าวถึง วิธี Phenolphthalein หรือ Kastle-Meyer test (KM test) เนื่องด้วยทางกลุ่มงานตรวจเลือดชีวเคมีฯ สถาบันนิติเวชวิทยาได้ใช้น้ำยานี้ในการตรวจคราบเลือดเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการจริง และมีประสบการณ์ในการเตรียมน้ำยา Phenolphthalein ใช้เอง และมีผู้สนใจสอบถามวิธีการเตรียมน้ำยาตรวจคราบเลือดนี้มาเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะนักเรียน นิสิตนักศึกษา ที่จะเตรียมโครงการวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ เช่น จำลองเหตุการณ์ตรวจคราบเลือดในสถานที่เกิดเหตุ เป็นต้น

Phenolphthalein หรือ Kastle-Meyer test (KM test)<sup>6,7</sup> เป็นวิธีการทดสอบคราบเลือดเบื้องต้น เมื่อปี ค.ศ. 1818 Louis-Jacques Thenard ได้ค้นพบ Hydrogen Peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ต่อมาในปี ค.ศ. 1863 Christian Freidrich Schonbein สังเกตเห็น Peroxidase-like activity ของ Hemoglobin เป็นสาเหตุของ Oxidation ของ Hydrogen Peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ผลของปฏิกิริยาระหว่าง Hydrogen Peroxide กับ Hemoglobin ทำให้มีฟองเกิดขึ้น หลังจากนั้นในช่วงต้นของปี ค.ศ. 1900 Kastle ได้ใช้ Phenolphthalein เป็น Color Indicator ของการตรวจ Hemoglobin และได้ปรับปรุงพัฒนาการทดสอบจึงเรียกการทดสอบนี้ว่า Kastle Meyer test โดยมีหลักการ คือ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเลือดเร่งการสลายเอนไซม์ Peroxidase จะสลาย Hydrogen Peroxide ได้ผลิตภัณฑ์คือ น้ำและออกซิเจน จากนั้นออกซิเจนจะออกซิไดซ์สาร Phenolphthalein (reduced form) จากที่ไม่มีสีให้เปลี่ยนเป็น Phenolphthalein (oxidized form) ได้สีชมพู<sup>8</sup>



ภาพที่ 1 แสดงปฏิกิริยาทางเคมีของสารละลาย Working phenolphthalein กับเลือด (Hb)<sup>9</sup>



## เทคนิคการรีฟลักซ์ (Reflux)<sup>10</sup>

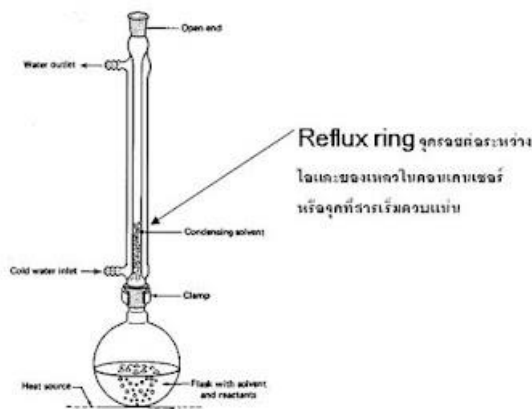
ในการทำปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์หลายชนิดจะต้องใช้เวลานานจึงจะทำปฏิกิริยาได้สมบูรณ์ เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น จึงจำเป็นต้องให้ความร้อนแก่ปฏิกิริยาแต่สารประกอบอินทรีย์ส่วนมากจะมีจุดเดือดต่ำและระเหยได้ดีเนื่องจากมีความไอสูง เมื่อให้ความร้อนสูงเกินไปอาจทำให้เกิดเปลวไฟและระเบิดได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการให้ความร้อนแก่ระบบด้วยเทคนิคเฉพาะเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาตัวทำละลายระเหยออกไปมากเกินไปและทำให้ภาชนะที่บรรจุสารแห้งได้

การรีฟลักซ์ คือ วิธีการให้ความร้อนแก่ปฏิกิริยาเคมีในระยะเวลาที่ต่อเนื่องยาวนาน โดยตัวทำละลายในขวดกลั่นจะระเหยกลายเป็นไอและควบแน่นในคอนเดนเซอร์ไหลกลับลงมาในขวดกลั่น หมุนเวียนต่อเนื่องตลอดเวลา ทำให้อุณหภูมิของปฏิกิริยาคงที่อยู่เสมอ

สารที่ทำปฏิกิริยาในระบบจะเป็นของแข็งกับของเหลว หรือเป็นของเหลวกับของเหลวก็ได้ อุณหภูมิที่ใช้ในการรีฟลักซ์ขึ้นอยู่กับจุดเดือดของตัวทำละลายและช่วงอุณหภูมิที่ทำให้จุดที่สารควบแน่น (Reflux ring) ในคอนเดนเซอร์ อยู่สูงขึ้นไปจากปลายคอนเดนเซอร์ด้านล่างประมาณ 1 ใน 3 ของความยาวของคอนเดนเซอร์

Reflux ring คือ ช่วงรอยต่อระหว่างช่วงที่ไอระเหยของสารยังไม่ควบแน่นและช่วงที่ไอระเหยควบแน่นเป็นของเหลว สังเกตได้คือ เป็นจุดรอยต่อระหว่างทั้งส่วนแห้งและส่วนเปียกในคอนเดนเซอร์ อุณหภูมิที่ควรใช้ในการรีฟลักซ์จะต้องอยู่ในช่วงที่ทำให้ Reflux ring อยู่สูงขึ้นไปประมาณ 1 ใน 3 ของคอนเดนเซอร์ เพื่อป้องกันไม่ให้ไอระเหยของสารแพร่ขึ้นไปคอนเดนเซอร์สูงเกินไปและรั่วไหลออกทางปลายด้านบนของคอนเดนเซอร์

ส่วนที่คอนเดนเซอร์จะต่อน้ำเข้า-ออกเพื่อหล่อให้คอนเดนเซอร์เย็นอยู่ตลอดเวลาเมื่อไอของสารที่ทำปฏิกิริยาระเหยเข้าสู่คอนเดนเซอร์จะถ่ายเทความร้อนให้กับผนังคอนเดนเซอร์ที่เย็นจึงควบแน่นกลับเป็นของเหลวไหลลงสู่ขวดกลั่นกลมอีกครั้งเมื่อถึงจุดเดือดจะเกิดฟองแก๊สเกิดขึ้นในตัวทำละลายและเมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นอุณหภูมิของสารจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่อัตราการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊สเพิ่มขึ้น เนื่องจากของเหลวได้รับพลังงานความร้อนเพื่อนำไปใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ



ภาพที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์การรีฟลักซ์

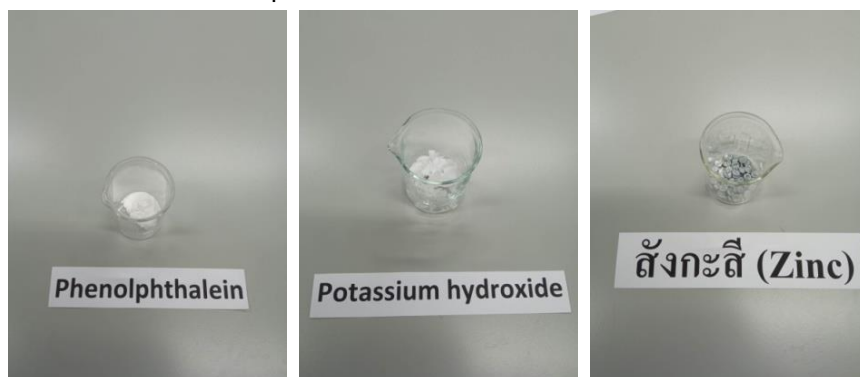
## การเตรียมน้ำยา Phenolphthalein หรือ Kastle-Meyer test (KM test) ด้วย เทคนิคการรีฟลักซ์

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. เครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับชั่งสารเคมี
2. ขวดรูปชมพู่ (Flask) ที่ทนความร้อนพร้อมจุกยาง
3. คอนเดนเซอร์ (Condenser) พร้อมชุดสายยางสำหรับต่อน้ำเข้า – น้ำออก
4. เตาให้ความร้อน (Hotplate)
5. สายยาง
6. ขาตั้งและที่จับ (Clamp)
7. บีกเกอร์ (Beaker) สำหรับใส่สาร
8. กระบอกตวง (Cylinder) สำหรับตวงของเหลว
9. ขวดสีชาพร้อมฝา สำหรับเก็บสารละลาย Stock Phenolphthalein
10. ขวดสีชาพร้อมหลอดหยด (Dropper)



ภาพที่ 3 ชุดกลั่นรีฟลักซ์ (Reflux Condenser)



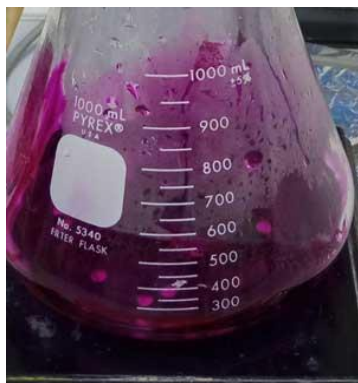
ภาพที่ 4 สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย Stock phenolphthalein

## สารเคมีสำหรับเตรียมสารละลาย Stock phenolphthalein<sup>4</sup>

1. Phenolphthalein จำนวน 2.0 กรัม
2. Potassium hydroxide (KOH) จำนวน 20 กรัม
3. สังกะสี (Zinc) จำนวน 20 กรัม ใช้เป็นแผ่น, ผง หรือเม็ดก็ได้ (ในการเตรียมครั้งนี้ใช้แบบเม็ดจำนวน 60 กรัม)
4. น้ำกลั่น (Distilled water) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

### ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย Stock phenolphthalein

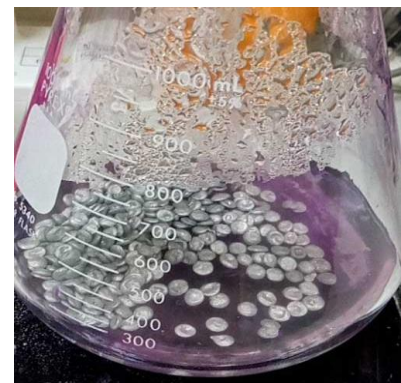
1. ชั่งสารเคมีด้วยเครื่องชั่งและตวงน้ำ เทสารใส่ในขวดรูปชมพู่ (Flask) ที่สามารถทนความร้อน เมื่อสารเคมีผสมกัน สารละลายที่ได้จะมีสีชมพูม่วงเข้ม
2. นำสารละลายไปให้ความร้อนโดยใช้เทคนิคการรีฟลักซ์ (Reflux) ติดตั้งชุดอุปกรณ์คอนเดนเซอร์ ตามภาพที่ 3
3. ใช้ clamp จับคอนเดนเซอร์ให้มั่นคงกับขาตั้ง ปิดปากขวดด้วยจุกยางเจาะรูต่อกับคอขวดรูปชมพู่กับคอนเดนเซอร์ให้แน่น แล้วต่อสายยางน้ำเข้า – ออก (ทางน้ำเข้าอยู่ด้านล่าง ทางน้ำออกอยู่ด้านบน) ควรติดตั้งอุปกรณ์ไว้ใกล้ก๊อกน้ำและอ่างน้ำ
4. ให้ความร้อนแก่สารละลายพอเดือดปุดๆ ประมาณ 80-100 องศาเซลเซียส เมื่อสารละลายเริ่มเดือด จะสังเกตเห็นจุดที่สารเริ่มควบแน่น (Reflux ring) อยู่สูงขึ้นไปที่ประมาณ 1 ใน 3 ของคอนเดนเซอร์ (ไม่เกินครึ่งของความสูงของคอนเดนเซอร์)
5. เมื่อสังเกตเห็น Reflux ring แล้ว จึงปล่อยให้ปฏิกิริยาดำเนินไปตามระยะเวลาที่ต้องการ ในการเตรียมน้ำยานี้ใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง โดยสังเกตจากการเปลี่ยนสีของสารละลายจากสีชมพูม่วงเข้มเป็นสารละลายใสสีชมพูอ่อนๆ ดังภาพที่ 5
6. เมื่อเสร็จสิ้นปฏิกิริยา ให้ปิดเครื่องให้ความร้อน และ ตั้งวางสารละลายที่อยู่ในขวดรูปชมพู่ให้เย็นสนิท
7. ในการเก็บสารละลายที่เย็นแล้ว ให้เติมสังกะสีใหม่ 30 g ในขวดสีขาที่เก็บสารละลาย Stock phenolphthalein เพื่อให้สารละลายคงอยู่ใน รูป Reduced form ควรเก็บขวดสีขาและในที่เย็น



สีสารละลายก่อนให้ความร้อน



ผ่านการให้ความร้อน 3 ชม.



ให้ความร้อนต่อ 1 ชม.

ภาพที่ 5 แสดงสีของสารละลาย Stock phenolphthalein ที่ให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาต่างๆ

### การเตรียมสารละลาย Working phenolphthalein

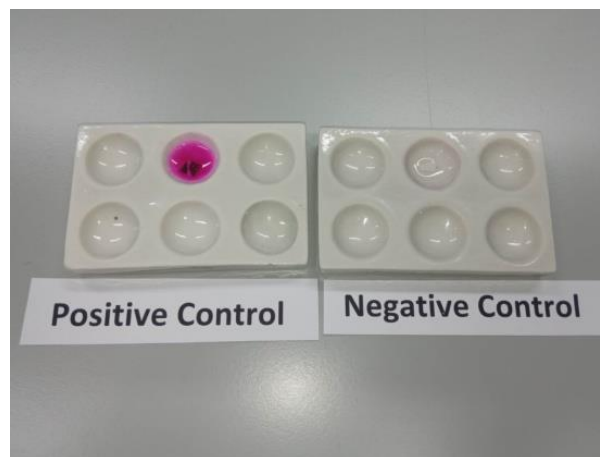
1. สารละลาย Stock phenolphthalein ปริมาตร 20 มิลลิลิตร
2. Absolute ethanol ปริมาตร 80 มิลลิลิตร

นำสารทั้งสอง (1+2) มาผสมให้เข้ากัน สารละลายที่ได้คือสารละลาย Working phenolphthalein ที่พร้อมใช้ในการตรวจคราบเลือด ควรเก็บในขวดสีชาที่มีหลอดหยด (Dropper) หลังใช้งานเก็บไว้ในที่เย็น

3. 3% Hydrogen peroxide (3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

### การใช้ สารละลาย Working phenolphthalein ในการตรวจคราบเลือด

หยด สารละลาย Working phenolphthalein 2 หยด ลงบนคราบตัวอย่างที่ต้องการตรวจ และหยด 3% Hydrogen peroxide 2 หยด หากตัวอย่างเป็นคราบเลือดจะปรากฏสีชมพูเกิดขึ้นในทันที ตามภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงปฏิกิริยา Color test ของสารละลาย Working phenolphthalein กับกระดาษกรองป้ายเลือด (Positive Control) เทียบกับกระดาษกรอง (Negative Control)

### **สรุป**

การเตรียมสารละลาย Phenolphthalein ด้วยเทคนิคการรีฟลักซ์ (Reflux) เป็นการเตรียมที่มีขั้นตอนง่าย ไม่ซับซ้อน ค่าใช้จ่ายไม่แพง ซึ่งสามารถเตรียมได้ในห้องปฏิบัติการของโรงเรียนหรือมหาวิทยาลัย ปลอดภัย เป็นเทคนิคการให้ความร้อนเพื่อให้สารเคมีทำปฏิกิริยาในระยะเวลาที่ต่อเนื่องยาวนาน โดยตัวทำละลายในขวดกลั่นจะระเหยกลายเป็นไอและควบแน่นในคอนเดนเซอร์ที่เย็นไหลกลับลงมาในขวดกลั่น หมุนเวียนต่อเนื่องตลอดเวลา ทำให้อุณหภูมิของปฏิกิริยาและปริมาตรของตัวทำละลายคงที่อยู่เสมอ

สารละลาย Phenolphthalein เป็นวิธีการตรวจคราบเลือดที่มีความจำเพาะ มีความไวสูง 1: 5,000,000<sup>4</sup> สะดวก ปลอดภัย และไม่มีข้อจำกัดในการทดสอบในสภาวะที่มีด เหมาะที่จะใช้ตรวจคัดกรองคราบเลือดเบื้องต้นก่อนจะนำคราบเลือดที่ตรวจได้ไปสู่ขั้นตอนการตรวจสารพันธุกรรม (DNA) ต่อไป

## เอกสารประกอบการเรียนเรียง

1. วราภรณ์ สมบุรุษ. (2562). ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำความสะอาดเลือดที่มีผลต่อการตรวจหาคราบเลือดด้วยวิธี Luminol และ Bluestar®. วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี .16 (1):55-68. [http://sciencejournal.pbru.ac.th/phocadownload/2019\\_1/56-68.pdf](http://sciencejournal.pbru.ac.th/phocadownload/2019_1/56-68.pdf)
2. ไชยวัฒน์ ไชยสมบุรุษ. (2555). การทดสอบ Kastle-Meyer และการประยุกต์ใช้ในทางวิทยาศาสตร์การแพทย์. วารสารนิติเวชศาสตร์, 4(2),179-184.
3. กรกมล วีระพันธุ์. (2563). การตรวจหาคราบโลหิตที่ทาสีขาวเบสน้ำทับด้วยวิธี Luminol และ Bluestar®. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. <http://www.sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/24578>
4. สิริพร พันธศรี. (2549). การตรวจพิสูจน์คราบเลือด. วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่. 39(3), 25-28. [file:///C:/Users/66840/Downloads/tapapol,+Journal+manager,+200609025%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/66840/Downloads/tapapol,+Journal+manager,+200609025%20(2).pdf)
5. ภรณ์ทิพย์ นราแหวน. (2561). ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศ ระดับการเงือกงโลหิต ประเภทของพื้นผิววัตถุการฉายแสงยูวีและระยะเวลาที่ฉายแสงยูวีต่อการตรวจหาคราบโลหิตด้วยวิธี Kastle-Meyer test และวิธี FOB 1-Step Fecal Occult Blood. <http://ithesisir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1924/1/57312317.pdf>
6. จุฑามาศ ชีมนุ่น. (2559). การตรวจคราบโลหิตของมนุษย์ด้วยวิธีฟีนอล์ฟทาไลน์ ลูมินอล และ ฟลูออเรสเซินบนพื้นรองเท้าชนิดต่างๆ. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. <http://ithesisir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1567/1/57312335.pdf>
7. พินิตา กรทอง และคณะ. (2558). เปรียบเทียบการตรวจคราบโลหิตโดยวิธี Kastle-Meyer, Luminol และ Bluestar® บนพื้นผิวที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน. การจัดประชุมเสนองานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5 (น. 1-9).
8. สวรรส ภูมิโน. (2555). การตรวจวัดคราบโลหิตโดยวิธีฟีนอล์ฟทาไลน์ เตตระเมทิลเบซีดีน ลูมินอล และ บลูสตาร์. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. <http://www.sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/11907>
9. Fonseca, R. I. B., Ricci, E. L., Spinosa, H. D. S., Bernardi, M. M., Abreu, G. R. D., Waziry, P. A. F., & Fukushima, A. R. (2019). Actual trends in the use of the kastle-meyer test: applications in different species and verification of the limit of detection of sensitivity and vestigiality. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 8(4), 166-170. <https://medcraveonline.com/JDVAR/JDVAR-08-00261.pdf>
10. เทคนิคการรีฟลักซ์ [cited 2023 Feb 20]. Available from: <http://elife-news.blogspot.com/2017/12/blog-post.html>

## การหารอยร้าวของหลอดอาหารของหมูโดยใช้แบเรียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ประธาน วงศ์ตาหล้า \*

### บทคัดย่อ

แบเรียมซัลเฟตเป็นสารทึบรังสีที่ใช้ตรวจหารอยร้าวของหลอดอาหารทางรังสีวิทยาและมีข้อจำกัดคือมันมีความหนืดสูงทำให้ไม่สามารถเข้าสู่รอยร้าวที่มีขนาดเล็กได้ ไม่นานมานี้ได้มีการนำเอาแบเรียมซัลเฟตมาอุ่นให้มีความหนืดลดลงและสามารถหารอยร้าวขนาดเล็กได้ วัตถุประสงค์คือลดความเข้มข้นของ  $BaSO_4$  เพื่อตรวจหารอยร้าวขนาดเล็กของหลอดอาหารของหมู วิธีวิจัยหาความเข้มข้นที่เพียงพอต่อการแปรสภาพถ่ายรังสีโดยถ่ายภาพลูมิเนียมสเตรปเวจด์ 11 ขึ้นร่วมกับภาพไมโครเพลทของแบเรียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ใช้สถิติครัสคาล-วัลลิส ( $\alpha = 0.05$ ) ในการพิจารณาหาความเข้มข้นของแบเรียมซัลเฟตที่มีค่าความดำเท่ากับแบเรียมซัลเฟตที่มีความเข้มข้นเท่ากับร้อยละ 100 W/V หลังจากนั้นหลอดอาหารหมูมาแช่ในน้ำเกลือออร์มัลซาไลน์ ( $n=6$ ) และถูกเจาะรูด้วยเข็มฉีดยาขนาดต่าง ๆ ต่อมานำแบเรียมซัลเฟตความเข้มข้นต่าง ๆ ฉีดเข้าไปในหลอดอาหารหมูด้วยอัตราการไหล 10 มิลลิลิตร/นาที ผลการวิจัย แบเรียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 60 ถึง ร้อยละ 90 นั้นสามารถลดทอนรังสีได้เทียบเท่ากับความเข้มข้นร้อยละ 100 ( $p < 0.0001$ ) รอยร้าวที่สามารถตรวจพบได้จากแบเรียมซัลเฟตร้อยละ 60 ถึง 100 ร้อยละนั้นสามารถเห็นรอยร้าวขนาดเท่ากันคือ 1.65 ถึง 2.11 มิลลิเมตร สรุปแบเรียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น ร้อยละ 60 นั้นเหมาะสำหรับการหารอยร้าวขนาดเล็กของหลอดอาหารหมูเนื่องจากมีปริมาณที่น้อยที่สุดและอาจเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับใช้ในการศึกษารอยร้าวของหลอดอาหารขนาดเล็ก

คำสำคัญ : สารทึบรังสี แบเรียมซัลเฟต ความหนืด หลอดอาหาร

\* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

# Esophageal Leak Detection in Pig Model by Using Various Barium Sulfate Concentration

Prathan Wongtala

## Abstract

Barium sulfate ( $\text{BaSO}_4$ ) is a radio-contrast media for esophagogram.  $\text{BaSO}_4$  is poor detection of small leakage because of its high viscosity. Recently warming barium sulfate ( $\text{BaSO}_4$ ), low viscosity, revealed improved finding of small leaks. Aim: various  $\text{BaSO}_4$  concentrations for detection of small porcine esophageal leaks. Methods: 11 steps of aluminum wedge and a micro-plate with various  $\text{BaSO}_4$  concentrations of were radiographed. The similar optical density of each concentration to number of step wedge were read by observers' visualization. The optimum  $\text{BaSO}_4$  concentration were determined by using Kuskull-wallis statistics ( $\alpha=0.05$ ). 6 porcine esophagi punctured, using various hypodermic needles, were submerged in NSS solution.  $\text{BaSO}_4$  concentrations of 100%, 80% and 60% w/v were injected into esophagus with flow rate of 10 ml/min. Results: 60% to 90% concentrations of ready to use  $\text{BaSO}_4$  could attenuate x-rays similar to 100% ( $p<0.0001$ ). The detected smallest porcine holes of 60% to 100% were 1.65 to 2.1. Conclusion: Barium concentration of 60% offers the best sensitivity of esophageal small leak detection base on their small quantity. Barium at 60% concentration may be the optimum choice to detect small esophageal leaks in  $\text{BaSO}_4$  swallowing study.

Keywords: Contrast media, Barium sulfate, Viscosity, Esophagus

## ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในการตรวจพิเศษของระบบทางเดินอาหารในปัจจุบันได้นำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการตรวจ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (Computed tomography, CT) โดยเฉพาะการใช้กล้องส่องพิเศษของระบบทางเดินอาหาร แต่การตรวจดังกล่าวยังมีข้อจำกัดคือไม่สามารถมองเห็นการทะลุของอวัยวะภายในระบบทางเดินอาหารได้ ดังนั้นการตรวจพิเศษด้วยสารทึบรังสีทางรังสีวิทยาจึงยังมีความจำเป็นอยู่โดยการใช้สารประกอบ  $BaSO_4$  ใส่เข้าไปในอวัยวะที่ต้องการหารอยรั่ว แต่เนื่องจาก  $BaSO_4$  นั้นมีความหนืดสูงทำให้  $BaSO_4$  ลอดผ่านรอยรั่วที่เล็กไปได้ยาก Brick S.H และคณะได้ทำการวิจัยว่าผู้ป่วยจำนวน 26 รายที่คาดว่ามีการตีบของหลอดอาหารและทำการตรวจทางรังสีโดยใช้สารทึบรังสี  $BaSO_4$  ผลที่ได้พบว่ามีกรตรวจแบบปกติโดยใช้สารทึบรังสี  $BaSO_4$  นั้นสามารถแปลผลได้เพียง 15 รายเท่านั้นส่วนอีก 11 คนนั้นต้องทำการตรวจซ้ำโดยใช้สารทึบรังสี Water soluble iodine compound (1) ดังนั้น Raman V. และคณะได้ทำการลดความหนืดของ  $BaSO_4$  โดยนำไปอุ่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ ผลที่ได้พบว่าการอุ่น  $BaSO_4$  ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ( $^{\circ}C$ ) นั้นสามารถวัดรอยรั่วที่เล็กได้ถึง 1.3 มิลลิเมตร (มม.) ในขณะที่อุณหภูมิห้องนั้น  $BaSO_4$  สามารถวัดรอยรั่วได้เพียง 2.1 มม. (2) Gollub MJ. และคณะได้นำเอา  $BaSO_4$  มาศึกษารอยรั่วหลังการผ่าตัดหลอดอาหารของผู้ป่วย 12 รายและมีรอยรั่วทั้งหมด 29 รอยด้วยแบเรียมซัลเฟตการเจือจาง 50 % W/V ผลที่ได้พบว่าการใช้แบเรียมซัลเฟตนั้นมีความปลอดภัยและไม่พบการติดเชื้อในผู้ป่วย (3) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการลดความหนืดของ  $BaSO_4$  โดยการลดความเข้มข้นของ  $BaSO_4$  ในการหารอยรั่วขนาดต่าง ๆ

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ลดความเข้มข้นของ  $BaSO_4$  เพื่อตรวจหารอยรั่วขนาดเล็กของหลอดอาหารของหนู

## รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive study) และได้ผ่านการรับรองให้ทำวิจัยจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยนเรศวรเลขที่ 6202004

## ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยหลอดอาหารหนู จำนวน 6 หลอด



## วัสดุและวิธีการ

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่อง Fluoroscopy ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น UD 150B-10
2. แผ่น Image plate ยี่ห้อ Kodak รุ่น CR Cassette ขนาด 10 x 12 นิ้ว
3. CR reader ยี่ห้อ Carestream รุ่น DirectView Vita CR
4. เข็มฉีดยาขนาด 14G 16G และ 18G
5. สารทึบรังสี Barium sulfate ชนิดผงยี่ห้อ Microbar
6. Aluminum (Al) step wedge 11 ขั้น

### สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. BaSO<sub>4</sub> ชนิดผงยี่ห้อ Microbar
2. น้ำกลั่น
3. 0.9% Sodium chloride (NSS)

### ขั้นตอนงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ

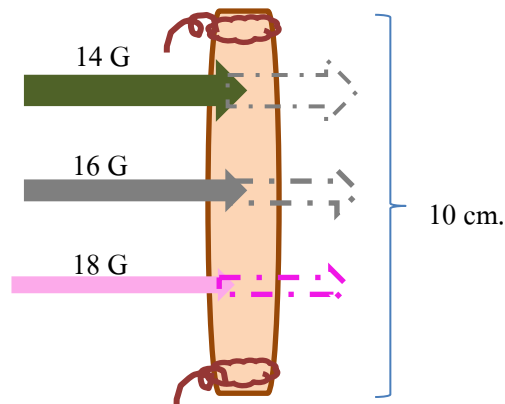
1. หาค่าความเข้มข้นที่เพียงพอต่อการแปรผลภาพถ่ายรังสี
  2. การหารอยรั่วหลอดอาหารหมูโดยวิธีการฟูออโรสโคปี
1. หาค่าความเข้มข้นที่เพียงพอต่อการแปรผลภาพถ่ายรังสี
    - 1.1 นำ BaSO<sub>4</sub> มาทำการปรับความเข้มข้นคือ 100 80 70 60 และ 50% w/v ตามลำดับ
    - 1.2 หาค่าความดำของสารทึบรังสี BaSO<sub>4</sub> ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่สามารถหาค่าความดำของภาพถ่ายรังสีที่เท่ากับกับ BaSO<sub>4</sub> ความเข้มข้น 100% w/v โดยการ Pipetted สารทึบรังสี BaSO<sub>4</sub> ทุกความเข้มข้นด้วยปริมาตร 200 ไมโครลิตร (μL) ลงใน Microtiter Plate จำนวนความเข้มข้นละ 3 หลุม แล้วนำมาถ่ายภาพทางรังสีร่วมกับกับ Al step wedge หลังจากนั้นให้อาสาสมัครจำนวน 5 คน

มองความดำของภาพถ่ายรังสีที่ความเข้มข้นต่าง ๆ นั้นตรงกับความดำขั้นที่เท่าไรของ AI Step wedge ทำการบันทึกผลเพื่อใช้คำนวณทางสถิติต่อไป

## 2. การหารอยรั่วหลอดอาหารหมูโดยวิธีการฟลูออโรสโคปี

### 2.1 นำหลอดอาหารหมูความยาว 10 เซนติเมตร (ซม.) มาทำการมัดต้นและปลายด้วยด้ายเย็บผ้า

หลังจากนั้นทำการบรรจุลมเข้าไปในหลอดอาหารหมูเพื่อทำการทดสอบว่าหลอดอาหารหมูไม่ลึกลับขาดโดยทำการนำหลอดอาหารหมูไปจุ่มในน้ำแล้วดูฟองอากาศว่ามีกรั่วหรือไม่ หลังจากนั้นทำการเจาะหลอดอาหารหมูทางด้านข้างให้ทะลุผ่านผนังหลอดอาหารหมูทั้ง 2 ด้าน ด้วยเข็มฉีดยา ขนาด 14G 16G และ 18G ( 1.83 1.63 และ 1.27 มม.) แต่ละรูอยู่ห่างกัน 1 ซม. หลังจากนั้นทำการถอนเข็มกลับมาโดยให้ปลายเข็มทั้งหมดนั้นอยู่ภายในช่องตรงกลางของหลอดอาหารดังภาพที่ 1



ภาพ 1 แสดงการเจาะหลอดอาหารหมูด้วยเข็มขนาด 14 G 16G และ 18G

2.2 นำหลอดอาหารหมูไปใส่ในกระป๋องพลาสติกที่บรรจุใน NSS ที่ความลึก 12 ซม. ทำการฉีดสารทึบรังสี  $BaSO_4$  ที่ความเข้มข้น ต่างๆ คือ 100 80 และ 60 % w/v โดยใช้หลอดอาหารหมู จำนวน 2 หลอดในแต่ละความเข้มข้น ด้วยอัตราการไหล 10 มิลลิตรต่อนาที

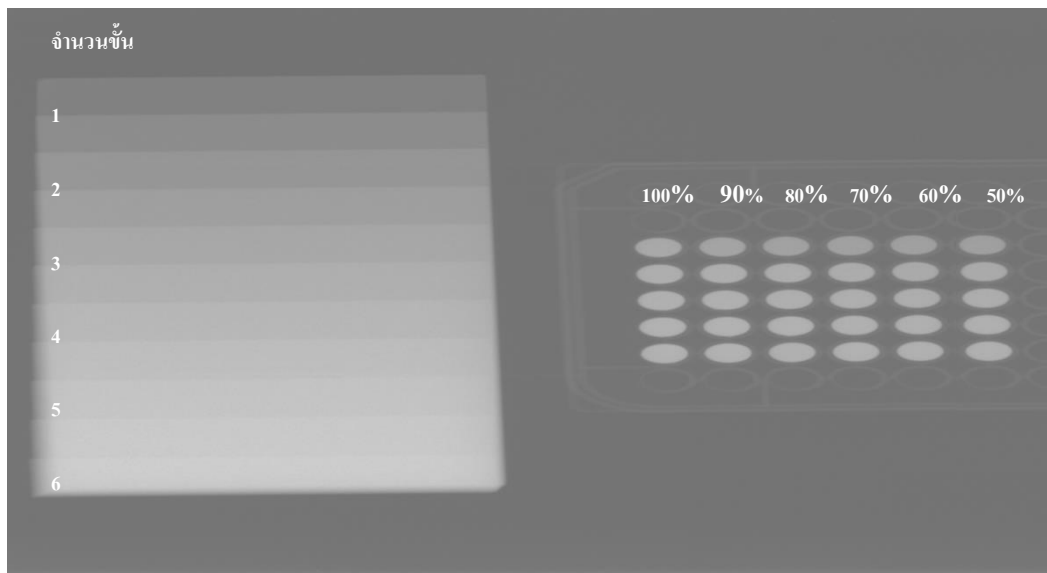
2.3 ทำการ Fluoroscopy เพื่อดูการรั่วของสารทึบรังสี โดยอาศัยผลการมองเห็นรอยรั่วที่เล็กที่สุดของอาสาสมัครครบทั้ง 5 คน

2.4 ทำการล้างหลอดอาหารหมูจำนวน 5 ครั้งจนสะอาด แล้วปฏิบัติกรซ้ำ 3 ครั้ง

## ผลการศึกษา

1 ผลการหาความเข้มข้นของ BaSO<sub>4</sub> ที่เหมาะสมในการหารอยรั้วของหลอดอาหารหมู

หลังการ Pipetted สารทึบรังสี BaSO<sub>4</sub> ลงใน Microtiter Plate แล้วผู้วิจัยทำการถ่ายภาพรังสีร่วมกับ AI Step wedge โดยใช้ค่าเอกโพเซอร์เท่ากับ 48 KVp 2.5 mAs และได้ค่าความดำ (Exposure indicator, EI) เท่ากับ 1,997 (ค่าปรกติ 1,850-2,150) ซึ่งได้แสดงในภาพ 2



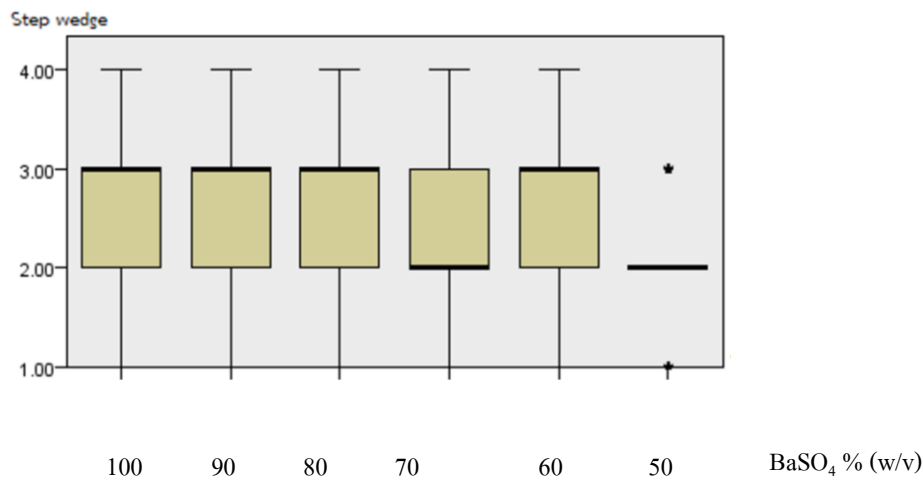
ภาพ 2 แสดงภาพถ่ายทางรังสีของ AI Step wedge ร่วมกับสารทึบรังสีความเข้มข้นต่างๆใน Micro plate

จากนั้นผู้ประเมินรอยรั้วจำนวน 5 คน ทำการมองภาพความดำของสารทึบรังสีแต่ละความเข้มข้นเพื่อดูว่ามีความดำตรงกับ AI Step wedge ชั้นที่เท่าใด

ผู้วิจัยเลือกใช้สถิติ Kuskull wallis ของโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics version 23 มาวิเคราะห์ผลว่าค่ากลางของค่าความดำของ Step wedge แต่ละความเข้มข้นนั้นแตกต่างกับภาพความดำของ BaSO<sub>4</sub> ที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 หรือไม่ ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 3

ตารางที่ 1 แสดงความค่าของ AI Step wedge แต่ละความเข้มข้นของ BaSO<sub>4</sub> ความเข้มข้นต่าง ๆ

BaSO <sub>4</sub> (%w/v)	Max	Min	Median	Interquartile range	p-value
100	4	1	3	2-3	-
90	4	1	3	2-3	1.00
80	4	1	3	2-3	1.000
70	4	1	2	2-3	1.000
60	4	1	3	2-3	1.000
50	2	2	2	2	0.000



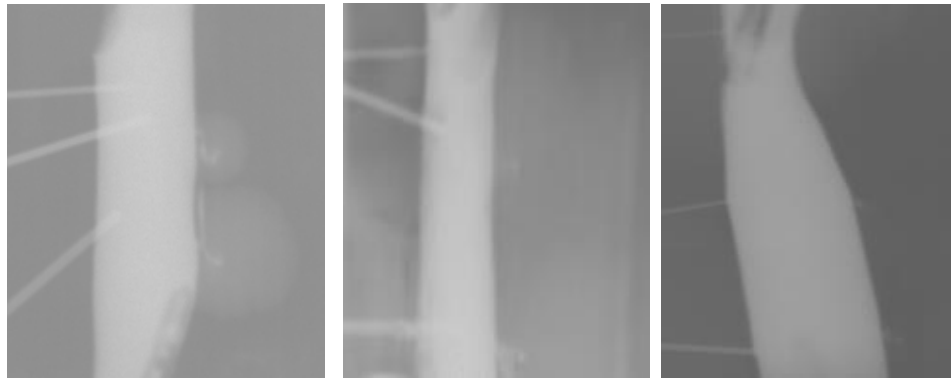
ภาพ 3 แสดงค่าความค่าของความเข้มข้นต่างๆของ BaSO<sub>4</sub> ที่อ่านได้จาก AI Step wedge

(\* p-value < 0.05 เปรียบเทียบกับ BaSO<sub>4</sub> 100% w/v)

ผลการวิจัยของตารางที่ 1 พบว่าความเข้มข้นของ BaSO<sub>4</sub> 50% w/v นั้นมีค่าความค่าแตกต่างกับ BaSO<sub>4</sub> ที่ความเข้มข้น 100 % w/v อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) ทำให้ผู้วิจัยทราบว่าความเข้มข้นของ BaSO<sub>4</sub> ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปนั้น สามารถลดทอนรังสีได้เท่ากับ BaSO<sub>4</sub> ที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกความเข้มข้นของ BaSO<sub>4</sub> ที่ร้อยละ 60 80 และ 100 มาทำการหารอรั่วหลอดอาหารหมูจากสารทึบรังสี BaSO<sub>4</sub> ต่อไป

ผู้วิจัยทำการหารอรั่วของหลอดอาหารหมู สารทึบรังสี BaSO<sub>4</sub> โดยการดูภาพขณะทำการ Fluoroscopy

โดยให้ผู้ประเมินจำนวน 5 คนมองหารอรั่วดังภาพที่ 4



ก.

ข.

ค.

ภาพ 1 แสดงผลการรั้วของหลอดอาหารหมูที่ ก. ความเข้มข้นร้อยละ 100 ข. ความเข้มข้นร้อยละ 80 และ ค. ความเข้มข้นร้อยละ 60

ผลการมองเห็นรอยรั้วของหลอดอาหารหมูระหว่างการ Fluoroscopy ของผู้ประเมินจำนวน 5 คน ผลที่ได้แสดงในตารางที่

2

ตารางที่ 2 แสดงจำนวน (คน) ของผู้ประเมิน ที่มองเห็นรอยรั้วของหลอดอาหารหมูระหว่างการ Fluoroscopy

BaSO <sub>4</sub> (%w/v)	จำนวนผู้ประเมิน (n=5)		
	14G	16G	18G
100	5	5	0
80	5	5	0
60	5	5	0

จากตารางที่ได้ทำให้ผู้วิจัยทราบว่าความเข้มข้นที่ร้อยละ 100 ร้อยละ 80 และ ร้อยละ 60 นั้นสามารถมองเห็นรอยรั้วได้เท่ากับ 2.11 มิลลิเมตร (14G) และ 1.65 มิลลิเมตร (16G) แต่ไม่สามารถเห็นรอยรั้วขนาด 1.27 มิลลิเมตร (18G) ได้

## อภิปรายผลการวิจัย

เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนจำกัด ผู้วิจัยจึงใช้หลอดอาหารหมูแต่ละหลอดสำหรับการฉีดสารทึบรังสีแต่ละความเข้มข้น ผู้วิจัยจึงทำการล้างหลอดอาหารหมูด้วย NSS จำนวน 5 ครั้งเพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีสารทึบรังสี  $\text{BaSO}_4$  ตกค้างอยู่ในหลอดอาหารหมู

สารทึบรังสี  $\text{BaSO}_4$  ที่ใช้ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้  $\text{BaSO}_4$  ชนิดผงยี่ห้อ Microbar มาฉีดในหลอดอาหารหมูซึ่งปรับความเข้มข้นให้เท่ากับความเข้มข้นของ  $\text{BaSO}_4$  ชนิด Ready to use คือ 140 g/mL เป็นความเข้มข้น 100% w/v เพื่อใช้ในการทดลอง

ผู้วิจัยได้ใส่ NSS เข้าไปในถึงน้ำให้มีความลึกใกล้เคียงกับความลึกความหนาของคอมมูนิตี้ คือ 12 เซนติเมตร ในการหาค่าความเข้มข้นที่มีค่าความดำเทียบเท่ากับ  $\text{BaSO}_4$  ความเข้มข้น 100 %w/v นั้นผู้วิจัยพบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 60 ถึง 90% เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสม เนื่องจากตัวอย่างมีจำนวนจำกัดเช่นกัน ผู้วิจัยเลือกสารทึบรังสี 3 ความเข้มข้นคือ ความเข้มข้นร้อยละ 100 80 และ 60 มาทำการ Fluoroscopy ด้วยการฉีดสารทึบรังสีเข้าทางหัวท้ายของหลอดอาหารข้างละ 7.5 ซีซี ด้วยอัตราการไหล 10 มิลลิลิตร/นาที โดยการใช้ Foley catheter

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการฉีดสารทึบรังสี  $\text{BaSO}_4$  เข้าไปในหลอดอาหารหมูแล้วผลที่ได้พบว่าที่ความเข้มข้นทั้ง 3 ความเข้มข้นวัดรอยรั่วได้ขนาดที่เท่ากันคือ 1.65 มิลลิเมตร (16G) และ 2.1 มิลลิเมตร (14G)

Raman V. และคณะ พบว่าการอุ่น ที่  $\text{BaSO}_4$  ที่อุณหภูมิ 30, 40, 50, และ 70 °C นั้นผลการอุ่นที่อุณหภูมิ 40 °C นั้นเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดและสามารถหารอยรั่วที่ขนาด 1.3 มิลลิเมตรได้ (2) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัยครั้งนี้แล้วพบว่าการอุ่น  $\text{BaSO}_4$  ที่อุณหภูมิ 40°C นั้นสามารถหารอยรั่วของหลอดอาหารได้ใกล้เคียงกับความเข้มข้นของ  $\text{BaSO}_4$  60 %w/v ดังนั้นการลดความเข้มข้นอาจเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการตรวจ Esophagogram ซึ่งสามารถทำได้รวดเร็วกว่าการอุ่นสาร  $\text{BaSO}_4$

ผลการศึกษานี้สรุปได้ว่า  $\text{BaSO}_4$  ความเข้มข้น 100 80 และ 60% w/v นั้นสามารถตรวจหารอยรั่วขนาดเล็กของหลอดอาหารหมูได้เท่ากันคือ 2.11 และ 1.64 มม. ซึ่ง  $\text{BaSO}_4$  ความเข้มข้น 60% w/v นั้นอาจเป็นทางเลือกสำหรับใช้ในการหารอยรั่วของหลอดอาหารขนาดเล็กในทางรังสีวิทยาได้ต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนิติรังสีเทคนิคชั้นปีที่ 4 จำนวน 5 คน สำหรับการเป็นอาสาสมัครในการดูรอยรั่วจากเครื่องฟลูออโรสโคปี

## เอกสารประกอบการเรียนเรียง

1. Brick SH, Caroline DF, Lev-Toaff AS, Friedman AC, Grumbach K, Radecki PD. Esophageal disruption: evaluation with iohexol esophagography. *Radiology*. 1988 Oct;169(1):141-3. doi: 10.1148/radiology.169.1.3420250. PMID: 3420250.
2. Raman V, MacGlaflin CE, Erkmen CP. Noninvasive positive pressure ventilation following esophagectomy: safety demonstrated in a pig model. *Chest*. 2015;147(2):356-61.
3. Gollub MJ, Bains MS. Barium sulfate: a new (old) contrast agent for diagnosis of postoperative esophageal leaks. *Radiology*. 1997 Feb;202(2):360-2. doi: 10.1148/radiology.202.2.9015057. PMID: 9015057.

## การวิเคราะห์การคงอยู่ของเขม่าปืนชนิดอินทรีย์บนมือภายหลังการยิงปืน

### Analysis of the persistence of organic gunshot residue on hand after firing

นายแพทย์ณภัทร ตีสงวน \*

อาจารย์นายแพทย์ภาณุวัฒน์ ชูติวงศ์ \*

#### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการตรวจเขม่าปืนชนิดอินทรีย์บนมือเป็นการตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์เพื่อใช้พิสูจน์ว่าผู้ผ่าน การสัมผัสหรือผ่านการยิงปืนมาหรือไม่ การตรวจเขม่าปืนชนิดอินทรีย์เป็นการตรวจในลักษณะใหม่ซึ่งเป็นการหา องค์ประกอบของดินปืนภายในกระสุนปืนเช่นกัน การวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาการคงอยู่ของเขม่าปืนชนิดอินทรีย์บนมือ ภายหลังการยิงปืน ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงระยะเวลาของการเก็บคราบเขม่าปืนบนมือของผู้ต้องสงสัยในเหตุ อาชญากรรมเกี่ยวกับอาวุธปืน โดยการศึกษานี้ได้ศึกษาจากอาสาสมัครจำนวน 15 คน ยิงปืนพกสั้นกึ่งอัตโนมัติเป็น จำนวน 3 นัดติดต่อกันโดยใช้กระสุนปืน Full metal jacket ชนิดวันน้อย เก็บคราบเขม่าบนมือภายหลังการยิงปืนที่ เวลาทันที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 4 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง สารที่สนใจศึกษาคือ N-nirosodiphenylamine (N-nDPA) , Diphenylamine (DPA) , Ethyl Centralite (EC) และ Methyl Centralite (MC) ซึ่งทำหน้าที่เป็น stabilizer และ plasticizer ของดินปืน โดยใช้เครื่อง Liquid chromatography-mass spectrometry ในการตรวจ พบว่า สาร Diphenylamine (DPA) และ Ethyl Centralite (EC) สามารถตรวจพบได้ถึง 6 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 82.4 – 100 แต่ตรวจได้ในระดับที่ต่ำกว่า Limit of Quantitation (ต่ำกว่าความเข้มข้น 0.001 ppm) สาร N-nirosodiphenylamine (N-nDPA) สามารถตรวจพบได้ถึง 6 ชั่วโมง ในจำนวนตัวอย่างที่น้อยกว่า คิดเป็นร้อยละ 23.5 – 35.3 แต่ตรวจได้ในระดับที่ต่ำกว่า Limit of Quantitation (ต่ำกว่าความเข้มข้น 0.001 ppm) และสาร Methyl Centralite (MC) ตรวจไม่พบในดินปืนของกระสุนปืนชนิดนี้

**คำสำคัญ (Keywords):** Organic gunshot residue, Persistence, Semi-automatic handgun, Full metal jacket bullet, N-nirosodiphenylamine, Diphenylamine, Ethyl centralite, Methyl centralite, Liquid Chromatography-Mass Spectrometry

---

\* ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันการก่ออาชญากรรมมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาวุธปืนนั้นเป็นอาวุธที่เกี่ยวข้องกับการก่ออาชญากรรมบ่อยครั้งเช่น การปล้นทรัพย์ การฆาตกรรมเนื่องมาจากการพนันหรือใช้ขู่เพื่อข่มขืนกระทำชำเรา ทำให้หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ เช่นการตรวจเขม่าปืน มีความสำคัญในการหาผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้อาวุธปืน เพื่อช่วยในการสืบสวนคดีที่เกี่ยวข้องกับอาวุธปืนและกระบวนการยุติธรรม<sup>(1)</sup>

เขม่าปืน (Gunshot Residue) คือสิ่งที่เกิดขึ้นภายหลังการยิงปืน ซึ่งเกิดมาจากส่วนที่เหลืออยู่จากการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer) ดินส่งกระสุนปืน (Propellant) และยังมีส่วนประกอบของปลอกกระสุนปืน (Cartridge) รวมถึงหัวลูกกระสุนปืน (Bullet) อีกด้วย เขม่าปืนที่เกิดขึ้นนั้น จะกระจายสะสมที่บริเวณต่าง ๆ ของร่างกายผู้ยิงปืนเช่น มือ ใบหน้า เส้นผม เสื้อผ้า รวมถึงสิ่งแวดล้อมบริเวณโดยรอบที่เกิดเหตุ จึงสามารถใช้เป็นหลักฐานที่แสดงว่าบุคคลนั้นผ่านการยิงปืนหรือสัมผัสอาวุธปืนมาหรือไม่<sup>(2)</sup>

ประเภทของเขม่าปืนนั้นแบ่งได้เป็น 1. ชนิดอินทรีย์ (Organic Gunshot Residue) ที่เกิดจากการเผาไหม้ของดินส่งกระสุนปืน (Propellant) 2. ชนิดอนินทรีย์ (Inorganic Gunshot Residue) ที่มาจากชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer) และหัวลูกกระสุนปืน (Bullet) โดยในปัจจุบันได้ใช้การตรวจหาเขม่าปืนชนิดอนินทรีย์ เช่น ตะกั่ว พลวง แบเรียม เป็นมาตรฐาน แต่ยังมีข้อเสียคือใช้เวลาในการวิเคราะห์นานและสารดังกล่าวสามารถปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้ เช่น ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับเครื่องยนต์หรือเครื่องจักร และในปัจจุบันบริษัทผลิตกระสุนปืนต่าง ๆ มีการพัฒนาส่วนประกอบในกระสุนปืนเพื่อให้มีโลหะหนักน้อยลงเพื่อลดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและลดความเป็นพิษต่อมนุษย์ เช่น กระสุนชนิดไม่มีตะกั่ว (Lead-free primer bullet) ทำให้การตรวจหาเขม่าปืนชนิดอนินทรีย์มีความซับซ้อนขึ้นและอาจจะมีการแปลผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการผิดพลาดได้<sup>(2)</sup>

การตรวจหาเขม่าปืนชนิดอินทรีย์เป็นการตรวจหาสารที่เกิดจากการเผาไหม้ของดินส่งกระสุนปืนที่ในปัจจุบันนิยมใช้ดินส่งกระสุนปืนชนิดควีนน้อย โดยจะเป็นการตรวจหาสารประกอบประเภท nitro-compound และสารเติมแต่ง (Additive) ต่าง ๆ ที่ใส่เข้าไปในดินส่งกระสุนปืน เพื่อช่วยให้ดินส่งกระสุนปืนมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น Diphenylamine (DPA) หรือ Ethyl centralite (EC) ที่ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) และสารเพิ่มความยืดหยุ่นและลดความหนืด (Plasticizer) ของดินส่งกระสุนปืน ซึ่งข้อดีของสารเติมแต่งเหล่านี้ใช้เวลาตรวจวิเคราะห์ได้รวดเร็ว (โดยวิธีการตรวจด้วย Gas Chromatography หรือ Liquid Chromatography) และมีความจำเพาะต่อดินส่งกระสุนปืนสูง เนื่องจากไม่มีสารรูปแบบนี้ปนเปื้อนในธรรมชาติ แต่การตรวจหาเขม่าปืนชนิดอินทรีย์ในปัจจุบันยังอยู่ในช่วงของการทดลองและศึกษาวิจัยทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย ซึ่งยังมีข้อมูลอยู่

น้อย ทั้งในแง่ของการคัดเลือกสารที่ตรวจ การกระจายตัวของเขม่าปืนหลังจากการยิงปืน วิธีการเก็บเขม่าจากตำแหน่งของร่างกายหรือเสื้อผ้า วิธีการเก็บเพื่อรอตรวจทางห้องปฏิบัติการ เทคนิควิธีการตรวจทางห้องปฏิบัติการ การคงอยู่ของเขม่าปืนบนร่างกายหรือเสื้อผ้าและการวิเคราะห์ผลทางห้องปฏิบัติการ<sup>(3)</sup>

ด้วยความก้าวหน้าทางเครื่องมือและความเข้าใจที่มากขึ้นเกี่ยวกับการเกิดเขม่าปืน ก่อนหน้านั้นนักวิเคราะห์ได้ให้ความสำคัญกับเขม่าปืนชนิดอนินทรีย์ (Inorganic Gunshot Residue) ซึ่งเกิดจากการสังตค้ำในชนวนท้ายกระสุนปืน (Primer) และกระสุนปืน (Bullet) แต่ปัจจุบันได้มีการวิเคราะห์สารที่เกิดจากดินส่งกระสุนปืน (Propellant) และสารเติมแต่ง (Additive) ซึ่งเกิดเป็นเขม่าปืนชนิดอนินทรีย์ (Organic Gunshot Residue) โดยสารเติมแต่ง (Additive) ที่เพิ่มเข้ามาจะช่วยป้องกันการสลายตัวจากความร้อนและลดความเหนียวของดินส่งกระสุนปืนลง ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติชอบไขมัน (Lipophilic) จึงสามารถตรวจพบบนมือหรือเสื้อผ้าได้<sup>(3), (4)</sup>

มีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเขม่าปืนชนิดอนินทรีย์ คุณสมบัติชอบไขมัน (Lipophilic) หรือ จุดเดือดมีผลต่อปฏิกิริยาอย่างมีนัยสำคัญ หลายการศึกษาใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อตรวจหาเขม่าปืนชนิดอนินทรีย์เช่น GC/MS, LC/MS หรือ IMS<sup>(5), (6)</sup>

ในปี ค.ศ. 1997 Meng and Caddy ได้สรุปผลงานของ Lloyd ที่ตรวจพบโมเลกุลของ ไนโตรกลีเซอลินบนใบหน้า ลำคอ และมือของผู้ที่ฆ่าตัวตายได้นานถึง 7 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามมีการศึกษาที่ขัดแย้งโดย Douse ว่าตรวจไม่พบสารไนโตรกลีเซอลินบนมือหลังจากการทดสอบ 11 ครั้ง แต่พบบนเสื้อผ้าหลังจากผ่านไปเวลา 6 ชั่วโมง จึงสรุปได้ว่าเสื้อผ้ามีประสิทธิภาพในการกักเก็บสารอินทรีย์บางชนิดมากกว่ามือ<sup>(7)</sup>

ปี ค.ศ. 2012 Arndt และคณะได้ศึกษาการคงอยู่ของเขม่าปืนชนิดอนินทรีย์บนมือของผู้ยิงปืนด้วยเครื่อง Ion-Mobility Spectrometry หลังจากยิงปืนที่เวลา 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมง โดยจำลองสถานการณ์ที่แตกต่างกันและกำหนดให้ผู้ยิงปืนหามล้างมือ พบว่าสามารถตรวจพบได้ถึง 4 ชั่วโมงและเขม่าปืนชนิดอนินทรีย์มีการส่งผ่านไปยังวัตถุอื่น (Secondary transfer) น้อย<sup>(8)</sup>

การศึกษาล่าสุดของ Maitre และคณะในปี 2018 ได้ศึกษาการคงอยู่ของเขม่าปืนชนิดอนินทรีย์บนมือของผู้ยิงปืนโดยใช้ carbon adhesive stubs เก็บบนตำแหน่งต่าง ๆ ของมือทั้งสองข้าง ที่เวลาหลังยิงต่างกัน (30 นาที , 1, 2 และ 4 ชั่วโมง) ด้วยเครื่อง Ultra Performance Liquid Chromatography – Mass Spectrometry (UPLC-MS/MS) โดยหาสารประกอบ 3 ชนิดคือ Diphenylamine (DPA), (N-Nitrosodiphenylamine (N-nDPA) และ Ethyl Centralite (EC) พบว่ามากกว่าร้อยละ 70 สามารถตรวจพบได้ถึง 4 ชั่วโมงหลังการยิง และปริมาณจะลดลง

มากที่สุดในช่วง 1 ชั่วโมงแรก ซึ่งแนวโน้มของปริมาณที่ลดลงจะคล้ายกับเขม่าป็นชนิดอนินทรีย์ ปัจจัยที่มีผลอิทธิพลต่อการคงอยู่ของเขม่าป็นได้แก่ สภาพแวดล้อม เช่น กระแสลม สภาพของผู้ยิง เช่น สภาพผิว ความหนาของผม เสื้อผ้า และอาวุธปืนที่แตกต่างกัน<sup>(9)</sup>

ในการศึกษาที่ผู้วิจัยศึกษาถึงการคงอยู่ของเขม่าป็นชนิดอนินทรีย์บนมือภายหลังการยิงปืน โดยการทดลองจำลองสถานการณ์การยิงปืนขึ้น และเก็บคราบเขม่าป็นบนมือภายหลังการยิงที่เวลาแตกต่างกัน (เก็บที่เวลาหลังยิงทันที หลังยิง 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 4 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง) เก็บที่บริเวณหลังมือและง่ามนิ้วมือระหว่างนิ้วโป้งและนิ้วชี้ทั้งสองมือ สารที่สนใจศึกษาคือ N-nirosodiphenylamine (N-nDPA) , Diphenylamine (DPA) , Ethyl Centralite (EC) และ Methyl Centralite (MC) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัวและสารเพิ่มความยืดหยุ่นและลดความเหนียวของดินปืน stabilizer และ plasticizer ของดินปืน โดยใช้เครื่อง Liquid chromatography–mass spectrometry ในการตรวจ มีสมมติฐานว่า จะสามารถตรวจพบเขม่าป็นชนิดอนินทรีย์บนมือได้อย่างน้อยจนถึง 4 ชั่วโมง และปริมาณที่ตรวจพบจะมีการลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

## วิธีดำเนินการวิจัย (Material and Methods)

### รูปแบบการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (Research Design, Population & Sample)

การศึกษาการคงอยู่ของเขม่าป็นชนิดอนินทรีย์บนมือภายหลังการยิงปืน เป็นการจำลองสถานการณ์การยิงปืนในหลายครั้งโดยควบคุมให้สถานการณ์เหมือนกันทุกครั้ง แต่เปลี่ยนระยะเวลาในการเก็บคราบเขม่า จึงเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเขม่าป็นชนิดอนินทรีย์ที่เหลืออยู่บนมือต่อช่วงเวลาที่มากขึ้น จึงมีรูปแบบการวิเคราะห์แบบวัดซ้ำ (Repeated measurement design)

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาได้จากกลุ่มอาสาสมัครชาวไทย ที่มีความสนใจในการเข้าร่วมการศึกษาวิจัย จำนวน 17 คน ผู้วิจัยได้ติดต่อขอความร่วมมือจากอาสาสมัครในสนามยิงปืนราชนาวิ บางนา (ที่อยู่ : สนามยิงปืนราชนาวิ บางนา ซอยลาซาล ถนนลาซาล ถนนสุขุมวิท 105 แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพมหานคร 10260) โดยการปิดประกาศเชิญชวนและให้ข้อมูลด้วยตนเอง

เกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย (Inclusion criteria) คือ

1. สภาวะร่างกายแข็งแรง
2. อายุมากกว่า 18 ปี ขึ้นไป
3. ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยความสมัครใจ และลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมการศึกษาภายหลังได้รับการอธิบายและอ่านเอกสารเกี่ยวกับแผนการวิจัยนี้จนเข้าใจโดยตลอด
4. มีความชำนาญในการใช้อาวุธปืนสั้นพกกึ่งอัตโนมัติ โดยสามารถใช้อาวุธปืนโดยไม่เกิดอันตราย

เกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครออกจากโครงการวิจัย (Exclusion criteria) คือ

1. อาสาสมัครปฏิเสธหรือขอถอนตัว
2. อาสาสมัครไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้วิจัยได้

### **การรวบรวมข้อมูล และจริยธรรมการวิจัย (Data Collection & Ethics)**

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลและคราบเขม่าด้วยตนเองและผู้ช่วย ณ สนามยิงปืนราชนาวิก บางนา ระหว่างช่วงเดือนมีนาคม 2564 ตัวอย่างคราบเขม่าที่ได้และข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือตรวจตามมาตรฐานของหน่วยนิติพิษวิทยา ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดำเนินการให้การรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นมาตรฐานสากลได้แก่ Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline และ International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice หรือ ICH-GCP เลขที่ 402/2021 และ Institutional Review Board เลขที่ 139/64

### **สถิติ (Statistics)**

จากการคำนวณทางสถิติขนาดตัวอย่างประเภทศึกษาความแตกต่างระหว่างสองกลุ่ม ใช้การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าการกระจายของข้อมูล (F-test) และ ANOVA : Repeated measures, within factors โดยโปรแกรม G-Power 3.1 ได้ 12 ตัวอย่าง แต่เพื่อครอบคลุมภาพกว้าง ผู้วิจัยจึงเพิ่มจำนวนตัวอย่างทั้งหมดเป็น 17 ตัวอย่าง โดยกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

Effect size  $f = 0.35$

Power (1-B error prob) = 0.8

Number of measurements = 5

Correlation among repeated measures = 0.5

Nonsphericity correction  $E = 1$

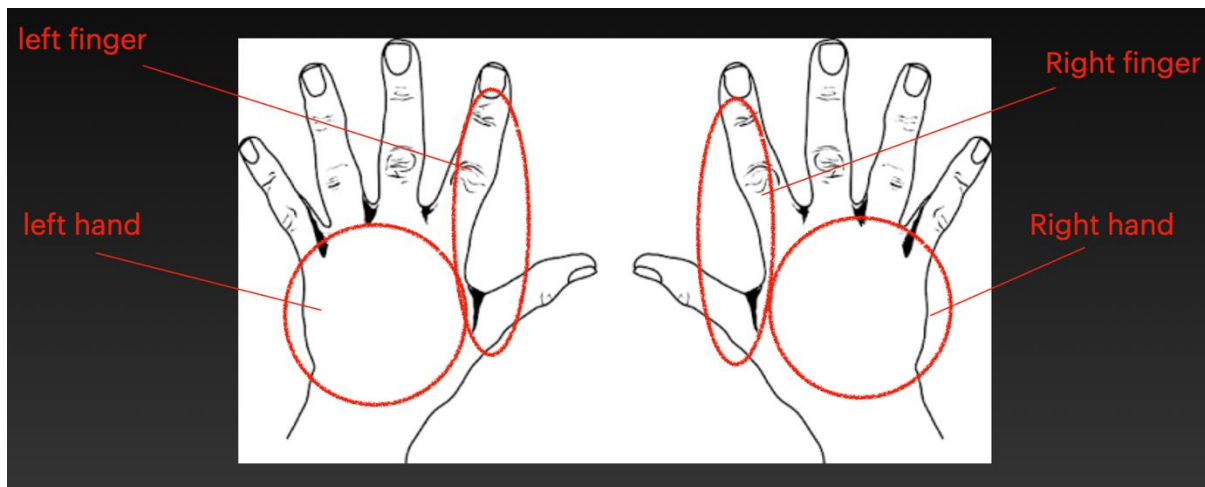
A error prob = 0.05    Number of groups = 2

วิเคราะห์อัตราการตรวจพบคราบเขม่าเป็นชนิดอินทรีย์บนตำแหน่งของมือต่าง ๆ ทั้งสองข้าง โดยการแจกแจงความถี่เป็นจำนวนและร้อยละ และใช้สถิติไร้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) วิเคราะห์ข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบอิสระ (Free distribution) โดยใช้การทดสอบความแตกต่างตามเกณฑ์ของจำนวนกลุ่ม (Related-Sample Cochran's Q Test) โดยใช้โปรแกรม IBM® SPSS® Statistics Subscription Build 1.0.0.1406 (2020) และ Microsoft Excel 2019

## วิธีดำเนินการวิจัย(Method)

### การดำเนินการเก็บข้อมูลและคราบเขม่า

1. อธิบายข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับแผนการวิจัย จนผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจและยินยอม บันทึกเพศ อายุ อาชีพ และกำกับหมายเลขของตัวอย่าง
2. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยล้างมือด้วยสบู่จนสะอาด เช็ดให้แห้งด้วยกระดาษซับมือและรอให้มือแห้งสนิทก่อน นำก้านสำลี (Cotton Swab) จุ่มด้วย สารละลายอะซิโตน (Acetone) เก็บตัวอย่างบริเวณหลังมือขวา ง่ามนิ้วมือขวา ระหว่างนิ้วโป้งและนิ้วชี้ของมือขวา หลังมือซ้าย และง่ามนิ้วมือระหว่างนิ้วโป้งและนิ้วชี้ของมือซ้าย เก็บใส่หลอดทดลองพลาสติกใสที่มีฝาปิด เพื่อเป็นตัวอย่างควบคุมก่อนการยิงปืนว่าไม่มีสารตกค้าง (Control)



รูปภาพที่ 1. แสดงบริเวณที่เก็บคราบเขม่าปืนบนมือทั้งสองข้าง

3. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัย สวมอุปกรณ์ป้องกันตาและหู จับอาวุธปืนด้วยสองมือโดยใช้มือขวากำอาวุธปืนก่อนแล้ว ใช้มือซ้ายประคองเพื่อรองรับอาวุธปืนอยู่ด้านข้างซ้ายของปืน ทำการยิงปืนพกกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ CZ รุ่น

75B ความยาวลำกล้อง 12 เซนติเมตร บรรจุกระสุนขนาด 9 มิลลิเมตร ด้วยกระสุนปืนลูกโดดชนิดคว้าน  
น้อย Full metal Jacket ยี่ห้อ Bullet Master(TH) ขนาด 9 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 3 นัดติดต่อกัน ด้วย  
เป้าหมายระยะประมาณ 10 เมตร ในสนามยิงปืนในร่ม (อากาศถ่ายเท ไม่มีเครื่องปรับอากาศ)



รูปภาพที่ 2. ปืนพกกึ่งอัตโนมัติ CZ รุ่น 75B บรรจุกระสุนขนาด 9 มิลลิเมตร



รูปภาพที่ 3. และ 4. กระสุนปืนขนาด 9 มิลลิเมตร Full Metal Jacket ยี่ห้อ Bullet Master



รูปภาพที่ 5. และ 6. ท่าทางการจับอาวุธปืน

(หมายเหตุ : ชนิดของอาวุธปืนในรูปดังกล่าวเป็นเพียงอาวุธปืนที่นำมาแสดงท่าทางการจับอาวุธปืน มิใช่อาวุธปืนที่นำมาทำการทดลอง)

4. เก็บตัวอย่างอีกครั้งหลังการยิงปืนทันที นำก้านสำลี (Cotton Swab) จุ่มด้วย สารละลายอะซิโตน (Acetone) เก็บตัวอย่างใส่หลอดทดลองพลาสติก โดยไม่เก็บที่มีมือ 1 ตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวอย่างควบคุม (Blank) เก็บตัวอย่างบริเวณหลังมือขวา ง่ามนิ้วมือขวาระหว่างนิ้วโป้งและนิ้วชี้ของมือขวา หลังมือซ้าย และง่ามนิ้วมือระหว่างนิ้วโป้งและนิ้วชี้ของมือซ้าย รวม 4 ตำแหน่ง เก็บใส่หลอดทดลองพลาสติกใสที่มีฝาปิด โดยแยกตัวอย่างใส่ตัวอย่างละ 1 หลอด



รูปภาพที่ 7. หลอดทดลองที่ใช้ในการเก็บก้านสำลีที่มีการเก็บคราบเขม่าปืน

5. ทำการทดลองซ้ำโดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยคนเดิม ทำตามขั้นตอนที่ 2 – 4 โคนเปลี่ยนเวลาจากการเก็บตัวอย่างทันทีหลังยิงปืนเป็นเวลา 1, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง หลังยิงปืน โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันปกติได้ แต่มีข้อปฏิบัติดังนี้



- 5.1 ห้ามจับอาวุธปืน อุปกรณ์เกี่ยวกับอาวุธปืน หรือ กระสุนปืน
  - 5.2 ห้ามล้างมือในช่วงเวลาหลังยิงปืนจนกว่าจะถึงการเก็บเขม่าปืนตามช่วงเวลา
6. ทำการทดลองซ้ำกับผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นจำนวน 17 คน



แผนภาพที่ 1. แสดงรูปแบบวิธีดำเนินการเก็บข้อมูลและคราบเขม่า

### การดำเนินการทางห้องปฏิบัติการ

1. ทำการสกัดและตรวจวิเคราะห์ระดับสารในตัวอย่างก้านสำลี ที่เก็บจากผู้เข้าร่วมวิจัย ด้วยเครื่อง Liquid chromatography-mass spectrometry ของบริษัท Shimadzu รุ่น LCMS-8060 และใช้ Column Shim-pack Velox Biphenyl, 1.8  $\mu\text{m}$ , 2.1x100 mm ภายในหน่วยนิติพิษวิทยา ภาควิชานิติเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีสารมาตรฐานที่สนใจดังนี้
  - 1.1 N-nitrosodiphenylamine (N-nDPA)
  - 1.2 Diphenylamine (DPA)
  - 1.3 Ethyl Centralite (EC)
  - 1.4 Methyl Centralite (MC)
  - 1.5 Diphenylamine-D10 (DPA-D10) เป็น Internal Standard เพื่อทำ Standard curve กับตัวอย่างสารตัวทำละลาย



โดย Standard Calibration Curve กำหนดความเข้มข้นกำหนดทั้งหมด 6 จุด ตั้งแต่ 0.001 ppm จนถึง 0.5 ppm โดยค่า  $R^2$  มากกว่า 0.9999 และค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 20 (Accuracy  $\pm$  20%)

2. ขั้นตอนการสกัดสารจากคราบเขม่ามีดังนี้

- 2.1 ตัวอย่างที่ทำการเก็บจากสนามยิงปืนถูกเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 อาทิตย์ก่อนนำมาสกัด เนื่องจากกระบวนการเตรียมสารมาตรฐาน Standard Calibration Curve
- 2.2 เติมตัวทำละลายเมทานอล (Methanol) ลงในหลอดทดลองพลาสติกที่มีก้านสำลีตัวอย่าง (Cotton swab) อยู่ด้านใน
- 2.3 นำหลอดทดลองที่เติมสารละลายเมทานอลแล้ว เข้าเครื่อง Sonicator เป็นเวลา 5 นาที
- 2.4 นำหลอดทดลองปั่นในเครื่อง Centrifuge เป็นเวลา 5 นาที ที่ความเร็ว 5000 รอบต่อนาที
- 2.5 กรองสารละลายด้วย Microfilter โดยแยกนำก้านสำลีด้านในทิ้ง
- 2.6 ดูดสารละลายที่กรองแล้วปริมาตร 100  $\mu$ l ใส่ในหลอด Microtube แล้วเติมสาร Diphenylamine-D10 (Internal Standard) ความเข้มข้น 5  $\mu$ g/ml ปริมาตร 20  $\mu$ l ผสมลงไป
- 2.7 นำเข้าเครื่องวิเคราะห์ Liquid chromatography–mass spectrometry โดยการตั้งค่าตามตาราง

ตารางที่ 1. การตั้งค่าของ Liquid Chromatography

LC Setting	
Nebulizing Gas Flow	3 L/min
Interface Temperature	350 °C
DL Temperature	200 °C
Heat Block Temperature	200 °C
Drying Gas Flow	5 L/min
LC Time Program	14 min
Total Pump Flow	0.3000 ml/min
Pump B Conc.	30.0 %
Pump Pressure limits (Pump A,B) Maximum	10000 psi
Column Oven Temperature	40 °C

ตารางที่ 2 ค่า m/z ของสารที่วิจัย

Mass Spectrometry			
Compound Name	Precursor m/z	Product m/z	CE
N-Nitrosodiphenylamine	199.0500	169.0500	-10.3
	199.0500	66.0000	-26.0
Diphenylamine	170.1000	93.0500	-24.5
	170.1000	65.0500	-34.4
Ethyl centralite	269.1000	148.0000	-13.3
	269.1000	120.0000	-22.6
Methyl centralite	241.0500	134.0000	-13.6
	241.0500	106.0000	-27.1
Diphenylamine-D10	180.2000	98.1000	-25.3
	180.2000	70.1500	-37.8

## สรุปผล (Result)

## Demographic data

อาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 17 คน เป็นเพศชายทั้งหมด อายุระหว่าง 26 ปี จนถึง 57 ปี ค่าเฉลี่ย 39.05 ปี (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 11.72 ปี) โดยอาชีพเป็นดังตาราง

ตารางที่ 3. แสดงข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัย

ลำดับที่	เพศ	อายุ	อาชีพ
1	ชาย	29	แพทย์
2	ชาย	26	แพทย์
3	ชาย	29	แพทย์
4	ชาย	29	แพทย์
5	ชาย	31	มูลนิธิ
6	ชาย	27	พนักงานขับรถ

7	ชาย	30	พนักงานขับรถ
8	ชาย	49	ธุรกิจส่วนตัว
9	ชาย	51	ธุรกิจส่วนตัว
10	ชาย	44	พนักงานรักษาความปลอดภัย
11	ชาย	54	ค้าขาย
12	ชาย	57	พนักงานรักษาความปลอดภัย
13	ชาย	53	ค้าขาย
14	ชาย	41	ธุรกิจส่วนตัว
15	ชาย	57	ธุรกิจส่วนตัว
16	ชาย	28	ธุรกิจส่วนตัว
17	ชาย	29	แพทย์

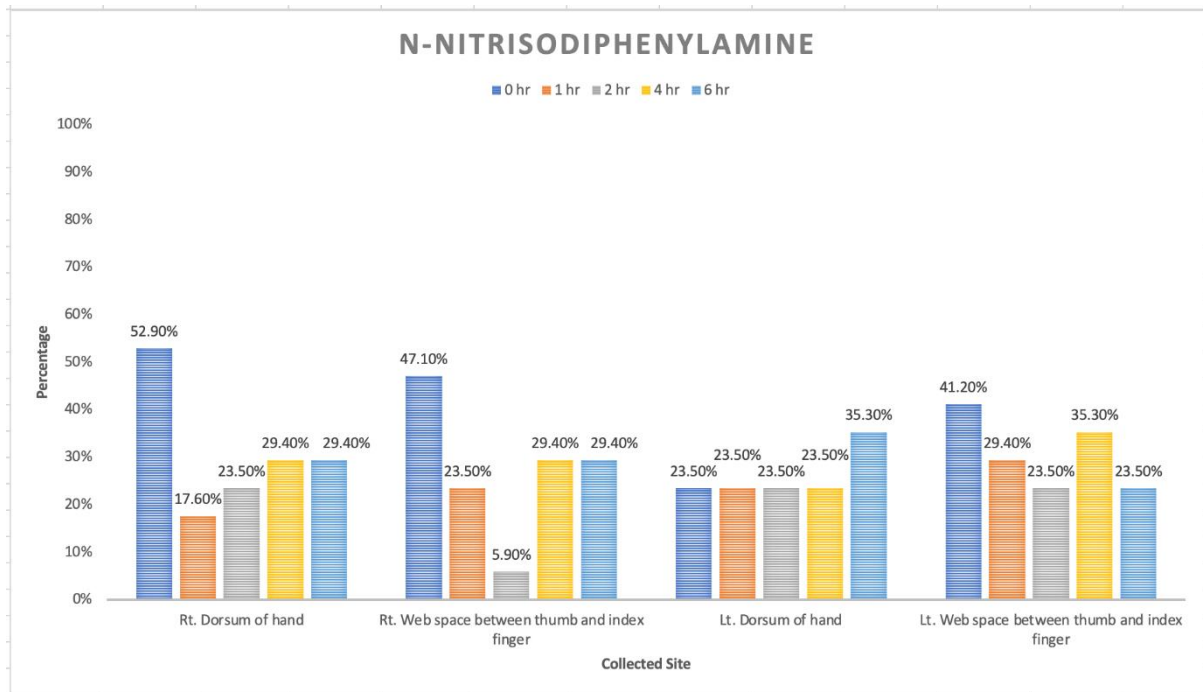
ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการอธิบายและอ่านเอกสารข้อมูลแผนการการวิจัยอย่างละเอียด มีความเข้าใจและสามารถปฏิบัติตามได้เป็นอย่างดี และกำกับด้วยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยตลอดการเก็บข้อมูลและคราบเขม่า

#### ผลการตรวจคราบเขม่าป็นชนิดอินทรีย์ด้วยเครื่อง LC-MS

ข้อมูลจากการตรวจคราบเขม่าป็นชนิดอินทรีย์บนมือในเวลาทันที 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 4 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมงภายหลังการยิงปืน ที่ตำแหน่งของมือ บริเวณหลังมือขวา ง่ามนิ้วมือขวาระหว่างนิ้วโป้งและนิ้วชี้ของมือขวา หลังมือซ้าย และง่ามนิ้วมือระหว่างนิ้วโป้งและนิ้วชี้ของมือซ้าย พบว่าตรวจพบสาร N-Nitrosodiphenylamine (N-nDPA), Diphenylamine (DPA) และ Ethyl Centralite (EC) ได้ทุกช่วงเวลาจนถึง 6 ชั่วโมงและทุกตำแหน่งของมือ คิดเป็นร้อยละดังตาราง

ตารางที่ 4. ร้อยละของการตรวจพบสาร N-Nitrosodiphenylamine (N-nDPA)

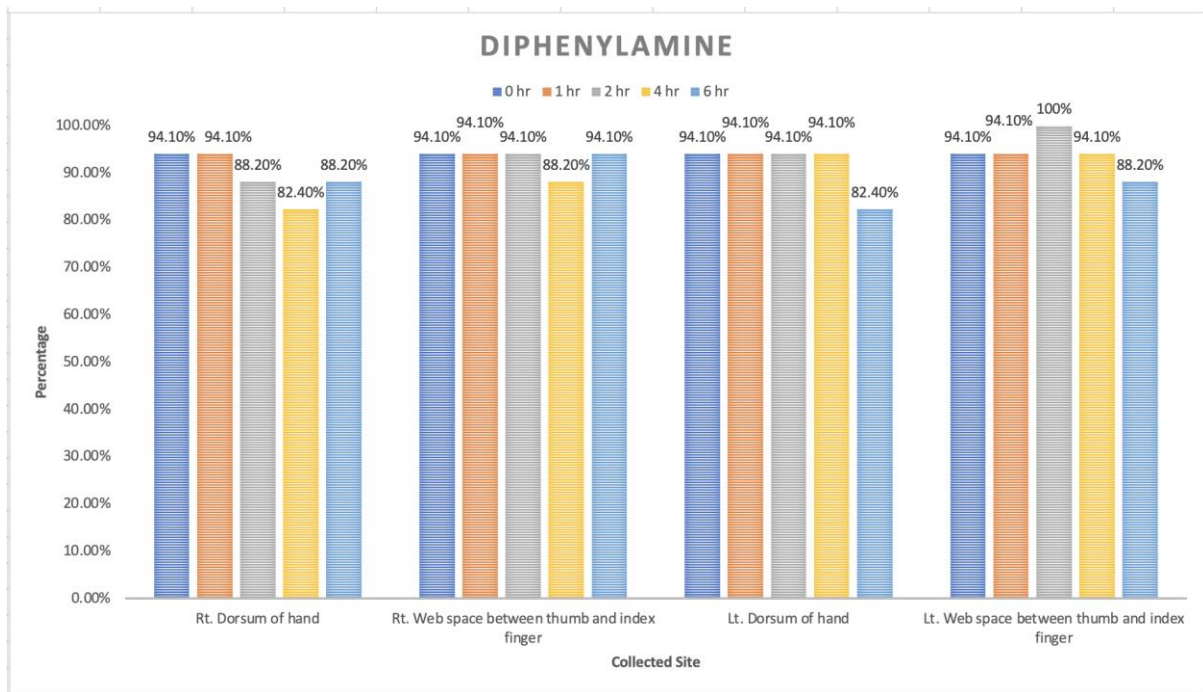
	เวลาทันที	1 ชั่วโมงหลังยิง	2 ชั่วโมงหลังยิง	4 ชั่วโมงหลังยิง	6 ชั่วโมงหลังยิง
ตำแหน่งมือ	ร้อยละ				
หลังมือขวา	52.9	17.6	23.5	29.4	29.4
ง่ามนิ้วมือขวา	47.1	23.5	5.9	29.4	29.4
หลังมือซ้าย	23.5	23.5	23.5	23.5	35.3
ง่ามนิ้วมือซ้าย	41.2	29.4	23.5	35.3	23.5



แผนภูมิภาพที่ 1. ร้อยละของการตรวจพบสาร N-Nitrosodiphenylamine (N-nDPA)

ตารางที่ 5. ร้อยละของการตรวจพบสาร Diphenylamine (DPA)

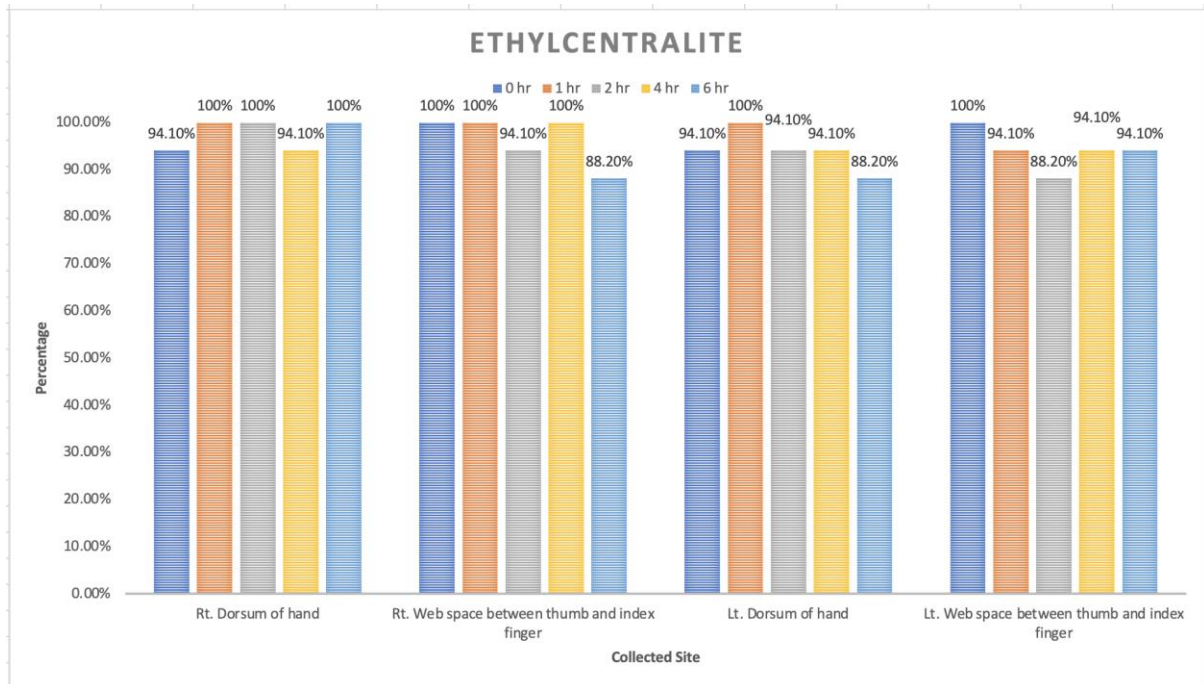
	เวลาทันที	1 ชั่วโมงหลังยิง	2 ชั่วโมงหลังยิง	4 ชั่วโมงหลังยิง	6 ชั่วโมงหลังยิง
ตำแหน่งมือ	ร้อยละ				
หลังมือขวา	94.1	94.1	88.2	82.4	88.2
ง่ามนิ้วมือขวา	94.1	94.1	94.1	88.2	94.1
หลังมือซ้าย	94.1	94.1	94.1	94.1	82.4
ง่ามนิ้วมือซ้าย	94.1	94.1	100	94.1	88.2



แผนภูมิภาพที่ 2. ร้อยละของการตรวจพบสาร Diphenylamine (DPA)

ตารางที่ 6. ร้อยละของการตรวจพบสาร Ethyl Centralite (EC)

	เวลาที่บันทึก	1 ชั่วโมงหลังยิง	2 ชั่วโมงหลังยิง	4 ชั่วโมงหลังยิง	6 ชั่วโมงหลังยิง
ตำแหน่งมือ	ร้อยละ				
หลังมือขวา	94.1	100	100	94.1	100
ง่ามนิ้วมือขวา	100	100	94.1	100	88.2
หลังมือซ้าย	100	94.1	100	94.1	88.2
ง่ามนิ้วมือซ้าย	100	94.1	88.2	94.1	94.1



แผนภูมิภาพที่ 3. ร้อยละของการตรวจพบสาร Ethyl Centralite (EC)

ตรวจไม่พบสาร Nitrosodiphenylamine (N-nDPA), Diphenylamine (DPA), Ethyl Centralite (EC) และ Methyl Centralite (MC) ในตัวอย่างควบคุมก่อนการยิงอาวุธปืน (Control) และตัวอย่างควบคุมระหว่างการเก็บคราบเขม่าในช่วงเวลาต่าง ๆ (Blank)

ตรวจไม่พบสาร Methyl Centralite (MC) ในทุกตำแหน่งของมือและทุกช่วงเวลาหลังยิงอาวุธปืน

เนื่องจากระดับสารที่ตรวจพบอยู่ในระดับที่คร่อมช่วงระดับต่ำที่สุดของเครื่องที่สามารถวัดปริมาณได้ (คร่อมช่วง Limit of Quantitation) ที่ความเข้มข้น 0.001 ppm แต่สูงกว่าระดับของเครื่องที่สามารถตรวจพบได้ (สูงกว่า Limit of Detection) ผู้วิจัยจึงสามารถรายงานผลได้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ไม่สามารถวัดเป็นข้อมูลเชิงปริมาณได้

จากข้อมูลดังกล่าวนำมาวิเคราะห์อัตราการตรวจพบคราบเขม่าปืนชนิดอินทรีย์บนตำแหน่งของมือต่าง ๆ ทั้งสองข้าง โดยการแจกแจงความถี่เป็นจำนวนและร้อยละ และใช้สถิติไร้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) วิเคราะห์ข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบอิสระ (Free distribution) โดยใช้การทดสอบความแตกต่างตามเกณฑ์ของจำนวนกลุ่ม (Related-Sample Cochran's Q Test) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งของมือและช่วงเวลาหลังการยิงอาวุธปืน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของแต่ละตำแหน่งของมือและแต่ละช่วงเวลาหลังยิงอาวุธปืนอย่างมีนัยสำคัญ โดยแยกเป็นแต่ละตำแหน่งมือต่อช่วงเวลา ค่า P-Value มากกว่า 0.05 ทั้งหมด ดังตาราง

ตารางที่ 7. คำนัยสำคัญทางสถิติของความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของมือต่อช่วงเวลาหลังยิงของสาร Nitrosodiphenylamine (N-nDPA)

ต่อช่วงเวลาต่าง ๆ หลังยิงอาวุธปืน	P-Value
หลังมือขวา	0.081
ง่ามนิ้วมือขวา	0.061
หลังมือซ้าย	0.835
ง่ามนิ้วมือซ้าย	0.565

ตารางที่ 8. คำนัยสำคัญทางสถิติของความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของมือต่อช่วงเวลาหลังยิงของสาร Diphenylamine (DPA)

ต่อช่วงเวลาต่าง ๆ หลังยิงอาวุธปืน	P-Value
หลังมือขวา	0.637
ง่ามนิ้วมือขวา	0.856
หลังมือซ้าย	0.573
ง่ามนิ้วมือซ้าย	0.287

ตารางที่ 9. คำนัยสำคัญทางสถิติของความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของมือต่อช่วงเวลาหลังยิงของสาร Ethyl Centralite (EC)

ต่อช่วงเวลาต่าง ๆ หลังยิงอาวุธปืน	P-Value
หลังมือขวา	0.558
ง่ามนิ้วมือขวา	0.255
หลังมือซ้าย	0.478
ง่ามนิ้วมือซ้าย	0.736

## การอภิปรายผล (Discussion)

การศึกษานี้เป็นการทดลองจำลองสถานการณ์การยิงอาวุธปืนเพื่อทำให้เกิดเขม่าปืนบนมือและเก็บที่เวลาหลังยิงที่แตกต่างต่างกันเพื่อดูว่าเขม่าปืนชนิดอินทรีย์บนมือสามารถอยู่ได้นานเพียงใด โดยการศึกษาี้ตรวจสอบเขม่าหลังยิงจนถึงเวลาหลังยิง 6 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า พบสารที่เป็นเขม่าปืนชนิดอินทรีย์ 3 ชนิดได้แก่ N-Nitrosodiphenylamine (N-nDPA), Diphenylamine (DPA) และ Ethyl Centralite (EC) โดยสาร Diphenylamine (DPA) และ Ethyl Centralite (EC) สามารถตรวจพบได้ถึง 6 ชั่วโมงและมีอัตราการตรวจพบสูงถึงร้อยละ 82.4 – 100 ที่ 6 ชั่วโมงหลังยิง และสาร N-Nitrosodiphenylamine (N-nDPA) ซึ่งเป็นสารอนุพันธ์ที่เกิดจาก Diphenylamine (DPA) สามารถตรวจพบได้ร้อยละ 23.5 – 35.3 ที่ 6 ชั่วโมงหลังยิง แม้ว่าจะไม่สามารถวัดเป็นระดับปริมาณสารได้ แต่มีอัตราการตรวจพบที่สูง จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจในอนาคตได้

การที่สาร N-Nitrosodiphenylamine (N-nDPA) ตรวจพบได้น้อยกว่าสารอีก 2 ชนิด เนื่องจาก N-Nitrosodiphenylamine (N-nDPA) เป็นสารอนุพันธ์ที่เกิดจาก Diphenylamine (DPA) ซึ่งในการยิงในแต่ละครั้ง การเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับปริมาณสาร Diphenylamine (DPA) ด้วย จึงคาดว่าจะตรวจพบได้น้อยกว่าสารทั้ง 2 ชนิด ดังผลการศึกษา

การที่สารตรวจพบในปริมาณที่ครอบคลุมช่วงระดับต่ำที่สุดของเครื่องที่สามารถวัดปริมาณได้ (ครอบคลุมช่วง Limit of Quantitation) ที่ความเข้มข้น 0.001 ppm แต่สูงกว่าระดับของเครื่องที่สามารถตรวจพบได้ (สูงกว่า Limit of Detection) อาจเป็นไปได้หลายปัจจัย เช่น

1. ส่วนประกอบของดินปืนในกระสุนปืน
2. กิจกรรมของผู้เข้าร่วมการศึกษาระหว่างการรอเก็บในช่วงเวลาต่าง ๆ
3. คุณสมบัติของผิวในการดูดซับ (Absorption) สารที่ละลายในไขมันได้ดี (Lipophilicity) เนื่องจากเขม่าปืนชนิดอินทรีย์ที่ตรวจมีคุณสมบัติ Lipophilicity เช่นกัน จึงอาจจะทำให้ผิวดูดซับไปหรือไม่สามารถดึงสารเหล่านี้่ออกในการเก็บด้วยก้านสำลีได้
4. วิธีการเก็บ อุปกรณ์ในการเก็บและสารตัวทำละลายในการเก็บคราบเขม่าปืน (Cotton swab และ Acetone) ซึ่งยังมีการศึกษาอยู่น้อยในเรื่องนี้
5. ช่วงเวลาของการเก็บคราบเขม่าปืนในหลอดทดลองก่อนนำมาสกัด มีการศึกษาที่พบว่าเขม่าปืนชนิดอินทรีย์มีการสลายตัวที่รวดเร็วหลังจากการเก็บจากมือและเก็บไว้ในตู้เย็นในห้องปฏิบัติการ (10)
6. วิธีการสกัดสารออกจากตัวอย่างคราบเขม่าที่เก็บมา ซึ่งยังมีการศึกษาอยู่น้อยในเรื่องนี้



อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีปัจจัยข้างต้นที่มีผลต่อปริมาณสารเคมีที่เป็นชนิดอินทรีย์ที่ลดลง แต่ยังคงตรวจพบได้ถึง 6 ชั่วโมงหลังยิง ในร้อยละของจำนวนตัวอย่างที่สูง ผู้วิจัยคาดว่าหากมีการปรับเปลี่ยนวิธีทำการเก็บคราบเคมีหรือการสกัดสาร อาจจะทำให้สามารถวัดเป็นปริมาณของสารได้ชัดเจนขึ้น

การตรวจไม่พบสาร Methyl Centralite (MC) ในทุกตัวอย่างเนื่องจาก การผลิตดินปืนมักจะเลือกใส่สาร Methyl Centralite (MC) หรือ Ethyl Centralite (EC) ตัวใดตัวหนึ่ง ในดินปืนของกระสุนชนิดนี้ตรวจพบสาร Ethyl Centralite (EC) จึงคาดได้ว่าตรวจไม่พบสาร Methyl Centralite (MC) (9)

ความสัมพันธ์ของตำแหน่งของมือและช่วงเวลาหลังการยิงอาวุธปืน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของแต่ละตำแหน่งของมือและแต่ละช่วงเวลาหลังยิงอาวุธปืนอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ในแต่ละตำแหน่งของมือทั้งสองข้างเทียบกับแต่ละช่วงเวลาหลังยิงอาวุธปืนไม่มีความเกี่ยวเนื่องกันเลย เนื่องจากการศึกษาได้มีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่จะมีผลต่อการปริมาณหรือการตรวจพบของเคมีที่เป็นชนิดอินทรีย์แล้ว แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าจะทำให้มีผลต่อการกระจายตัวของเคมีดังนี้

1. สภาพแวดล้อม เช่น กระแสลมที่พัดมาในแต่ละรอบยิงแตกต่างกัน
2. การเผาไหม้ของดินปืนในการยิงแต่ละครั้งไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลต่อการกระจายไปตำแหน่งต่าง ๆ ของมือในแต่ละรอบไม่เท่ากัน

หากมีการศึกษาต่อยอดและสามารถตรวจเป็นปริมาณสารเคมีที่เป็นชนิดอินทรีย์ได้ โดยการปรับเปลี่ยนปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณที่ลดลงที่กล่าวไว้ในข้างต้น ผู้วิจัยคาดว่าอาจจะพบความแตกต่างในแต่ละตำแหน่งของมือทั้งสองข้างและในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ หลังยิงอาวุธปืนได้

## สรุปผล (Conclusion)

เคมีที่เป็นชนิดอินทรีย์ที่เป็นสารแต่งเติม ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัวและสารเพิ่มความยืดหยุ่นและลดความเหนียว ได้แก่ Diphenylamine (DPA) และ Ethyl Centralite (EC) สามารถตรวจพบได้ร้อยละ 82.4 – 100 ที่ 6 ชั่วโมงหลังยิง สาร N-Nitrosodiphenylamine (N-nDPA) สามารถตรวจพบได้ร้อยละ 23.5 – 35.3 ที่ 6 ชั่วโมงหลังยิง และสาร Methyl Centralite (MC) ตรวจไม่พบในดินปืนชนิดนี้ โดยการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถวัดเป็นข้อมูลปริมาณสารได้และไม่มีความแตกต่างกันของแต่ละตำแหน่งของมือและแต่ละช่วงเวลาหลังยิงอาวุธปืนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถเป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัยต่อไปและจะสามารถใช้เป็นทางเลือกในการตรวจเคมีปืนเพื่อหาผู้ที่เกี่ยวข้องกับกรยิงปืนเพื่อประโยชน์ต่อกระบวนการยุติธรรมในอนาคต

### กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสมเด็จพระนางยีนราชนาวิ บางนา ที่ให้อนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าใช้สถานที่เก็บข้อมูลและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณอภิญา ทับทิมรัตนา นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ หน่วยนิติพิษวิทยา ฝ่ายนิติเวชศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย ที่ให้คำแนะนำและดูแลเป็นอย่างดี ในการทดลองและศึกษาการตรวจเขม่าดินปืนทางห้องปฏิบัติการ

### การแสดงถึงผลประโยชน์ทับซ้อน (Conflict of Interest)

ผู้วิจัยไม่ได้รับเงินทุนจากแหล่งใดและไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนทั้งด้านการเงินหรือด้านที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเงินกับผู้ใดหรือหน่วยงานใด

### แหล่งอ้างอิง (References)

1. 'ไทย' ครอบครองปืนมากสุดในอาเซียน [Internet]. ทีมข่าวอาชญากรรม 2563. [cited 15 กุมภาพันธ์ 2563]. Available from : <https://news.thaipbs.or.th/content/288988>
2. พลตำรวจตรี นายแพทย์ พรชัย สุธีรคุณ. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุขุมวิทการพิมพ์ ; 2562
3. William Feeneya, Courtney Vander Pylb, Suzanne Bellab, Tatiana Trejosb, Trends in composition, collection, persistence, and analysis of IGSR and OGSR: A review, Forensic Chemistry Volume 19, June 2020, <https://doi.org/10.1016/j.forc.2020.100250>
4. Charles, Sébastien & Geusens, Nadia & Vergalito, Emeline & Nys, Bart. (2019). Gunshot Residue, literature review 2016-2018.
5. L.S. Blakey, G.P. Sharples, K. Chana, J.W. Birkett, Fate and behavior of gunshot residue— A review, J. Forensic Sci. 63 (2018) 9–19, <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13555>.
6. ASTM, Standard Practice for Gunshot Residue Analysis by Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectrometry, B. Stand. (2016) 1–5. <https://doi.org/10.1520/E1588-17>.

7. H. Meng, B. Caddy, Gunshot residue analysis: A Review, *J Forensic Sci.* 42 (1997) 553–570.
8. J. Arndt, S. Bell, L. Crookshanks, M. Lovejoy, C. Oleska, T. Tulley, D. Wolfe, Preliminary evaluation of the persistence of organic gunshot residue, *Forensic Sci. Int.* (2012) 137–145, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.05.011>
9. M. Maitre, M. Horder, K. Kirkbride, A. Gassner, C. Weyermann, C. Roux, A. Beavis, A forensic investigation on the persistence of organic gunshot residues, *Forensic Sci. Int.* 292 (2018) 1–10, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.08.036>.
10. Forensic Technology Center of Excellence (FTCoE). (2015). *In-Brief: Organic Gunshot Residue Analysis for Potential Shooter Determination*. U.S. Department of Justice, National Institute of Justice, Office of Investigative and Forensic Sciences. <https://www.crime-scene-investigator.net/organic-gunshot-residue-analysis-for-potential-shooter-determination.html>

# การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาตายของศพเน่าในประเทศไทยกับอัตราส่วนการยุบตัวของสมองในภาพถ่ายรังสีเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

## Evaluation of Relation between Postmortem interval in decomposed bodies in Thailand and Settling ratio of brain in Postmortem CT scan

นายแพทย์ลานโพธิ์ เบญจปฐมรงค์ วงศ์วีระพันธุ์<sup>๑</sup>

อาจารย์นายแพทย์กรวิก มีศิลป์วิทย์<sup>๒</sup> อาจารย์นายแพทย์ธีรโชติ จงสกุล<sup>๓</sup>

อาจารย์นายแพทย์รัฐชัย แก้วลาย<sup>๒</sup>

นายแพทย์รัชชัย นาทองไชย<sup>๓</sup>

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หลังการเสียชีวิต (post-mortem computed tomography) ถูกนำมาใช้ประกอบกับการชันสูตรพลิกศพและผ่าศพตามกระบวนการมาตรฐานในสถาบันทางนิติเวชศาสตร์หลายแห่งในประเทศไทย การวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาตายของศพเน่าในประเทศไทยกับอัตราส่วนการยุบตัวของสมองในภาพถ่ายรังสีเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ซึ่งศพเน่าในประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงหลังการตายและเน่าเร็วกว่าพื้นที่ฝั่งโลกตะวันตกเนื่องจากสภาพอากาศร้อนชื้น โดยการศึกษานี้ได้ศึกษาจากศพ 80 ราย พบว่าในช่วงระยะเวลาตาย 12-24 ชั่วโมง ยังไม่พบลักษณะสมองยุบตัวที่จะวัดอัตราส่วนการยุบตัวของสมองในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ได้ ในขณะที่ศพระยะเวลาตาย 1 ถึง 7 วัน จะพบสมองยุบตัวลงจากการเน่า โดยจากผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนการยุบตัวของสมองในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาตายของศพเน่าในระดับความสัมพันธ์ปานกลางถึงสูง ทั้งในภาพถ่ายระนาบ sagittal plane และ transverse plane (correlation coefficient หรือ  $r = 0.73$  และ  $0.69$  ตามลำดับ) และอาจใช้สมการจากการศึกษาแบบ multiple linear regression เพื่อทำนายระยะเวลาตายของศพเน่าจากการวัดอัตราส่วนการยุบตัวของสมองในระนาบหนึ่ง ๆ ได้ โดยในงานวิจัยนี้พบสมการที่ใช้ในการศึกษานี้ที่มีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination,  $R^2$ ) สูงถึง 0.928

**คำสำคัญ (Keywords):** Postmortem computed tomography (PMCT), Postmortem interval, Decomposition, Brain Settling Ratio, Thailand, Tropical area

<sup>๑</sup>ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

<sup>๒</sup>ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

<sup>๓</sup>สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ กระทรวงยุติธรรม, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

## บทนำ (Introduction)

การผ่าศพทางนิติเวชศาสตร์ (Forensic Autopsy) เป็นกระบวนการหลักของการชันสูตรศพตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม การผ่าศพก็ยังมีข้อจำกัดในการเข้าถึงบางอวัยวะหรือการวินิจฉัยสาเหตุการเสียชีวิตบางอย่าง และการผ่าศพแต่ละครั้งต้องมีการนำอวัยวะแต่ละส่วนออกมาผ่า และศพในสภาพแวดล้อมบางอย่างมีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการตายอย่างรวดเร็วจนถึงการเน่า ซึ่งเป็นอุปสรรคในการชันสูตรศพเพื่อหารายละเอียดการตาย อีกทั้งในการผ่าศพยังไม่เป็นที่ยอมรับในบางพื้นที่หรือในบางกลุ่มความเชื่อ อันอาจทำให้ไม่สามารถระบุรายละเอียดแห่งการตายได้อย่างชัดเจน จนกระทั่งในปัจจุบันเริ่มมีการนำการตรวจทางรังสีวิทยามาใช้ในการตรวจทางนิติเวชศาสตร์มากขึ้นเพื่อเสริมความสามารถในการชันสูตรศพและในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว และพัฒนาเรื่อยมาจนกระทั่งเป็นองค์ความรู้ด้านนิติรังสีวิทยา (Forensic Radiology)

การตรวจทางรังสีวิทยานำมาใช้ในการกระบวนการตรวจทางนิติเวชศาสตร์ตั้งแต่ช่วงแรกที่มีการค้นพบรังสีเอ็กซ์ (X-Rays) โดยเรินท์เก็น (Roentgen) ในปี ค.ศ. 1895 และมีการนำไปใช้ในกระบวนการยุติธรรมในสหรัฐอเมริกาและสหราชอาณาจักรอังกฤษในฐานะพยานหลักฐานในคดีเกี่ยวกับบาดแผล กระสุนปืน และยังมีการนำไปใช้ประเมินอายุของศพในปี ค.ศ. 1896 และมีการพัฒนาองค์ความรู้เรื่อยมาจนกระทั่งมีการคิดค้นการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หรือ CT scan (computerized tomography scan) ในปี ค.ศ. 1971 และสามารถคิดค้นการตรวจ CT scan เพื่อนำมาจำลองเป็นภาพ 3 มิติได้ในที่สุดเมื่อปี ค.ศ. 1989 อันสามารถแสดงถึงโครงสร้างและอวัยวะภายในได้เสมือนจริง <sup>[4]</sup>

Forensic Radiology หรือ Virtual autopsy หรือ Virtopsy คือการใช้รังสีวินิจฉัยและการถ่ายภาพในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เอกซเรย์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เครื่องสแกนสามมิติด้วยเลเซอร์ และซอฟต์แวร์สร้างแบบจำลองสามมิติจากภาพถ่าย มาเสริมความสามารถของการชันสูตรศพทางนิติเวชศาสตร์และการตรวจการบาดเจ็บของผู้ป่วย และนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจมาประกอบการตัดสินใจต่าง ๆ ในกระบวนการชันสูตรตามกฎหมาย ตั้งแต่การตัดสินใจว่าจำเป็นต้องผ่าชันสูตรศพหรือไม่ การสร้างแบบจำลองกลไกการเสียชีวิตและการเกิดบาดแผล การตรวจสถานที่เกิดเหตุ ไปจนถึงการลงสาเหตุการเสียชีวิต

ในการผ่าชันสูตรศพเน่า (decomposed bodies) ข้อมูลที่ได้จากการผ่าศพอาจไม่สมบูรณ์เท่ากับการผ่าศพที่ยังไม่เน่า เนื่องจากการเสื่อมสลายของอวัยวะภายใน ทำให้การตรวจพยาธิสภาพของศพนั้นทำได้ยาก โดยเฉพาะการประเมินระยะเวลาหลังการตาย (Postmortem interval, PMI) ในศพเน่าอาจทำได้ยากและแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องของหลายปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยภายใน คือพยาธิสภาพก่อนตาย จุลชีพในตัวศพ ท่าของศพ และปัจจัย

ภายนอกคือสภาพแวดล้อม ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น แมลงสัตว์กัดแทะ ทำให้การประเมินเวลาการตายที่แท้จริงทำได้ยากและอาจต้องใช้การประเมินและให้ความเห็นจากนิติแพทย์ผู้เชี่ยวชาญประเมินระยะเวลาตายจากลักษณะภายนอกของศพที่ตรวจพบ <sup>[6],[7]</sup> จึงมีผู้ทำการศึกษาโดยการนำ PMCT มาใช้ในศพเน่าและให้ข้อมูลว่าลักษณะใดเป็นพยาธิสภาพที่พบได้ใน PMCT หรือเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงหลังการตาย

มีการศึกษาจำนวนหลายการศึกษาที่พบว่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศในพื้นที่มีผลต่อการเน่าของศพ <sup>[8]</sup> ในปี ค.ศ. 1989 A. Galloway และคณะ ได้ศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเน่าของศพในพื้นที่ตอนใต้ของรัฐแอริโซนา สหรัฐอเมริกา พบว่าในช่วงฤดูร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดก๊าซจากการเน่าในศพทำให้ศพพองตัวมากขึ้นและเกิดการเน่าเร็วขึ้น <sup>[9]</sup> ในปี ค.ศ. 1990 R.W. Mann ศึกษาพบอุณหภูมิสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อัตราเร็วการเน่าเพิ่มมากขึ้น <sup>[10]</sup> ในปี ค.ศ. 2015 D.L. Cockle และ L.S. Bell ได้ศึกษาแบบจำลองการประเมินระยะเวลาตายและกล่าวสรุปว่าปัจจัยภายนอกเช่นอุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อมของศพเป็นปัจจัยเร่งกระบวนการทางเคมีและชีววิทยาของกระบวนการเน่าทำให้ศพเน่าเร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ <sup>[11]</sup>

นับตั้งแต่มีการนำเทคนิคทางรังสีวิทยาใช้ในการตรวจทางนิติเวชศาสตร์เมื่อปี ค.ศ. 1895 ก็มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับ Virtopsy หลายรายโดยเฉพาะในต่างประเทศ ได้แก่ ในปี ค.ศ. 2001 M.J. Thali และคณะ ได้นำ CT scan มาใช้ศึกษาศพเน่า โดยศพที่ศึกษานั้นถูกฆาตกรรมจากการถูกของแข็งกระแทกที่ศีรษะและมีผู้พบศพสภาพเน่าภายในห้อง ณ ประเทศสวีเดนแลนด์ พบลักษณะของอวัยวะภายในที่เสื่อมสลายและแก๊สปริมาณมากและยังพบลักษณะการแตกของกะโหลกศีรษะ จึงสรุปว่า PMCT สามารถใช้เป็นเครื่องมือเพื่อให้ข้อมูลประกอบการผ่าชันสูตรศพในศพเน่าได้ โดยเฉพาะข้อมูลในเรื่องของสิ่งแปลกปลอมที่พบภายในศพและลักษณะการแตกหรือหักของกระดูก <sup>[12]</sup> ในปี ค.ศ. 2010 A.D. Levy และคณะ จากรัฐวอชิงตันดีซี สหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาลักษณะที่พบใน postmortem CT ร่วมกับการเน่า (Postmortem Imaging; MDCT Features of Postmortem Change and Decomposition) โดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางรังสีวิทยาเป็นผู้ประเมินผล postmortem CT และนิติพยาธิแพทย์เป็นผู้ประเมินการเน่าจากการผ่าชันสูตรศพ ผู้ทำการศึกษาได้แบ่งลักษณะ cerebral autolysis, cerebral settling และ cerebral liquefaction ออกเป็น early, moderate และ advanced decomposition ตามลำดับ โดยนำเสนอว่า cerebral autolysis และ cerebral settling จะพบในศพที่ตายมาแล้ว 24-48 ชั่วโมง และ 48-72 ชั่วโมง ตามลำดับ <sup>[13]</sup> ต่อมาในปี ค.ศ. 2015 C.E. Offiah และ J. Dean จากสหราชอาณาจักรได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังการตายในศพ

เน่าจากการตรวจ axial postmortem CT brain และนำเสนอว่าเมื่อเริ่มมีการเน่าระยะแรก จะมีภาวะ cerebral autolysis ซึ่งจะพบลักษณะความเข้มของภาพเนื้อสมองลดลง (bland attenuation of the brain parenchyma) ต่อมาจะเริ่มมีการหายไปของร่องสมอง (loss of normally sulci) และเริ่มพบแก๊สในหลอดเลือดสมอง (intravascular gas) ต่อมาเมื่อกระบวนการเน่าเกิดมากขึ้นจะเริ่มพบแก๊สมากขึ้นในหลอดเลือดและเริ่มพบแก๊สในเนื้อสมอง (intracerebral gas) และเนื้อสมองเริ่มยุบตัวลงคล้ายการตกตะกอน (brain parenchymal settling) และยิ่งมีการเน่ามากขึ้น เนื้อสมองจะยุบตัวเหลวตกลงตามแรงโน้มถ่วงมากขึ้น จนกลายเป็นลักษณะคล้ายของเหลว (liquified brain) และมีความเข้มภาพเหมือนน้ำและลดระดับเหมือนในที่สุด (water attenuation) <sup>[14]</sup> และในปี ค.ศ. 2017 T. Sutherland และ C. O'Donnell จากประเทศออสเตรเลียได้ศึกษาผลตรวจที่พบใน postmortem CT รวมทั้งสิ่งตรวจพบที่พบในศพเน่า และพบว่าความแตกต่างตามปกติระหว่าง grey matter และ white matter จะหายไปในการตรวจ postmortem CT (loss of grey white matter differentiation) และพบความหนาแน่นของเนื้อสมองใน postmortem CT ลดลง (diffuse reduction in parenchymal density) สัมพันธ์กับระยะเวลาตาย 24 – 48 ชั่วโมง <sup>[15]</sup>

ในประเทศที่มีลักษณะภูมิอากาศร้อนโดยเฉพาะประเทศไทย มักพบจำนวนศพเน่าได้มากกว่าประเทศฝั่งตะวันตก ซึ่งแม้วิทยาการตะวันตกจะมีองค์ความรู้ที่เริ่มใหม่เร็วกว่าและจำนวนมากกว่า แต่ด้วยสภาพภูมิอากาศจึงทำให้ประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนสามารถศึกษาวิจัยเพื่อหารายละเอียดการตายในศพเน่าได้มากกว่า (ในปี ค.ศ. 2019 ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 28.1 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุด 44.2 องศาเซลเซียส) แต่ถึงกระนั้น ปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจชันสูตรศพเน่าโดยใช้ postmortem CT scan ในประเทศไทยยังมีน้อย แม้จะมีการศึกษาจากต่างประเทศเกี่ยวกับการประเมินระยะเวลาตายจากศพเน่าด้วยการตรวจ postmortem CT scan อยู่บ้าง ก็เป็นการจำแนกลักษณะการเน่าเพื่อประเมินความสัมพันธ์กับระยะเวลาตาย โดยการประเมินจากการเน่าและการยุบตัวของสมองอย่างคร่าว ๆ และอาศัยการประเมินเชิงอัตวิสัย (subjectivity) อยู่มาก และยังไม่มีการศึกษาวิจัยในเชิงปริมาณ (Quantitative method) ในการประเมินลักษณะการเน่าของสมองในทางรังสีวิทยา ทั้งการศึกษาต่าง ๆ จากต่างประเทศก็ยังไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการตรวจศพในประเทศไทยเนื่องด้วยปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศดังกล่าว ทางคณะผู้วิจัยจึงทำวิจัยนี้ขึ้น

ในการศึกษานี้คณะผู้วิจัยศึกษาโดยประเมินความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาตายของศพเน่ากับอัตราส่วนการยุบตัวของสมองในภาพถ่ายรังสีเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ โดยมีสมมติฐานว่า ยิ่งศพเน่ามีระยะเวลาตายนานเท่าไร อัตราส่วนของปริมาตรเนื้อสมองต่อปริมาตรช่องกะโหลกย่อมลดลง หรืออีกนัยหนึ่งคือ อัตราส่วนระหว่างปริมาตร

อากาศเหนือเนื้อสมองต่อปริมาตรช่องกะโหลกย่อมมากขึ้นตามหรือแปรผกผันตาม แต่โดยที่การวัดปริมาตรเนื้อสมอง ปริมาตรอากาศ หรือปริมาตรช่องกะโหลกในภาพ CT scan ไม่อาจทำได้ คณะผู้วิจัยจึงศึกษาโดยการหาอัตราส่วน จากการวัดพื้นที่อากาศเหนือเนื้อสมองซึ่งเป็นพื้นที่สีดำ ทารด้วยพื้นที่ช่องกะโหลกทั้งหมด จึงได้เป็นอัตราส่วนการ ยุบตัวของสมอง (brain settling ratio, BSR) และศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งได้จากภาพ postmortem CT ดังนี้

BSR (brain settling ratio) เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่อากาศเหนือเนื้อสมองต่อพื้นที่ช่องกะโหลก

BSR<sub>t</sub> (brain settling ratio in transverse plane image) เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่อากาศเหนือเนื้อ สมองต่อพื้นที่ช่องกะโหลก ซึ่งวัดจากระนาบบนล่าง คือ transverse plane

BSR<sub>s</sub> (brain settling ratio in sagittal plane image) เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่อากาศเหนือเนื้อสมอง ต่อพื้นที่ช่องกะโหลก ซึ่งวัดจากระนาบซ้ายขวา คือ sagittal plane และ parasagittal plane

BSR<sub>s,0</sub> เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่อากาศเหนือเนื้อสมองต่อพื้นที่ช่องกะโหลก ที่ระนาบ midsagittal plane

BSR<sub>s,r<sub>n</sub></sub> เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่อากาศเหนือเนื้อสมองต่อพื้นที่ช่องกะโหลก ที่ระนาบ right parasagittal plane ซึ่งห่างจากแนวกลางไปทางขวา n เซนติเมตร

BSR<sub>s,l<sub>n</sub></sub> เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่อากาศเหนือเนื้อสมองต่อพื้นที่ช่องกะโหลก ที่ระนาบ left parasagittal plane ซึ่งห่างจากแนวกลางไปทางซ้าย n เซนติเมตร

BSR<sub>s,n</sub> เป็นค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างพื้นที่อากาศเหนือเนื้อสมองต่อพื้นที่ช่องกะโหลก ที่ระนาบ right parasagittal plane ที่ห่างจากแนวกลางไปทางขวา n เซนติเมตร และที่ระนาบ left parasagittal plane ซึ่งห่าง จากแนวกลางไปทางซ้าย n เซนติเมตร

BSR<sub>t<sub>n</sub></sub> เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่อากาศเหนือเนื้อสมองต่อพื้นที่ช่องกะโหลก ที่ระนาบ transverse plane ซึ่งห่างจากแนว anterior cranial fossa n เซนติเมตร

GR (Grey area) เป็นพื้นที่สีเทาในภาพ postmortem CT ซึ่งเป็นชั้นไขมันลอยอยู่ระหว่างเนื้อสมองและช่อง อากาศ โดยมี GR<sub>s,n</sub> และ GR<sub>t,n</sub> ซึ่งวัดพื้นที่ดังกล่าวที่ระนาบ sagittal plane และ transverse plane ที่ n เซนติเมตรตามลำดับ



## 2. วิธีดำเนินการวิจัย (Material and Methods)

### รูปแบบการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (Research Design, Population & Sample)

การศึกษาประเมินความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาตายของศพเน่า (postmortem interval in decomposed bodies) กับอัตราส่วนการยุบตัวของสมอง (settling ratio of brain) ใน postmortem CT scan มีรูปแบบการศึกษาเป็นแบบย้อนหลัง แบบพรรณนา และการศึกษาเชิงสหสัมพันธ์ (retrospective-descriptive correlation study)

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาได้จากประชากรซึ่งเป็นศพเน่าซึ่งผ่านการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ก่อนการผ่าศพ ณ สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ กระทรวงยุติธรรม ในช่วงเดือน มกราคม พ.ศ. 2562 – สิงหาคม 2563 จำนวนทั้งหมด 204 ราย ซึ่งประเมินระยะเวลาตายจากลักษณะภายนอกของศพที่มีลักษณะการเน่าเข้าได้กับระยะเวลาตายไม่เกิน 7 วัน และศพอายุตั้งแต่ 20 ปี แต่ไม่เกิน 70 ปี รวมเป็นจำนวนทั้งหมด 69 ราย โดยไม่รวมศพที่เข้าเกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) ดังนี้

- ศพที่มีประวัติเสียชีวิตจากอุบัติเหตุหรือการบาดเจ็บต่าง ๆ ซึ่งมีบาดแผลบริเวณคอ หรือมีกะโหลก ศีรษะแตกแบบเปิด

- ศพที่ถูกพบในน้ำ

- ศพที่มีหลักฐานการถูกแทงหรือสัตว์กัดแทะหลังตายบริเวณศีรษะ

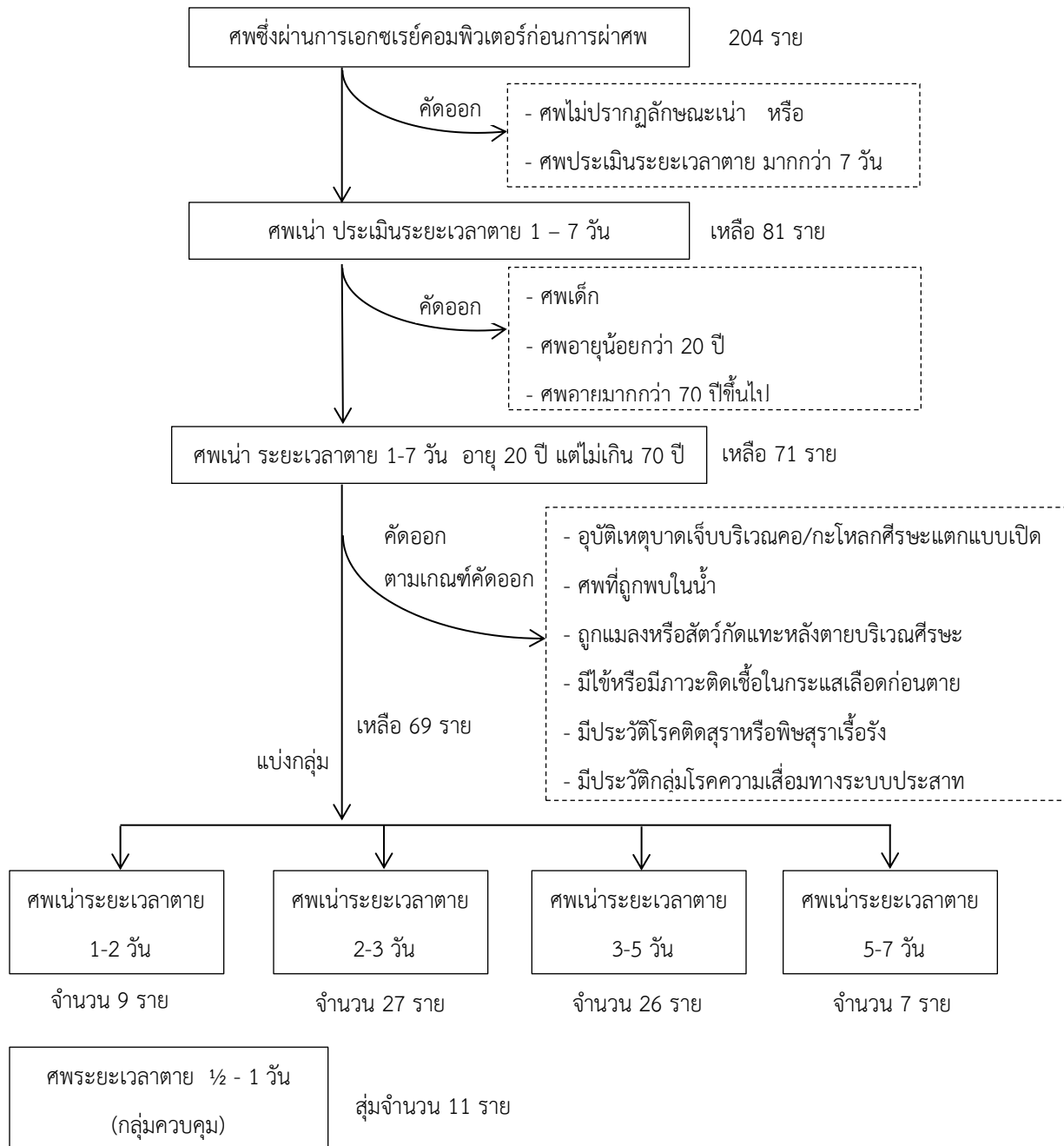
- ศพที่มีประวัติชัดเจนว่ามีไข้หรือมีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดก่อนตาย

- ศพที่มีประวัติได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคติดสุราหรือพิษสุราเรื้อรัง (alcohol dependence syndrome หรือ chronic alcoholism) ในช่วง 12 เดือนก่อนตาย

- ศพที่มีประวัติได้รับการวินิจฉัยโรคประจำตัวเป็นกลุ่มโรคความเสื่อมทางระบบประสาท (neurodegenerative disease) เช่น Alzheimer's disease, Parkinson's disease, Parkinson-plus syndrome

จากการคัดกลุ่มตัวอย่าง ได้ศพที่ประเมินระยะเวลาตายจากลักษณะภายนอกของศพ จำนวน 80 ราย โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ ศพที่ถูกประเมินว่ามีระยะเวลาตายประมาณ 12 - 24 ชั่วโมง, 1 - 2 วัน, 2 - 3 วัน, 3 - 5 วัน และ 5 - 7 วัน

ขั้นตอนการคัดเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่าง แสดงดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 แสดงการคัดเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การคัดเข้าและตัดออก

## การรวบรวมข้อมูล และจริยธรรมการวิจัย (Data Collection & Ethics)

ประธานขอข้อมูลจากสถาบันนิติวิทยาศาสตร์ กระทรวงยุติธรรม โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้ได้แก่ สถิติผู้เสียชีวิตตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2562 ถึง 31 สิงหาคม 2563 ประวัติผู้เสียชีวิต สาเหตุการตาย ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และภาพถ่ายซึ่งบันทึกขณะผ่าชันสูตรศพ

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดำเนินการให้การรับรองการยกเว้นพิจารณาจริยธรรมโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นมาตรฐานสากล Institutional Review Board เลขที่ 725/63, Certificate of Exemption เลขที่ 039/2020

## สถิติ (Statistics)

วิเคราะห์อัตราส่วนการยุบตัวของสมองและระยะเวลาตาย รวมทั้งข้อมูลตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการแจกแจงความถี่เป็นจำนวนและร้อยละ วิเคราะห์หาค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ยคู่กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) โดยใช้โปรแกรม IBM® SPSS® Statistics Subscription Build 1.0.0.1406 (2020) และ Microsoft Excel 2019

## วิธีดำเนินการวิจัย(Method)

ศพที่ถูกนำมาศึกษาในครั้งนี้มีทั้งศพที่ถูกผ่าชันสูตรศพโดยไม่ผ่านการแช่เย็นและศพที่ถูกผ่านการแช่เย็นเพื่อรักษาสภาพศพที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง จากนั้นจะถูกนำไปเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โดยใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ Toshiba รุ่น Aquilion Lightning โดยตั้งค่าแสดงดังตารางที่ 1 ภายในห้องอุณหภูมิประมาณ 20-25 องศาเซลเซียสและแสดงภาพโดยโปรแกรม Vitrea workstation® licensed for Central Institute of Forensic Science Thailand ก่อนทำการผ่าชันสูตรศพตามกระบวนการมาตรฐาน

ตาราง 1. ค่าการตั้งค่าเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

	Rotation time (s)	Tube voltage (kV)	Tube current (mA)	Slice collimation (mm)	Pitch	Total scan time (s)
Head & Neck	0.6	120	200	0.5x16x0.3	0.69	37
Body	0.6	120	150	1x16x0.8	0.94	34

ศพแต่ละรายจะถูกประเมินเวลาเสียชีวิต 3 ครั้ง โดยแพทย์ประจำบ้านชั้นปีที่ 3 สาขานิติเวชศาสตร์และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านนิติเวชศาสตร์ 2 ราย จากนั้นสรุประยะเวลาเสียชีวิตจากความเห็นข้างมาก โดยอาศัยเกณฑ์ตามตารางที่ 2 ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลที่เคยมีผู้ศึกษาไว้ในประเทศไทยและความเห็นจากแพทย์หลายสถาบันประกอบกัน

ตาราง 2. เกณฑ์การประเมินระยะเวลาเสียชีวิตจากลักษณะภาพนอกที่ปรากฏ<sup>[16],[17]</sup>

ระยะเวลาตาย	ลักษณะที่พบ
0 – 12 ชั่วโมง	ยังไม่ปรากฏลักษณะของการเน่า
12 – 24 ชั่วโมง	ผนังหน้าท้องศพเริ่มปรากฏเป็นสีเขียว
1 – 2 วัน	หลุดเลือดใต้ผิวหนังเน่า ปรากฏเป็นลาย
2 – 3 วัน	ร่างกายเริ่มบวมอืด ใบหน้าบวม ลิ้นจุกปาก ดวงตาถลน อঁดตะพอง ผิวหนังบางส่วนปรากฏเป็นสีคล้ำและเริ่มหลุดลอก
3 – 5 วัน	ร่างกายบวมอืดมากขึ้น ผิวหนังปรากฏเป็นสีคล้ำและเริ่มหลุดลอกมากขึ้น พบถุงน้ำตามร่างกายหลายแห่ง
5 – 7 วัน	ผิวหนังและเนื้อเยื่อบริเวณใบหน้าเริ่มสลายเผยให้เห็นกระดูกบริเวณใบหน้าและกะโหลกบางส่วน ร่างกายเริ่มยุบ

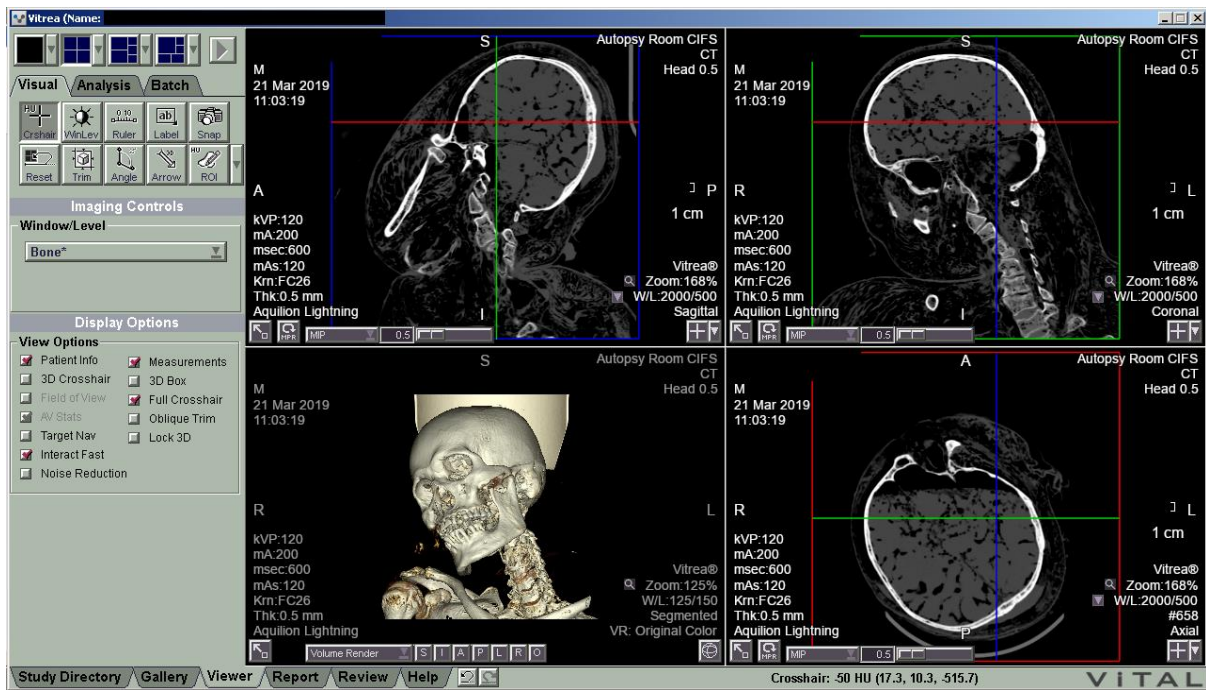
จากนั้นนำภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของศพแต่ละรายมาวิเคราะห์หาอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. แบ่งกลุ่มศพตามการประเมินระยะเวลาตาย แล้วเลือกตัวอย่างจากกลุ่มศพที่ประเมินระยะเวลาตายในแต่ละกลุ่ม ดังต่อไปนี้

- 1.1 กลุ่มระยะเวลาตาย 1 – 2 วัน จำนวน 9 ราย
- 1.2 กลุ่มระยะเวลาตาย 2 – 3 วัน จำนวน 27 ราย
- 1.3 กลุ่มระยะเวลาตาย 3 – 5 วัน จำนวน 26 ราย

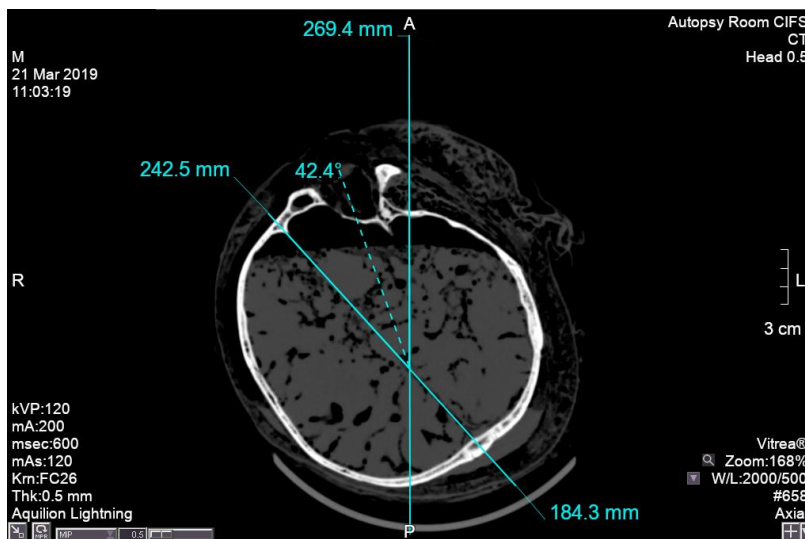
1.4 กลุ่มระยะเวลาตาย 5 – 7 วัน จำนวน 7 ราย

1.5 กลุ่มระยะเวลาตาย 12 – 24 ชั่วโมง เป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 11 ราย



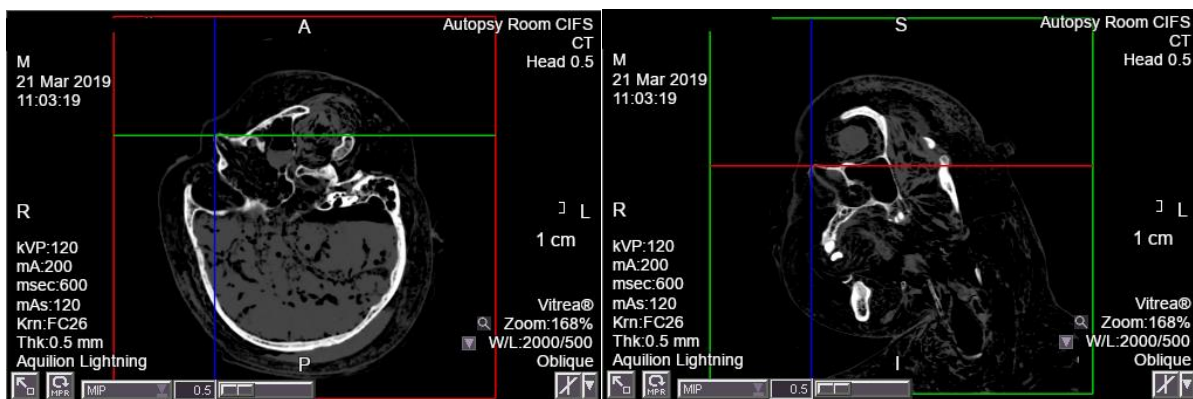
ภาพที่ 1 แสดงโปรแกรมภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง โดยจะแสดงภาพระนาบต่างๆ ทั้งระนาบ coronal view, sagittal view และ transverse view รวมทั้งภาพ 3D reconstruction ของกะโหลกและกระดูกต่าง ๆ ของศีรษะ

2. หาขนาดมุมที่ศีรษะเอียงจากแนวแกนตั้ง (vertical plane) เป็นหน่วยองศา (degree, deg.) โดยเลือก transverse plane เพื่อหาแนวแกนกลางสมองตามแนวหน้าหลัง (antero-posterior diameter) แล้ววัดมุมระหว่างแนวแกนกลางสมองกับแนวแกนตั้ง (ภาพที่ 2)

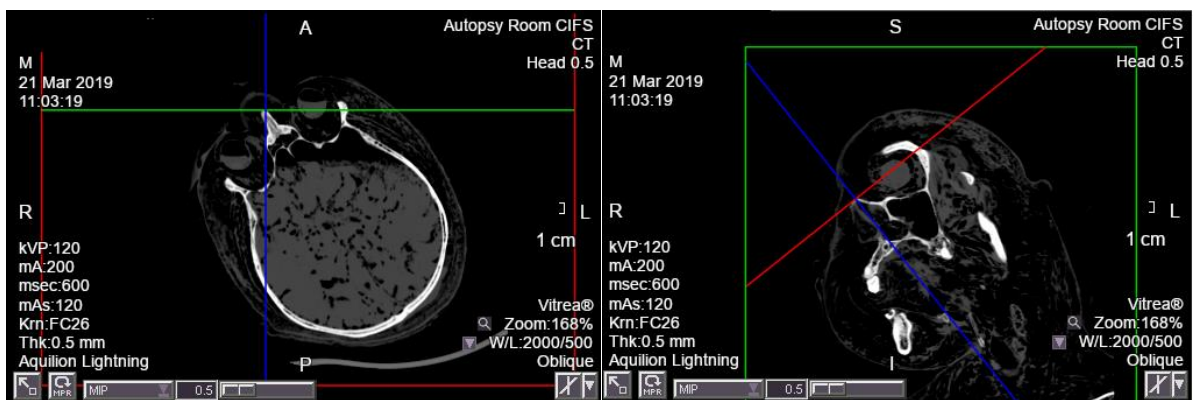


ภาพที่ 2 แสดงการวัดมุมของศีรษะที่หันขณะนำเข้าทำ CT scan เทียบกับเส้นสมมติแนวตั้ง

3. ปรับให้ระนาบในแต่ละ view ของภาพ CT brain ให้ตรงกับระนาบ anatomical plane ที่แท้จริง โดยอาจเริ่มจากปรับ transverse view ในภาพ CT brain ให้ตรงกับ transverse plane ของ anatomical plane ของ brain (ภาพที่ 3 และ 4 กรอบสีแดง) โดยสังเกตว่าจะพบ orbit ในภาพ CT brain สมมาตรเท่ากันทั้งสองข้าง จากนั้นจึงปรับให้ coronal view และ sagittal view ในภาพ CT brain ตรงกับ coronal plane และ sagittal plane ของ brain (ภาพที่ 3 และ 4 เส้นสีเขียวและเส้นสีน้ำเงิน ตามลำดับ) โดยอาจใช้ตำแหน่ง tip of nasal bone ตรงกับจุดตัดระหว่าง coronal plane และ sagittal plane (ภาพที่ 3 และ 4 จุดตัดเส้นสีเขียวและเส้นสีน้ำเงิน) และให้เส้นของ sagittal plane ตัดระหว่าง tip of nasal bone ผ่านแนวกลางของสมองตัดไปยังขั้วบริเวณ mid-occipital area



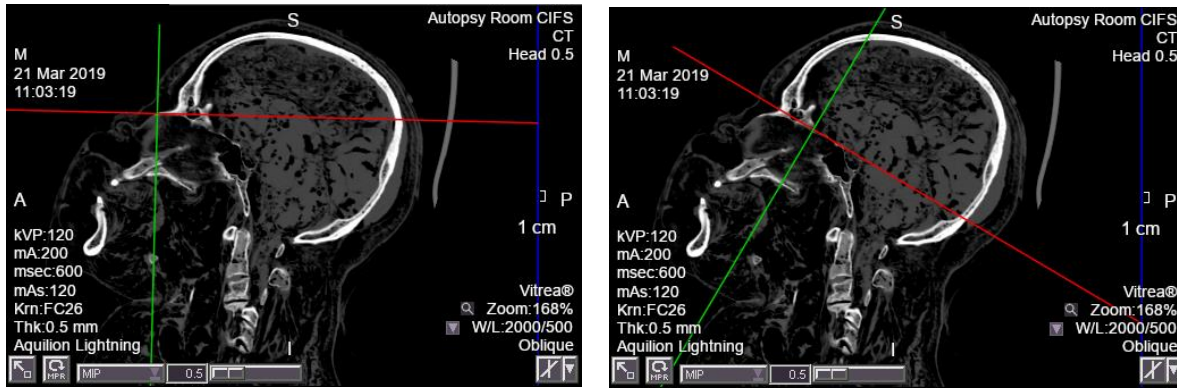
ภาพที่ 3 แสดง transverse view ขณะที่ภาพยังไม่ปรับให้ตรงกับ transverse plane ของสมองตาม anatomical position



ภาพที่ 4 แสดง transverse view ที่ตรงกับ transverse plane ของสมอง โดยจะพบความสมมาตรของรูปร่างเบ้าตาและกะโหลกที่พบในภาพ CT brain

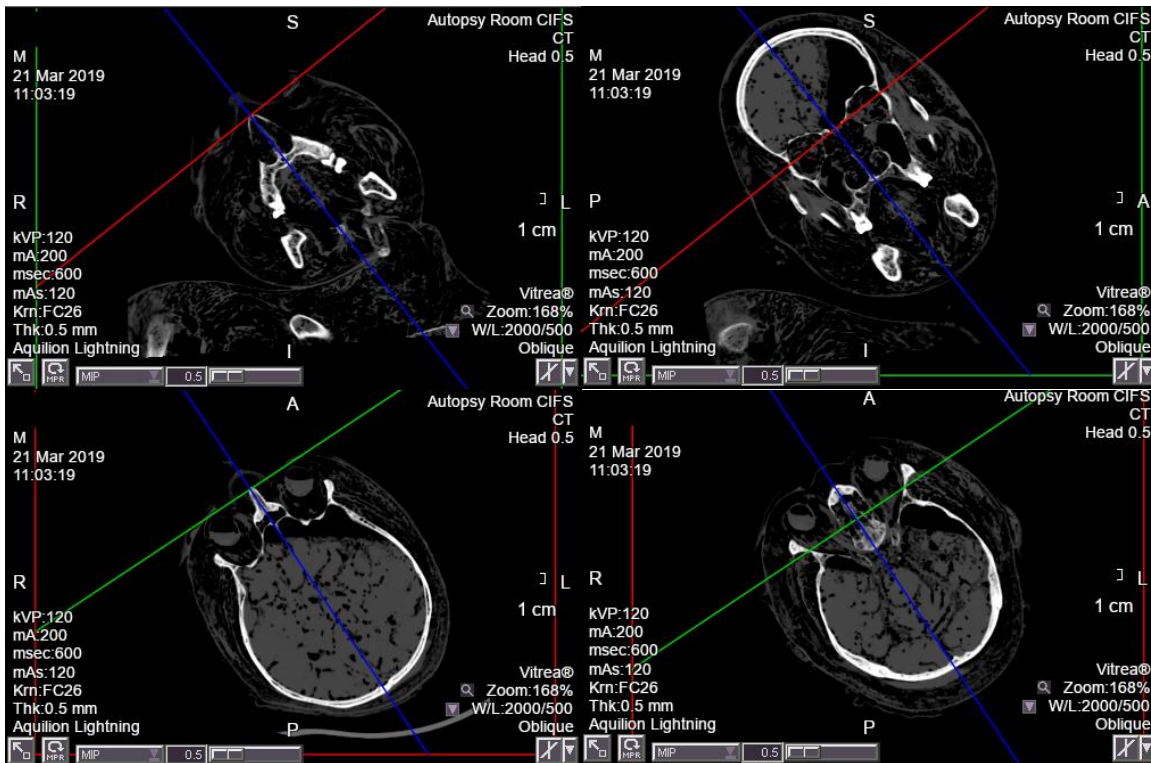
4. ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของสมอง (midsagittal plane) ปรับระนาบของ transverse plane ให้ตรงและขนานกับ anterior cranial fossa (เส้นสีแดง ภาพที่ 5)





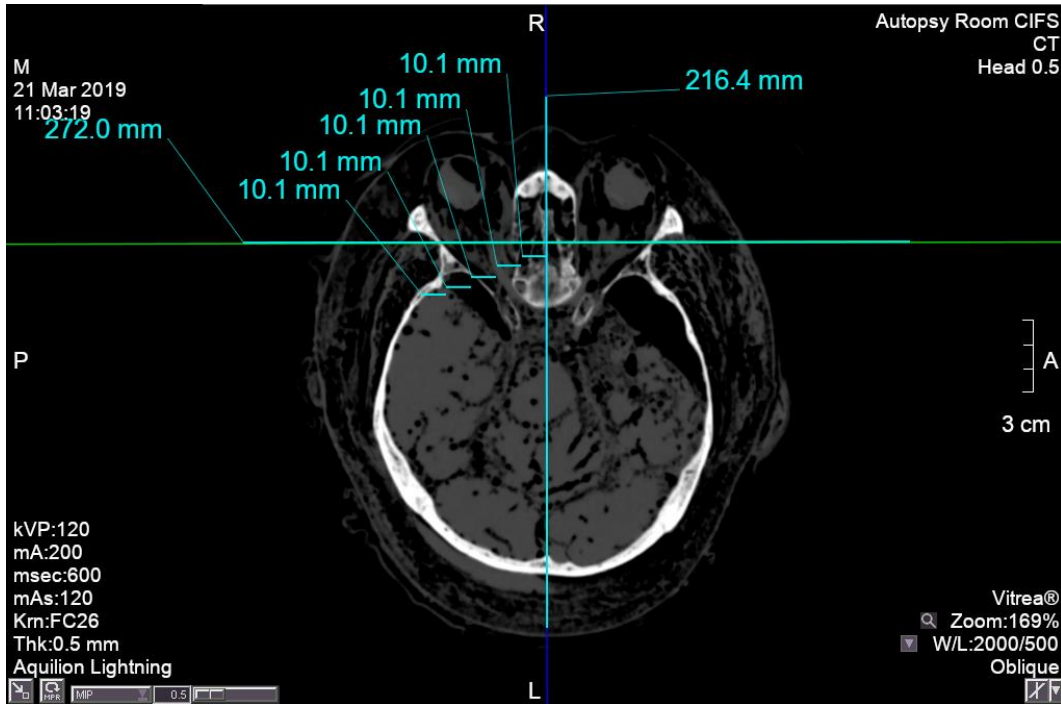
ภาพที่ 5 แสดงการปรับเส้น transverse plane ให้ขนานและตรงกันกับ anterior cranial fossa

5. ปรับระนาบของ sagittal view (เส้นสีน้ำเงิน ภาพที่ 6) ให้ตรงกับแนวกึ่งกลางกะโหลก



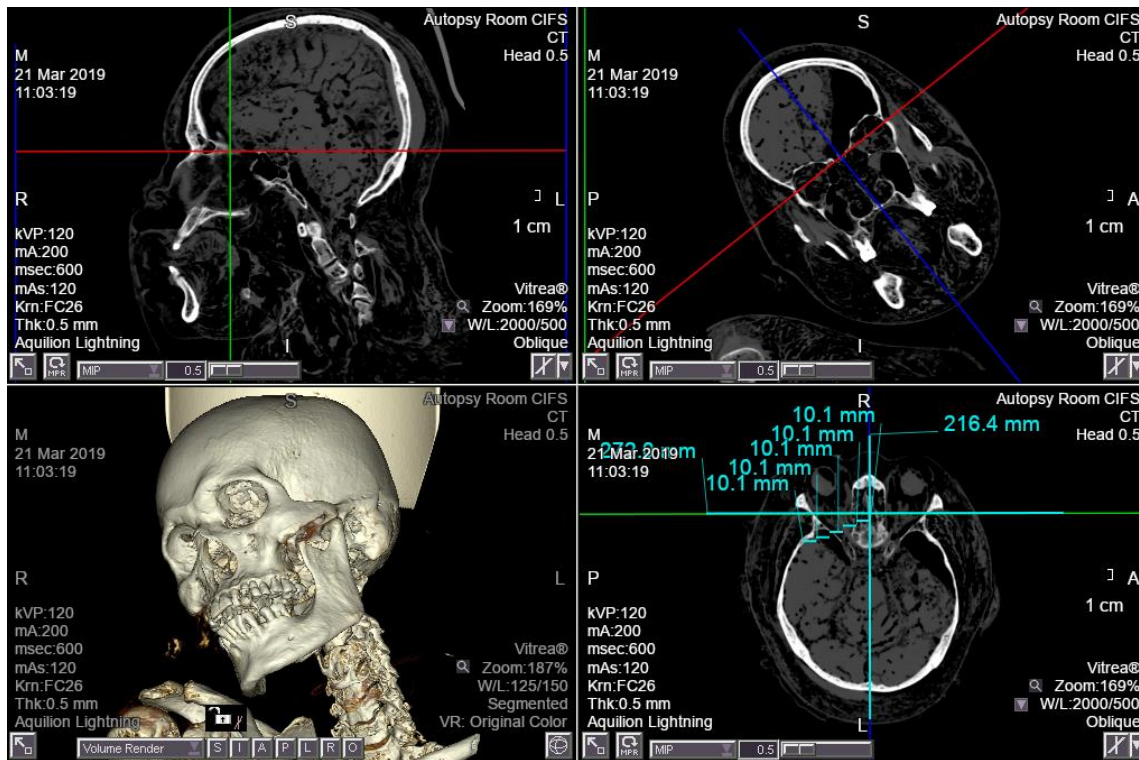
ภาพที่ 6 แสดงการปรับระนาบของ sagittal view ให้ตรงกับแนวกลางของกะโหลก

6. ปรับภาพดังกล่าวให้ตรงเพื่อให้ง่ายต่อการวัด จากนั้นลากเส้นบรรทัดทุก 1 เซนติเมตร จากแนวกลาง ออกไปทางขวา (ภาพที่ 7) (โดยในการทำเส้นบรรทัดดังกล่าวในโปรแกรมอาจคลาดเคลื่อนได้ 0.1-0.2 มิลลิเมตร)



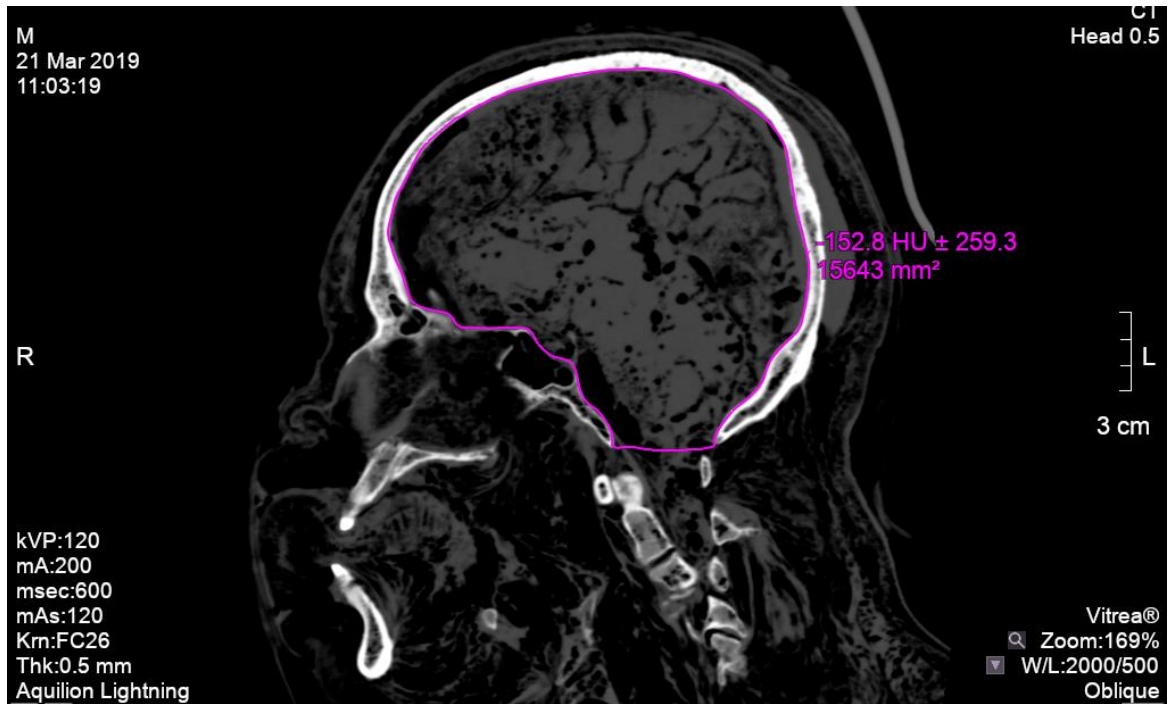
ภาพที่ 7 แสดงการตั้งเส้นบรรทัดใน transverse view เพื่อเตรียมทำการวัดภาพในระนาบ sagittal view

7. เลือกภาพใน sagittal view แล้วทำการวัดพื้นที่โดยวาดเส้นขอบในของช่องกะโหลก เพื่อหาพื้นที่ภายในกะโหลกที่ midsagittal plane ในภาพแบบ bone window (ภาพที่ 8-9)



ภาพที่ 8 แสดงภาพทั้ง 3 ระนาบ จากการวาดเส้นบรรทัดใน transverse view เพื่อเตรียมวัดพื้นที่อากาศและพื้นที่ช่องกะโหลกจากภาพใน sagittal view

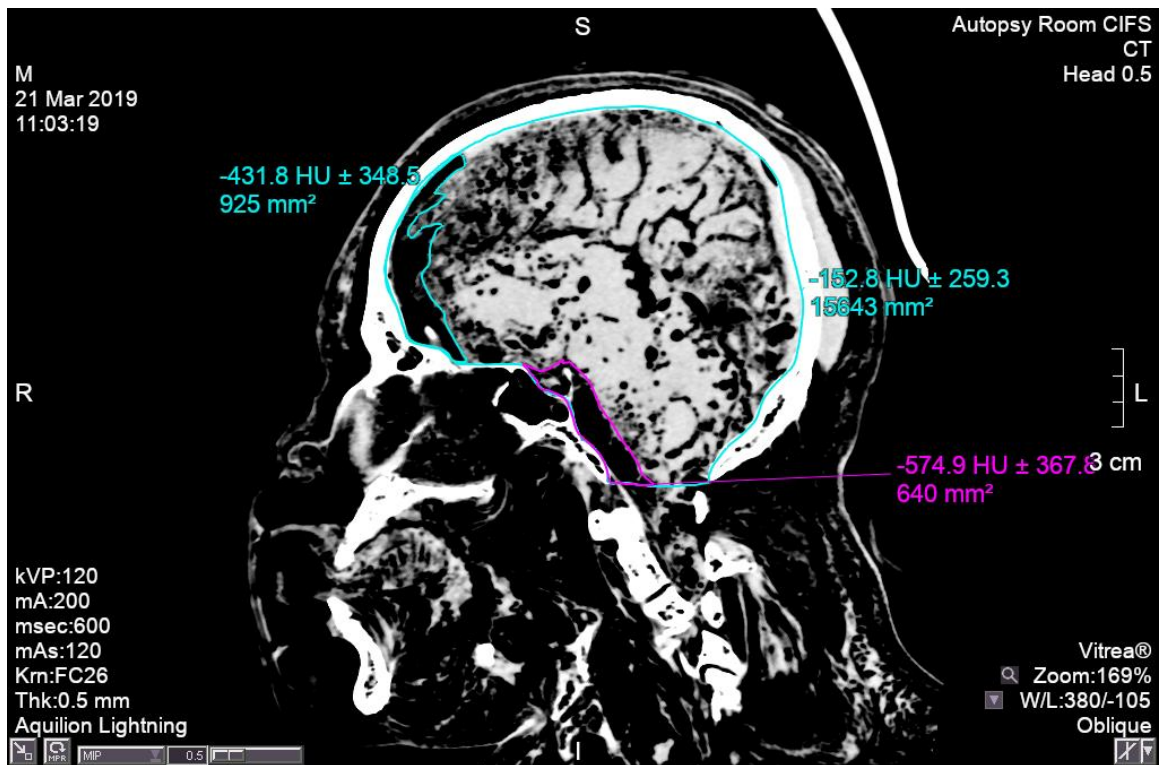




ภาพที่ 9 แสดงการวาดเส้นขอบในช่องกะโหลกเพื่อวัดพื้นที่ภายในช่องกะโหลกทั้งหมด ในระนาบ midsagittal plane

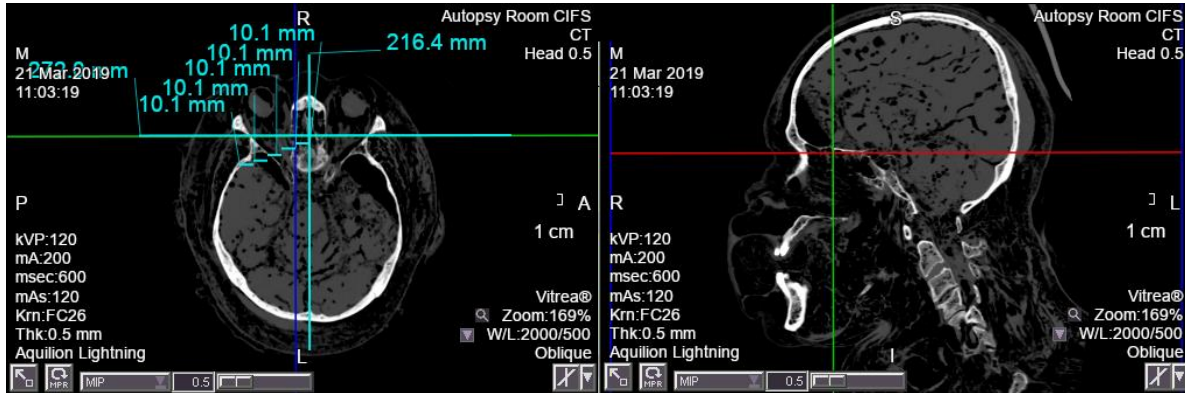
8. เปลี่ยนความเข้มภาพเป็นแบบ soft tissue window จากนั้นวัดพื้นที่อากาศเหนือสมองทั้งหมดรวมกัน

(ภาพที่ 10)



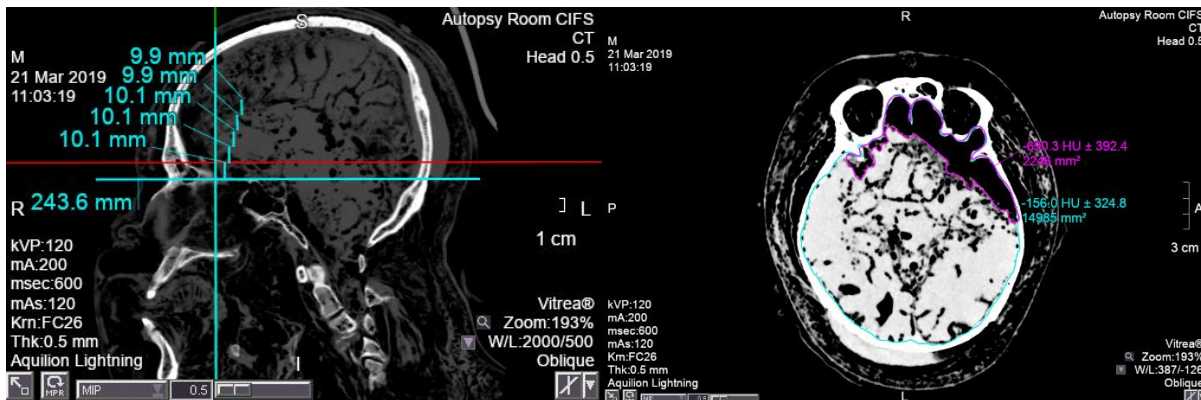
ภาพที่ 10 แสดงการวัดพื้นที่อากาศเหนือสมองทั้งหมดภายในช่องกะโหลก

9. เลื่อนระนาบจาก midsagittal view เป็น sagittal view ทุกๆ 1 เซนติเมตร แล้ววัดพื้นที่ของกะโหลกทั้งหมดใน bone window และพื้นที่อากาศใน soft tissue window และทำเช่นนี้จนครบ 5 เซนติเมตร ทั้งทางขวาและทางซ้าย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย อัตราส่วนพื้นที่นี้จะได้ค่าตัวแปร  $BSRs_1$  ถึง  $BSRs_5$  (ภาพที่ 11)



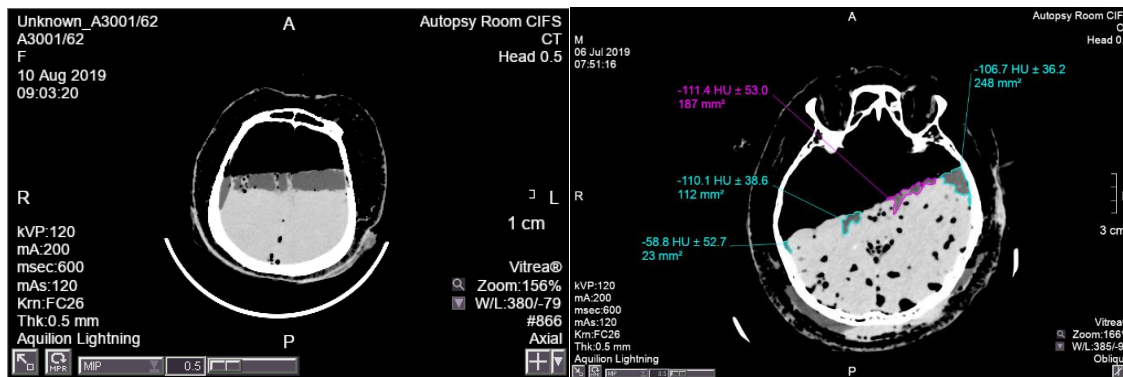
ภาพที่ 11 แสดงการเลื่อนระนาบเพื่อวัดพื้นที่ของภาพจาก sagittal plane ทุก ๆ 1 เซนติเมตร จนถึง 5 เซนติเมตร ทางขวา

10. วาดเส้นบรรทัดทุก 1 เซนติเมตร ในภาพ midsagittal view เพื่อวัดพื้นที่ของภาพจาก transverse view ที่ทุกๆ 1 เซนติเมตรเหนือ anterior cranial fossa จนถึง 5 เซนติเมตร อัตราส่วนพื้นที่นี้จะได้ค่าตัวแปร  $BSRt$  (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 แสดงการวัดพื้นที่ภายในช่องกะโหลก และพื้นที่อากาศเหนือสมอง จากภาพใน transverse view

11. วัดพื้นที่สี่เหลี่ยมซึ่งเป็นชั้นอยู่ระหว่างพื้นที่อากาศและพื้นที่เนื้อสมองในแต่ละภาพ ใน soft tissue window (ถ้าหากมี) โดยขนาดพื้นที่ดังกล่าวจะได้ค่าตัวแปร GR (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 แสดงการวัดพื้นที่สีเทาซึ่งอยู่บนชั้นระหว่างพื้นที่อากาศสีดำและพื้นที่เนื้อสมองสีขาว ใน soft tissue window

## สรุปผล (Result)

### Demographic data

ศพที่ถูกคัดเลือกเข้าเกณฑ์นำมาวิเคราะห์จำนวน 80 ศพ เป็นเพศชาย 71 ราย (ร้อยละ 88.75) หญิง 9 ราย (ร้อยละ 11.25) ทราบอายุ 72 ราย และไม่ทราบอายุ 8 ราย โดยอายุน้อยที่สุด 20 ปี และอายุมากที่สุด 68 ปี ค่าเฉลี่ย 48.37 ปี (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 11.67 ปี)

ทุกศพที่ถูกคัดเลือกในการศึกษาครั้งนี้ถูกนำไปเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ก่อนทำการผ่าชันสูตรศพตามกระบวนการมาตรฐาน ณ สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ กระทรวงยุติธรรม โดยสาเหตุตายที่แพทย์ได้วินิจฉัยโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการผ่าชันสูตรศพประกอบกับการวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์และประวัติของผู้เสียชีวิต ส่วนใหญ่ไม่สามารถสรุปสาเหตุตายได้เนื่องจากสภาพศพเน่า (undetermined) จำนวน 43 ราย (ร้อยละ 53.75) และสาเหตุอื่น ๆ ดังปรากฏตามตารางที่ 3

### ตารางที่ 3. แสดงสาเหตุตายที่ได้จากการผ่าชันสูตรศพประกอบกับการวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

สาเหตุตาย	จำนวน (ราย)	ร้อยละ
Undetermined	43	53.75
Suspected cardiac cause	13	16.25
Suspected pulmonary diseases	9	11.25
Asphyxia	3	3.75
Neoplasm	3	3.75
Suspected hepatic cause	2	2.50
Non-traumatic intracerebral hemorrhage	4	5.00
Intoxication	2	2.50
Electrocution	1	1.25
รวม	80	100

### ประเมินระยะเวลาเสียชีวิต

จากการประเมินโดยอาศัยเกณฑ์ตามตารางที่ 2 ทั้งหมด 80 ราย เสียชีวิตมาแล้วประมาณ 12 ถึง 24 ชั่วโมง 11 ราย (ร้อยละ 13.75) 1 ถึง 2 วัน 9 ราย (ร้อยละ 11.25) 2 ถึง 3 วัน 27 ราย (ร้อยละ 33.75) 3 ถึง 5 วัน 26 ราย (ร้อยละ 32.50) และ 5 ถึง 7 วัน 7 ราย (ร้อยละ 8.75) ดังปรากฏตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4. จำนวนศพในแต่ละระยะเวลาเสียชีวิตจากการประเมิน

ระยะเวลาเสียชีวิต	จำนวนศพ (ราย)	ร้อยละ
12 - 24 ชั่วโมง	11	13.75
1 - 2 วัน	9	11.25
2 - 3 วัน	27	33.75
3 - 5 วัน	26	32.50
5 - 7 วัน	7	8.75
รวม	80	100

### ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาตายกับอัตราส่วนการยุบตัวของสมองในภาพถ่ายรังสีเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง

จากการวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนการยุบตัวของสมอง (Brain settling ratio, BSR) ในภาพถ่ายรังสีเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง และระยะเวลาตายของศพจำนวน 80 ราย โดยพิจารณาและหาค่าตัวแปรดังต่อไปนี้

- อัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพใน sagittal plane (Brain settling ratio in Sagittal plane, BSRs) ทั้งใน midsagittal plane (BSRs<sub>0</sub>), right parasagittal plane ที่ทุก ๆ 1 เซนติเมตร จนถึง 5 เซนติเมตร (BSRs<sub>r1</sub>, BSRs<sub>r2</sub>, BSRs<sub>r3</sub>, BSRs<sub>r4</sub> และ BSRs<sub>r5</sub>) และ left parasagittal plane ที่ทุก ๆ 1 เซนติเมตร จนถึง 5 เซนติเมตร (BSRs<sub>l1</sub>, BSRs<sub>l2</sub>, BSRs<sub>l3</sub>, BSRs<sub>l4</sub> และ BSRs<sub>l5</sub>) รวมทั้งสิ้น 11 ภาพ รวมทั้งหาค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนทั้งหมดในทุกระนาบ sagittal plane (BSRs<sub>mean</sub>)

จากสมการดังนี้

$$\sum BSRs_{,r} = BSRs_{,r1} + BSRs_{,r2} + BSRs_{,r3} + BSRs_{,r4} + BSRs_{,r5}$$

$$\sum BSRs_{,l} = BSRs_{,l1} + BSRs_{,l2} + BSRs_{,l3} + BSRs_{,l4} + BSRs_{,l5}$$

$$BSRs_{mean} = \frac{BSRs_{,0} + \sum BSRs_{,r} + \sum BSRs_{,l}}{11}$$

11

$$BSRs_{,n} = \frac{BSRs_{,rn} + BSRs_{,ln}}{2} \quad (n = 1, 2, 3, 4, 5)$$

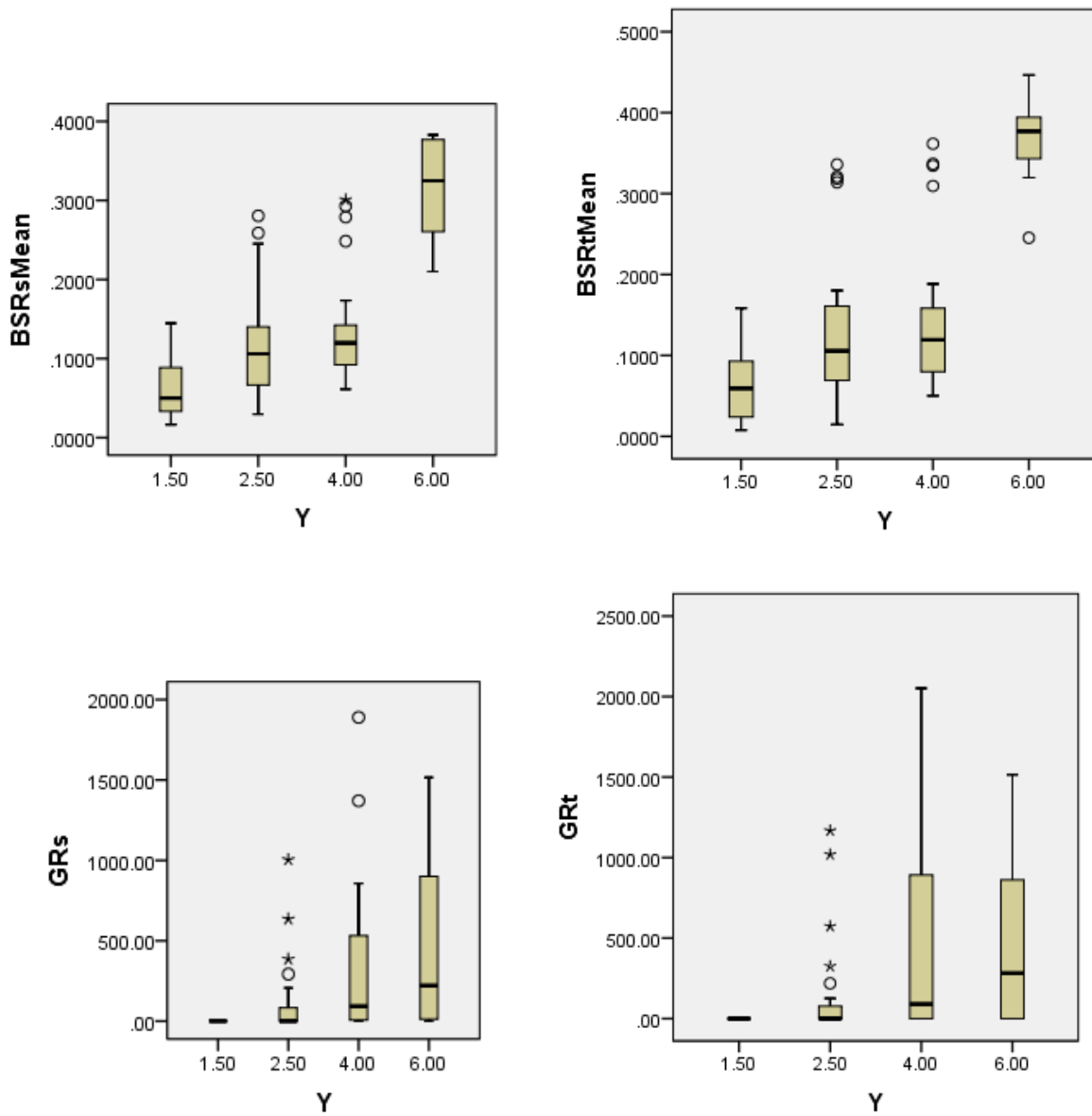
- อัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพใน transverse plane (Brain settling ratio in Transverse plane, BSRT) จากระนาบของ anterior cranial fossa ขึ้นไปทุก ๆ 1 เซนติเมตร จนถึง 5 เซนติเมตร (BSRt<sub>1</sub> , BSRt<sub>2</sub> , BSRt<sub>3</sub> , BSRt<sub>4</sub> และ BSRt<sub>5</sub>) รวม 5 ภาพ รวมทั้งหาค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนทั้งหมดในทุกระนาบ transverse plane (BSRt<sub>mean</sub>) จากสมการดังนี้

$$BSRt_{mean} = \frac{BSRt_1 + BSRt_2 + BSRt_3 + BSRt_4 + BSRt_5}{5}$$

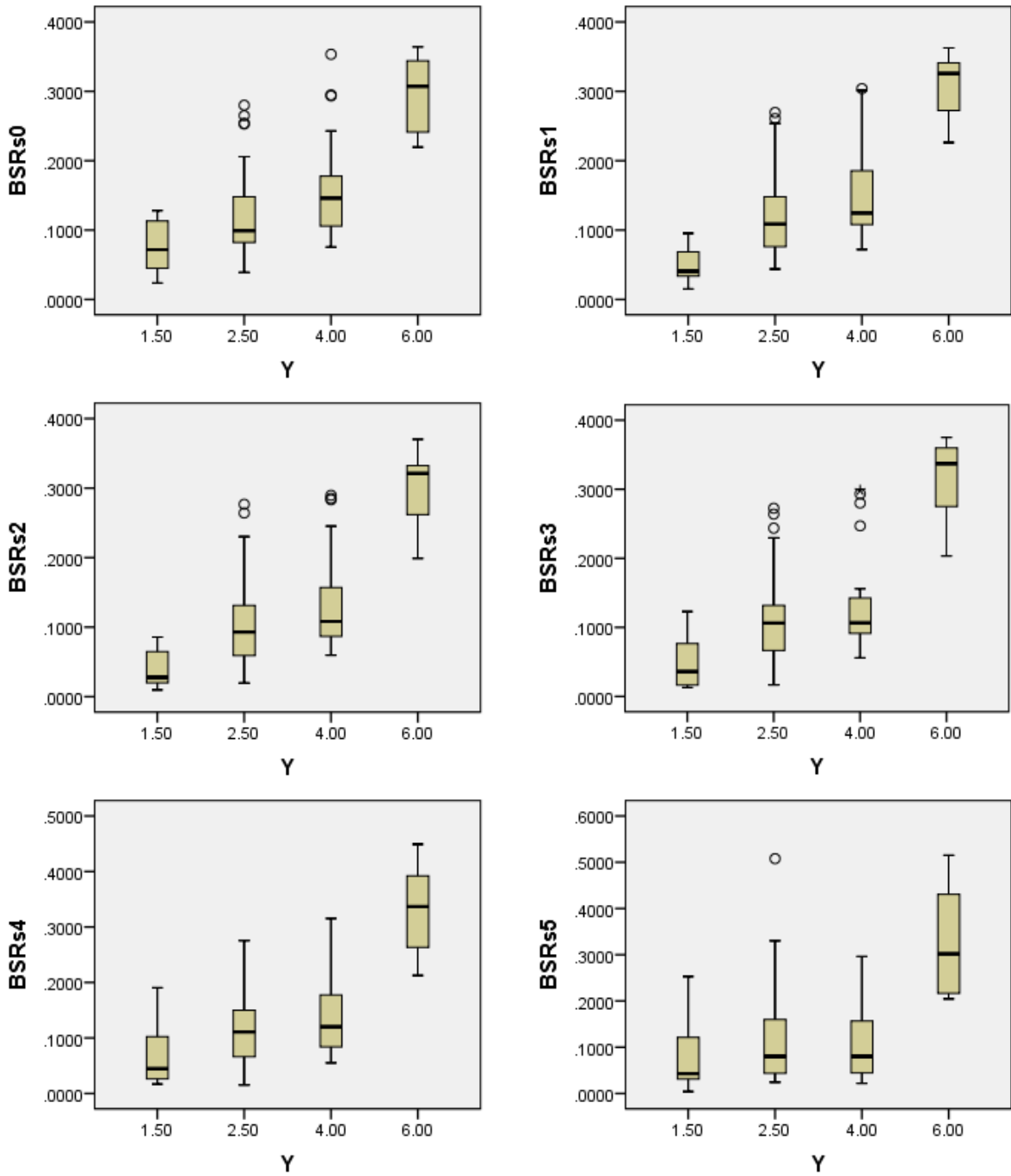
5

- ความคลาดเคลื่อนระหว่างอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพที่วัดใน sagittal plane กับ transverse plane ( $\Delta s-t$ )
- มุมองศาที่ศีรษะหันซ้ายหรือขวา ในขณะที่ทำ CT brain (tilt degree, deg)
- ขนาดพื้นที่ส่วนสีเทา (Grey area, GR) ในแต่ละภาพ และค่าเฉลี่ยของขนาดพื้นที่ส่วนสีเทาทั้งในระนาบ sagittal plane (GRs) และ transverse plane (GRt)
- ปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ เพศ อายุ สาเหตุการตาย

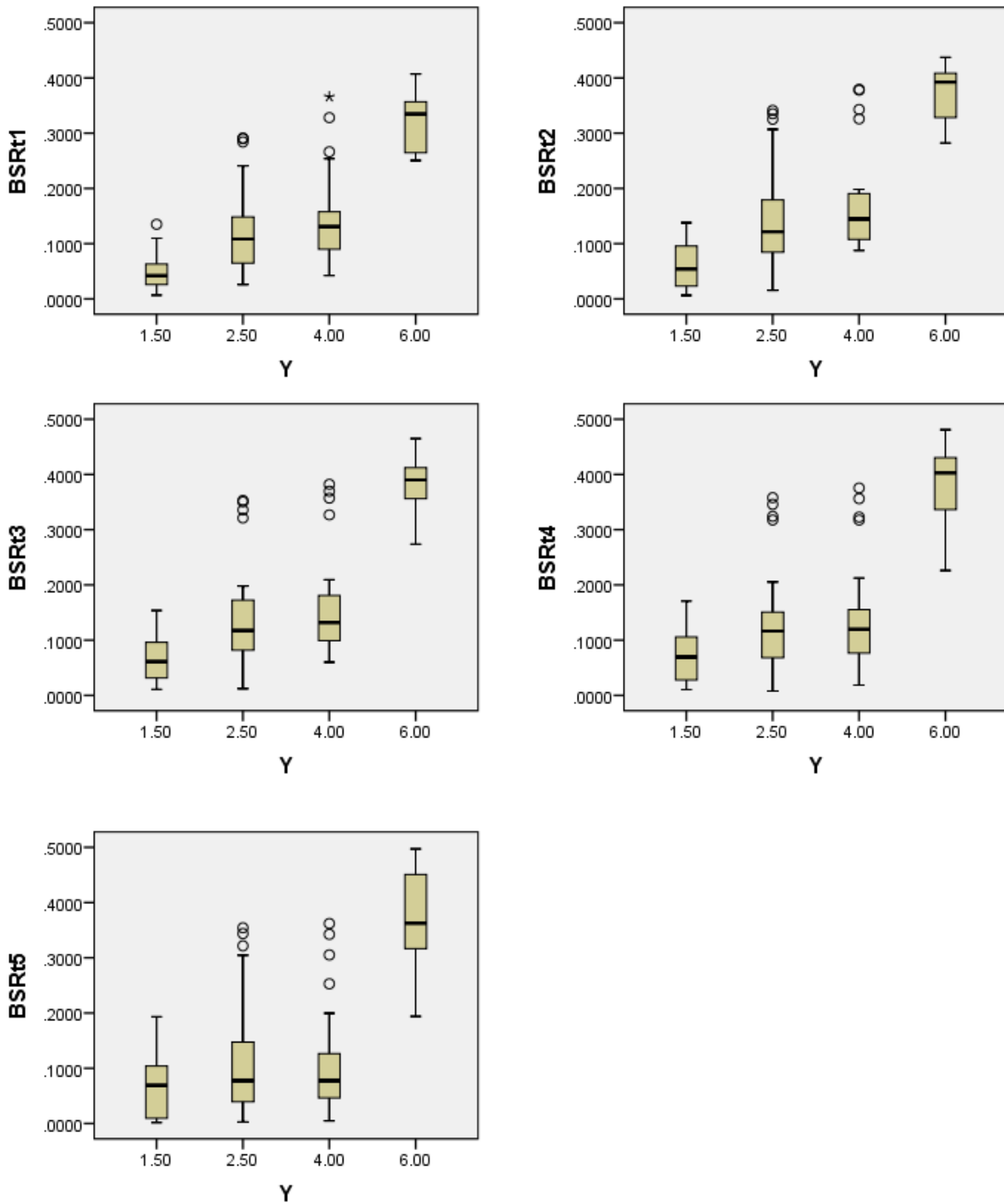
โดยได้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของตัวแปรต่าง ๆ ดังแผนภูมิที่ 1-3 และตารางเสริมที่ 1-3 ทำียบทความ



แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าสถิติของอัตราส่วนการยุบตัวของสมอง (Brain settling ratio) และ Grey area ในระนาบ sagittal plane และ transverse plane ในแต่ละช่วงเวลาตาย



แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าสถิติของอัตราส่วนการยุบตัวของสมองใน sagittal plane (Brain settling ratio in sagittal plane, BSRs) ในแต่ละช่วงเวลาตาย



แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าสถิติของอัตราส่วนการยุบตัวของสมองใน transverse plane (Brain settling ratio in transverse plane, BSRt) ในแต่ละช่วงเวลาตาย



จากนั้นนำค่าตัวแปรต่าง ๆ มาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์กับระยะเวลาตายของศพแต่ละราย พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพใน transverse plane (BSRt) มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาตายในระดับสูง ( $r = 0.693$ ) และค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพใน sagittal plane (BSRs) มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาตายในระดับสูง ( $r = 0.730$ ) โดยค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพใน sagittal plane ที่ระนาบ 1 เซนติเมตรทั้งซีกซ้ายและซีกขวา ( $BSRs_{,1}$ ) มีความสัมพันธ์มากที่สุดในกลุ่มระนาบ sagittal plane ( $r = 0.774$ ) และอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพใน transverse plane ที่ระนาบ 2 เซนติเมตร ( $BSRt_2$ ) มีความสัมพันธ์มากที่สุดในกลุ่มระนาบ transverse plane ( $r = 0.732$ ) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาตายกับอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพที่ระนาบต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 6

**ตารางที่ 6.** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ใน sagittal plane และ transverse plane กับระยะเวลาตาย

	r		r
$BSRs_{mean}$	0.730	$BSRt_{mean}$	0.693
$BSRs_{,0}$	0.745	$BSRt_1$	0.721
$BSRs_{,1}$	0.774	$BSRt_2$	0.732
$BSRs_{,2}$	0.742	$BSRt_3$	0.711
$BSRs_{,3}$	0.736	$BSRt_4$	0.658
$BSRs_{,4}$	0.697	$BSRt_5$	0.588
$BSRs_{,5}$	0.541		

โดยความสัมพันธ์ดังกล่าว สามารถสร้างสมการเพื่อทำนายระยะเวลาตายจากอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพในระนาบ sagittal plane และ transverse plane ได้ดังนี้

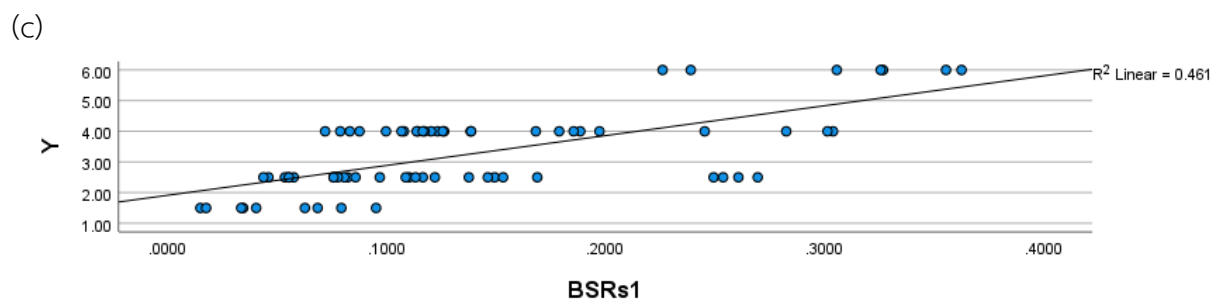
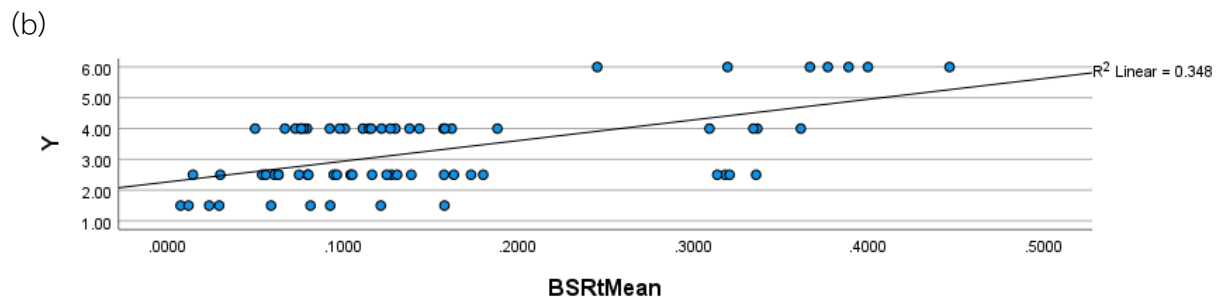
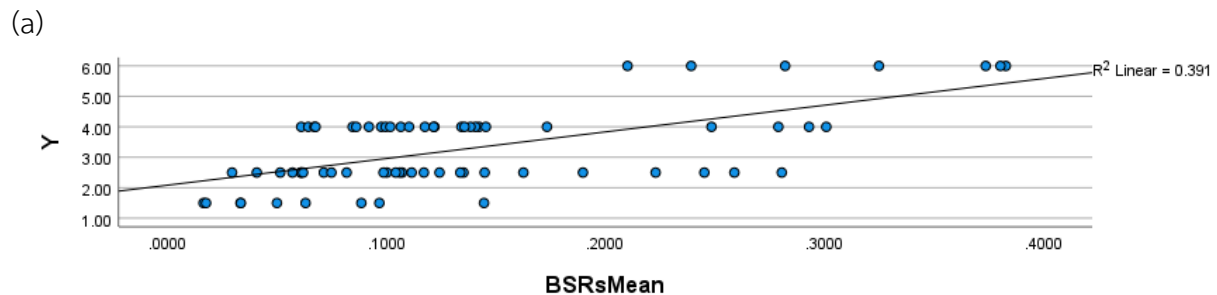
$$\text{sagittal plane ; } y = 10.415(BSRs_{,1}) + 0.001(GRs_0)$$

$$\text{transverse plane ; } y = 8.378(BSRt_2) + 0.001(GRt_4)$$

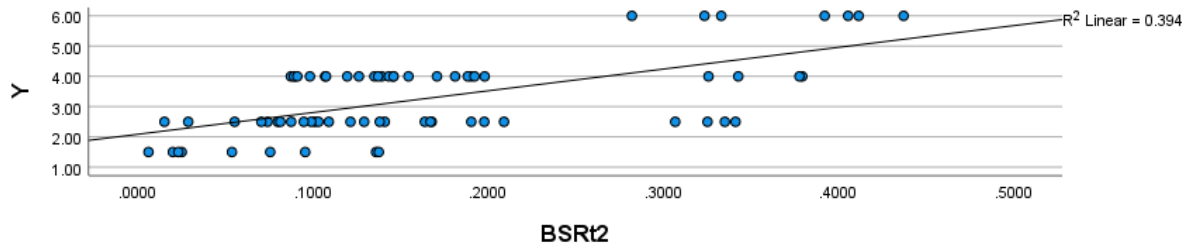
โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การทำนายด้วยสมการดังกล่าว (Coefficient of Determination, R-square) จากการศึกษานี้อยู่ที่ร้อยละ 92.8 และ 92.2 ตามลำดับ

( $y$  = ค่าประมาณระยะเวลาตาย (estimated postmortem interval),  $GRs_0$  คือ ขนาดพื้นที่ส่วนสีเทา (Grey area) ในภาพ sagittal plane ที่ระนาบ 0 เซนติเมตร (ที่ midsagittal plane),  $GRt_4$  คือขนาดพื้นที่ส่วนสีเทาในภาพ transverse plane ที่ระนาบ 4 เซนติเมตรจาก anterior cranial fossa plane โดยมีหน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร ( $mm^2$ ))

ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่า เพศ สาเหตุการตาย มุมองศาที่ศีรษะหันซ้ายหรือขวาในขณะนำเข้าทำเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (deg) และความคลาดเคลื่อนระหว่างอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพที่วัดใน sagittal plane กับ transverse plane ( $\% \Delta s-t$ ) ไม่มีนัยสำคัญกับความสัมพันธ์ต่อระยะเวลาตายแต่อย่างใด (p-value เท่ากับ 0.43, 0.24, 0.88 และ 0.98 ตามลำดับ)



(d)



กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Postmortem interval (PMI) (แกน y) กับ ตัวแปรต่าง ๆ (แกน x) (a)  $BSRs_{mean}$  (b)  $BSRt_{mean}$  (c)  $BSRs_1$  (d)  $BSRt_2$

### การอภิปรายผล (Discussion)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาจากศพเน่าในประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น ซึ่งสภาพดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การเปลี่ยนแปลงหลังการตายโดยเฉพาะการเน่าเกิดเร็วมากขึ้น โดยประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย สภาพอากาศโดยทั่วไปจึงร้อนอบอ้าวเกือบตลอดปี<sup>[18]</sup> โดยในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 28.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด 44.2 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน และอุณหภูมิต่ำสุด 16.9 องศาเซลเซียสในเดือนมีนาคม<sup>[19]</sup>

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าศพที่ประเมินระยะเวลาตาย 12 ถึง 24 ชั่วโมง ยังไม่พบลักษณะสมองยุบตัวที่จะสามารถวัดอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพในเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองได้ โดยจะเริ่มวัดได้ในศพที่ประเมินระยะเวลาตาย 1-2 วันเป็นต้นไป

ศพที่ระยะเวลาตาย 1-2 วัน จะเริ่มพบพื้นที่สีดำคืออากาศเหนือสมอง ซึ่งเกิดจากสมองเน่าและเริ่มยุบตัวลง โดยค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพใน sagittal plane จากทั้ง 11 ภาพ ( $BSRs_{mean}$ ) ที่ระยะเวลาตาย 1-2 วัน, 2-3 วัน, 3-5 วัน และ 5-7 วัน อยู่ที่ 0.0605, 0.1198, 0.1358 และ 0.3133 ตามลำดับ และ ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพใน transverse plane จากทั้ง 5 ภาพ ( $BSRt_{mean}$ ) ที่ระยะเวลาตาย 1-2 วัน, 2-3 วัน, 3-5 วัน และ 5-7 วัน อยู่ที่ 0.0652, 0.1328, 0.1464 และ 0.3634 ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าอัตราส่วนการยุบตัวของสมองในภาพถ่ายรังสีเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ในส่วนของค่าเฉลี่ยทั้งใน sagittal plane และ transverse plane มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับระยะเวลาตายของศพเน่าในระดับความสัมพันธ์ปานกลางถึงสูง โดยมี correlation coefficient หรือ r เท่ากับ 0.73 และ 0.69 ตามลำดับ

นอกจากจะใช้ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนในทุกระนาบแล้ว ยังพบว่าอัตราส่วนพื้นที่ของภาพในระนาบใดระนาบหนึ่งก็มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาตายในระดับสูงเช่นกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ภาพในภาพหนึ่งทั้งใน sagittal plane และ transverse plane ก็ยังพบความสัมพันธ์กับระยะเวลาตายในระดับสูง โดยใน sagittal plane จะพบว่าภาพที่ระยะ 1 เซนติเมตร ทางซ้ายและขวาจากแนวกลางจะพบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนดังกล่าวทั้งซ้ายและขวา ( $BSRs_{1l}$ ) มีความสัมพันธ์ระดับสูงสุดเทียบกับภาพระยะอื่นในกลุ่ม sagittal plane ด้วยกัน ( $r = 0.774$ ) และในระนาบ transverse plane พบที่ระยะ 2 เซนติเมตรขึ้นไปจากระนาบ anterior cranial fossa ( $BSRt_2$ ) มีความสัมพันธ์ระดับสูงสุดเทียบกับภาพระยะอื่นในกลุ่ม transverse plane ด้วยกัน ( $r = 0.732$ )

เมื่อวิเคราะห์โดยนำอัตราส่วนจากภาพ sagittal plane ที่ระยะ 1 เซนติเมตร ( $BSRs_{1l}$ ) มาสร้างสมการเพื่อทำนายระยะเวลาตาย จะได้ความแม่นยำ (R-square) อยู่ที่ร้อยละ 59.9 แต่เมื่อนำขนาดพื้นที่ส่วนสีเทา (Grey area, GR) ในระนาบ midsagittal plane มาประกอบสมการ จะทำให้การทำนายแม่นยำขึ้น โดยได้ค่า R-square ร้อยละ 92.8 ในทางเดียวกัน เมื่อวิเคราะห์โดยนำอัตราส่วนจากภาพ transverse plane ที่ระยะ 2 เซนติเมตร ( $BSRt_2$ ) มาสร้างสมการเพื่อทำนายระยะเวลาตาย จะได้ความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 48.0 แต่เมื่อนำขนาดพื้นที่ส่วนสีเทาในระนาบ transverse plane ที่ 4 เซนติเมตรมาประกอบสมการ จะทำให้การทำนายแม่นยำขึ้นโดยได้ค่า R-square ร้อยละ 92.2

นอกจากนี้จะเห็นได้ว่า การวัดอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพในระนาบ sagittal plane เทียบกับในระนาบ transverse plane มีความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันมาก ( $p\text{-value} = 0.98$ ) โดยในการศึกษานี้พบความคลาดเคลื่อนระหว่างการวัดในระนาบ sagittal plane และ transverse plane เฉลี่ยอยู่ที่  $2.53 \pm 0.07$  ตารางมิลลิเมตร (ค่าต่ำสุด 0.07 และค่าสูงสุด 9.49 ตารางมิลลิเมตร) และสมการการทำนายที่ได้จากระนาบทั้งสองแบบดังกล่าวมีความแม่นยำหรือ R-square ต่างกันเพียงร้อยละ 0.6 เท่านั้น

อย่างไรก็ตาม การวัดอัตราส่วนการยุบตัวของสมองจากภาพในระนาบ transverse น่าจะสะดวกกว่าในทางปฏิบัติ เนื่องจากวัดได้ง่ายกว่า มักนิยมใช้งานในทางปฏิบัติ และวัดเพียงภาพเดียวก็สามารถนำค่านั้นๆ มาใช้ได้ ขณะที่การวัดในระนาบ sagittal plane อาจทำได้ยากกว่า และมุมที่ศีรษะหันขณะนำเข้าไปทำเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (tilt degree) อาจทำให้การวัดในระนาบ sagittal plane มีความลำบากมากขึ้นจากการที่ต้องวัดทั้งระนาบซ้ายและขวามาเฉลี่ยกัน เนื่องจากยิ่งศีรษะเอียงทำมุมมากเท่าไร ความต่างระหว่างอัตราส่วนจากภาพในระนาบซ้ายและระนาบขวาก็ยิ่งแตกต่างกันมากเท่านั้น

ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ทางสถิติจะพบว่าปัจจัยอื่นๆ อันได้แก่ เพศ สาเหตุการตาย มุมองศาของศีรษะขณะนำเข้าทำเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับความสัมพันธ์ต่อระยะเวลาตายแต่อย่างใด (p-value เท่ากับ 0.43, 0.24 และ 0.88 ตามลำดับ) แต่อย่างไรก็ตาม หากจัดทำให้ศีรษะหน้าตรงขณะนำเข้าทำเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ จะทำให้วัดและวิเคราะห์ภาพได้สะดวกกว่าในทางปฏิบัติ และสาเหตุการตายหรือปัจจัยภายนอกอย่างอื่นที่ตัดออกจากการศึกษานี้ก็ต้องคำนึงถึงว่าอาจมีผลทำให้อัตราเร็วการเน่าของสมองเปลี่ยนแปลงไปจากกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้ได้ เช่น บาดแผลหรือการบาดเจ็บบริเวณศีรษะ แมลงสัตว์กัดแทะหลังตายบริเวณศีรษะ หรือมีโรคที่ทำให้สมองเสื่อมหรือสมองฝ่อมาก่อน เป็นต้น

ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้อาจนำมาเป็นข้อมูลประกอบในการช่วยประเมินระยะเวลาตายในศพเนาได้ ตามที่อภิปรายดังกล่าว อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ระยะเวลาตายซึ่งอาศัยการประเมินโดยแพทย์นิติเวชจากข้อมูลที่ใช้ในประเทศไทยและจากประสบการณ์ของผู้ประเมิน โดยไม่ทราบเวลาเสียชีวิตที่แน่นอน อีกทั้งอาจยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการตายในแต่ละศพซึ่งทำให้การเปลี่ยนแปลงหลังการตายที่ปรากฏจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มากหรือน้อยกว่าปกติได้

นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ทางสถิติ กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการศึกษานี้ใช้ตัวเลขตัวเดียวคือค่ากลางของช่วงระยะเวลาตายนั้นเป็นค่าตัวแปรตาม (dependent value) ในขณะที่การประเมินระยะเวลาตายที่ใช้ในทางปฏิบัติจะระบุเป็นช่วง ได้แก่ ศพที่ประเมินระยะเวลาตาย 12 – 24 ชั่วโมง (0.5-1 วัน) ใช้ค่า  $y = 0.75$  ระยะเวลาตาย 1-2 วัน ใช้ค่า  $y = 1.5$  ระยะเวลาตาย 2-3 วัน ใช้ค่า  $y = 2.5$  ระยะเวลาตาย 3-5 วัน ใช้ค่า  $y = 4$  และระยะเวลาตาย 5-7 วัน ใช้ค่า  $y = 6$  การนำสมการดังกล่าวไปใช้ในทางปฏิบัติจึงต้องคำนึงถึงข้อจำกัดนี้อย่างระมัดระวัง

### สรุปผล (Conclusion)

อัตราส่วนการยุบตัวของสมองในภาพถ่ายรังสีเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ โดยวัดพื้นที่ของอากาศเหนือสมองหารด้วยพื้นที่ภายในช่องกะโหลกทั้งหมดในแต่ละระนาบ ซึ่งค่าเฉลี่ยอัตราส่วนดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาตายของศพเนาในระดับสูง ทั้งในภาพถ่ายระนาบ sagittal plane และ transverse plane โดยมี correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.73 และ 0.69 ตามลำดับ โดยอาจใช้อัตราส่วนพื้นที่ในระนาบใดระนาบหนึ่งมาทำนายเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการประเมินระยะเวลาตายของศพเนาได้ อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการตายประกอบด้วย ถึงแม้การศึกษานี้จะจัดทำขึ้นในประเทศไทยซึ่งมีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นและมีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการตายและการเน่าเร็วกว่าพื้นที่อื่น ๆ ก็อาจสามารถนำไปปรับใช้ได้ในพื้นที่ซึ่งมีสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกันได้

### กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันนิติวิทยาศาสตร์ กระทรวงยุติธรรม ที่ให้อนุญาตให้คณะผู้วิจัยเข้าใช้สถานที่เก็บข้อมูลและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

### การแสดงถึงผลประโยชน์ทับซ้อน (Conflict of Interest)

คณะผู้วิจัยไม่ได้รับเงินทุนจากแหล่งใดและไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนทั้งด้านการเงินหรือด้านที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเงินกับผู้ใดหรือหน่วยงานใด

### แหล่งอ้างอิง (References)

1. ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา, มาตรา 151(1),(2), 154.
2. แมน อิงคตานูวัฒน์, การชันสูตรพลิกศพ. ใน: แมน อิงคตานูวัฒน์, อุดมศักดิ์ หุ่นวิจิตร, ธวัชชัย วัฒนเขจร, บรรณาธิการ. นิติเวชศาสตร์ 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2542. หน้า 15-24
3. พงศกร จูตโชติ. นิติเวชศาสตร์เบื้องต้น [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 27 มิถุนายน 2563]. เข้าถึงได้จาก: สถาบันนิติวิทยาศาสตร์, <http://old.cifs.moj.go.th/cifskm/index.php?action=dlattach;topic=62.0;attach=64>
4. Filograna L, Pugliese L, Muto M, Tatulli D, Guglielmi G, Thali MJ, et al. A practical guide to virtual autopsy: why, when and how. Seminars in ultrasound, CT and MRI 2019; 40(1):56-66.
5. กรวิก มีศิลป์วิภักย์. ครบรอบ 50 ปี นิติเวชศาสตร์ จุฬาฯ: เปิดบ้าน พ The prestige of KCMH & MDCU 2561;25:17.
6. Zhou C, Byard R. Factors and processes causing accelerated decomposition in human cadavers - An overview. Journal of Forensic and Legal Medicine 2011; 18(1):6-9.
7. Ambade VN, Kukde HG, Malani A, Tumram NK, Borkar JL, Batra AK, et al. Decomposed and non-decomposed bodies retrieved from water: a comparative approach. Med Sci Law 2013; 53(1):12-8.
8. Stephanie JMB, Shari LF, Hayley G. The validation of 'universal' PMI methods for the estimation of time since death in temperate Australian climates. Forensic Science International 2018; 291:158-166.

9. Galloway A, Birkby WH, Jones AM, Henry TE, Parks BO. Decay rates of human remains in an arid environment. *J Forensic Sci* 1989; 34(3):607-16.
10. Mann RW, Bass WM, Meadows L. Time since death and decomposition of the human body: variables and observations in case and experimental field studies. *J Forensic Sci* 1990; 35(1):103-11.
11. Diane LC, Lynne SB. Human decomposition and the reliability of a 'Universal' model for post mortem interval estimations. *Forensic Science International* 2015. 253: 136.e1-136.e9.
12. Thali MJ, Yen K, Schweitzera W, Vockb P, Ozdobac C, Dirnhofera R, et al. Into the decomposed body: Forensic digital autopsy using multislice-computed tomography. *Forensic Science International* 2017; 134(2-3):109–114.
13. Levy AD, Harcke HT, Mallak CT. Postmortem imaging; MDCT features of postmortem change and decomposition. *Am J Forensic Med Pathol* 2010; 31:12-17.
14. Offiah CE, Dean J. Post-mortem CT and MRI: appropriate post-mortem imaging appearances and changes related to cardiopulmonary resuscitation. *Br J Radiol* 2016; 89:201500851.
15. Sutherland T, O'Donnell C. The artefacts of death: CT post-mortem findings. *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology* 2018; 62:203-210.
16. เลี้ยง หุ่ยประเสริฐ. ระยะเวลาการตายและการเปลี่ยนแปลงหลังตาย [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 27 มิถุนายน 2563]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.ifm.go.th/th/ifm-book/ifm-textbook/114-lesson3.html>
17. มาโนช โชคแจ่มใส. การตายและการเปลี่ยนแปลงหลังการตาย. ใน มาโนช โชคแจ่มใส, บรรณาธิการ. *นิติเวชศาสตร์*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2552. หน้า 53-55
18. กรมอุตุนิยมวิทยา. ภูมิอากาศของประเทศไทย. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 31 ตุลาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=22>
19. กรมอุตุนิยมวิทยา. สภาวะอากาศของประเทศไทย พ.ศ.2562. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 31 ตุลาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก: [https://www.tmd.go.th/programs/uploads/yearlySummary/yearly\\_2562\\_th.pdf](https://www.tmd.go.th/programs/uploads/yearlySummary/yearly_2562_th.pdf)

## Additional Tables (ตารางเสริม)

ตารางเสริมที่ 1. อัตราส่วนการยุบตัวของสมอง ตัวแปร และค่าสถิติต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาตาย

	PMI (day)	0.5-1 (control group)	1-2	2-3	3-5	5-7
BSRs <sub>mean</sub>	Mean	0	0.0605	0.1198	0.1358	0.3133
	±SD	±0	±0.0426	±0.0679	±0.0692	±0.0710
	min	0	0.0165	0.0295	0.0611	0.2101
	max	0	0.1446	0.2805	0.3008	0.3828
BSRt <sub>mean</sub>	mean	0	0.0652	0.1328	0.1464	0.3634
	±SD	±0	±0.0525	±0.0908	±0.0890	±0.0644
	min	0	0.0076	0.0146	0.0501	0.2453
	max	0	0.1582	0.3360	0.3615	0.4464
GRs <sub>mean</sub>	mean	0	0	112.61	325.92	509.14
	±SD	±0	±0	±232.73	±475.02	±601.34
	min	0	0	0.00	0.00	0.00
	max	0	0	1004.64	1889.91	1515.91
GRt <sub>mean</sub>	mean	0	0	135.39	424.18	502.86
	±SD	±0	±0	±304.93	±592.69	±590.13
	min	0	0	0	0	0
	max	0	0	1167.00	2051.20	1514.40
GR <sub>mean</sub>	mean	0	0	119.73	356.63	507.18
	±SD	±0	±0	±253.99	±509.01	±597.45
	min	0	0	0	0	0
	max	0	0	1055.38	1940.31	1515.44
Δs-t (%)	mean	0	1.10	2.51	2.27	5.40
	±SD	±0	±0.70	±2.42	±1.74	±2.98
	min	0	0.39	0.15	0.07	1.36
	max	0	2.50	9.09	6.86	9.49
deg	mean	0	20.62	22.11	17.38	21.03
	±SD	±0	±17.26	±22.42	±12.52	±17.70
	min	0	1.55	0.20	1.50	1.20
	max	0	46.10	92.10	44.75	48.05



ตารางเสริมที่ 2. อัตราส่วนการยุบตัวของสมองใน sagittal plane และค่าสถิติต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาตาย

	PMI (day)	0.5-1 (control group)	1-2	2-3	3-5	5-7
BSRs <sub>0</sub>	mean	0	0.0748	0.1255	0.1610	0.2945
	±SD	±0	±0.0380	±0.0712	±0.0714	±0.0608
	min	0	0.0238	0.0389	0.0755	0.2196
	max	0	0.1280	0.2800	0.3534	0.3641
BSRs <sub>1</sub>	mean	0	0.0498	0.1203	0.1509	0.3059
	±SD	±0	±0.0280	±0.0681	±0.0671	±0.0538
	min	0	0.0151	0.0439	0.0721	0.2261
	max	0	0.0953	0.2695	0.3039	0.3626
BSRs <sub>2</sub>	mean	0	0.0422	0.1097	0.1322	0.2970
	±SD	±0	±0.0305	±0.0682	±0.0693	±0.0617
	min	0	0.0098	0.0197	0.0596	0.1988
	Max	0	0.0856	0.2768	0.2896	0.3703
BSRs <sub>3</sub>	mean	0	0.0551	0.1149	0.1328	0.3122
	±SD	±0	±0.0419	±0.0669	±0.0696	±0.0644
	min	0	0.0129	0.0166	0.0559	0.2034
	max	0	0.1229	0.2725	0.2985	0.3750
BSRs <sub>4</sub>	mean	0	0.0687	0.1264	0.1399	0.3299
	±SD	±0	±0.0592	±0.0766	±0.0766	±0.0865
	min	0	0.0167	0.0152	0.0550	0.2127
	max	0	0.1904	0.2754	0.3153	0.4489
BSRs <sub>5</sub>	mean	0	0.0795	0.1249	0.1107	0.3309
	±SD	±0	±0.0794	±0.1151	±0.0847	±0.1271
	min	0	0.0041	0.0243	0.0221	0.2047
	max	0	0.2529	0.5078	0.2964	0.5152

ตารางเสริมที่ 3. อัตราส่วนการยุบตัวของสมองใน transverse plane และค่าสถิติต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาตาย

	PMI (day)	0.5-1 (control group)	1-2	2-3	3-5	5-7
BSRt <sub>1</sub>	mean	0	0.0529	0.1209	0.1451	0.3195
	±SD	±0	±0.0439	±0.0795	±0.0795	±0.0599
	min	0	0.0067	0.0261	0.0422	0.2507
	max	0	0.1351	0.2912	0.3659	0.4071
BSRt <sub>2</sub>	mean	0	0.0639	0.1459	0.1719	0.3694
	±SD	±0	±0.0504	±0.0908	±0.0876	±0.0566
	min	0	0.0064	0.0155	0.0876	0.2822
	max	0	0.1378	0.3414	0.3795	0.4373
BSRt <sub>3</sub>	mean	0	0.0698	0.1442	0.1651	0.3808
	±SD	±0	±0.0511	±0.0949	±0.0928	±0.0614
	min	0	0.0109	0.0121	0.0602	0.2738
	max	0	0.1538	0.3530	0.3821	0.4649
BSRt <sub>4</sub>	mean	0	0.0717	0.1348	0.1412	0.3775
	±SD	±0	±0.0555	±0.0972	±0.0979	±0.0850
	min	0	0.0105	0.0078	0.0187	0.2260
	max	0	0.1708	0.3580	0.3754	0.4809
BSRt <sub>5</sub>	mean	0	0.0678	0.1181	0.1088	0.3698
	±SD	±0	±0.0649	±0.1034	±0.1015	±0.1061
	min	0	0.0019	0.0030	0.0048	0.1940
	max	0	0.1933	0.3543	0.3620	0.4970

## Status Quo Bias

นพ.ณัฐ ตันศรีสวัสดิ์\*

ในสถานการณ์ที่ความเจ็บป่วยรุนแรงเกินกว่าศักยภาพทางการแพทย์ปัจจุบันจะรักษาได้ การรักษาผู้ป่วยเหล่านี้ในช่วงสุดท้ายของชีวิต (end of life care) จึงเป็นเพียงเพื่อการประคับประคองลดอาการเจ็บปวดหรือในบางกรณีเป็นการรักษาเพื่อยืดชีวิตของผู้ป่วย ซึ่งการรักษาเหล่านี้อาจถูกพิจารณาจัดเป็นการกระทำซึ่งไม่เกิดประโยชน์ที่แท้จริงแก่ผู้ป่วย (true beneficence) และเป็นเพียงการรักษาที่ไม่ก่อให้เกิดอันตราย (non-beneficence) ซึ่งในบางกรณีอาจจะขัดกับเจตนารมณ์ของผู้ป่วยที่ต้องการจากไปอย่างสงบและมีศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ แต่การรักษาที่ยืดชีวิตเหล่านี้มักเป็นความต้องการของญาติที่มีความใกล้ชิดสนิทสนมกับผู้ป่วยซึ่งอาจยังไม่เข้าใจแนวทางและผลการรักษา ต้องการซื้อเวลา ความหวังในปาฏิหาริย์ มีความเชื่อหรืออคติบางอย่าง ทำตามความต้องการของผู้ป่วย เช่น รอให้ญาติบางคนมาเพื่อสั่งเสีย หรือบางกรณีอาจมีประโยชน์ทับซ้อนที่ต้องการให้มีการรักษาชื่อชีวิตผู้ป่วยเท่าที่ศักยภาพทางการแพทย์จะทำได้

เหตุผลการตัดสินใจของญาติที่ยังไม่ยอมให้ผู้ป่วยจากไปเพราะเคยชิน หรือยึดติดกับการมีชีวิตอยู่ด้วยกันนั้นอธิบายจาก status quo bias ซึ่งเป็น cognitive bias ประเภทหนึ่ง

Status quo bias คือการยึดติดกับสถานภาพปัจจุบัน ความคุ้นเคยชิน หรือสิ่งที่กำหนดให้เป็นค่าโดยปริยาย

สาเหตุของการเกิด status quo bias มีรากฐานจากการมีแนวความคิดที่มองการเปลี่ยนแปลงนั้นไม่ได้มีโอกาสเกิดแต่ด้านดีแต่อาจมีผลเสียขึ้นได้ ดังนั้นการไม่เปลี่ยนแปลงแม้ไม่มีผลดีเพิ่มขึ้นแต่อย่างน้อยก็ไม่เกิดผลเสียที่แย่ไปกว่าปัจจุบัน ถ้าเปลี่ยนแปลงไปแล้วเกิดผลเสียขึ้นมาจะทำให้ผู้ตัดสินใจเลือกนั้นอาจซึมเศร้าเสียใจและกล่าวโทษตนเองที่เลือกตัดสินใจผิด

---

\* ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการวางแผนกำหนดแนวทางที่แน่ชัดก่อนที่จะใช้ status quo bias ในการตัดสินใจ เช่น คุยกับผู้ป่วยและญาติถึงแนวทางและผลการรักษา ให้ผู้ป่วยเลือกแนวทาง และกำหนดจุดสิ้นสุดการรักษาเพียงเพื่อการยื้อชีวิต

ในกรณีที่มีการรักษาชีวิตไปแล้ว ให้การสนับสนุนให้กำลังใจญาติทุกคนเพื่อไม่ให้มีการตำหนิตนเอง หรือถูกตำหนิจากคนใกล้ชิดในการเลือกสิ่งที่คุณป่วยได้ตัดสินใจเลือกไปอย่างสงบ และบางกรณีทีมผู้รักษาควรมีบทบาทในการเป็นผู้ชี้แนะการเลือกเพื่อลดความรู้สึกผิดของญาติซึ่งการให้ข้อมูลชี้แนะหรือเป็นผู้มีบทบาทในการตัดสินใจเพื่อขอความยินยอมจากญาตินี้เรียกว่า informed assent

Status quo bias นอกจากกรณีที่ยกตัวอย่างในกรณีการวางแผนการดูแลผู้ป่วยในระยะสุดท้ายแล้ว ยังมีเหตุการณ์จำนวนมากในชีวิตประจำวันของทุกคนที่มีการตัดสินใจโดยใช้ status quo โดยเด็กหรือวัยรุ่นจะมีความกล้าที่จะเลือกสิ่งที่แตกต่างจากความคุ้นเคยหรือสถานภาพปัจจุบันมากกว่าผู้ใหญ่

การมีอคติในการตัดสินใจโดยยึดความเคยชินทำให้พลาดหรือเสียโอกาสที่ดีกว่า ซึ่งการเสียโอกาสนี้ส่งผลกระทบต่อทั้งกับบุคคลนั้นเอง และอาจกระทบถึงครอบครัว เพื่อนบ้าน หน่วยงานที่ปฏิบัติงาน ชุมชนและสังคม โดยผลกระทบมีได้หลากหลายมิติ เช่น ความเชื่อและจิตใจของบุคคลนั้น ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน เศรษฐกิจ สังคม กฎหมาย การปกครอง

วิธีการลด status quo สามารถทำได้โดยการสร้างแรงกระตุ้นด้านบวกให้เห็นผลดี ด้านบวกของการเปลี่ยนแปลง ร่วมกับการบรรเทาความกลัวและความเสียใจในการเลือกแล้วได้ผลลัพธ์ที่แย่กว่าการหยุดนิ่งไม่เปลี่ยนแปลง การนำเสนอแนวความคิดการเลือกการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลและความน่าจะเป็น และการเข้าใจการร่วมรู้สึก (empathy) ของผู้ที่มีอคติแบบ status quo เพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมในการทำให้บุคคลนั้นกล้าที่จะเลือกเปลี่ยนแปลงไปสู่สิ่งที่ดีกว่าเหมาะสมกว่าเดิมเพื่อประโยชน์ของบุคคลนั้นเอง คนใกล้ชิดและสังคมในที่สุด

#### References

1. Breslin J. The status quo bias and decisions to withdraw life-sustaining treatment. CMAJ 2018 March 5;190:E265-7. doi: 10.1503/cmaj.171005.
2. Curtis JR, Burt RA. Point: the ethics of unilateral “do not resuscitate” orders: the role of “informed assent”. Chest 2007;132:748-51
3. Kambi B. Status quo bias: is it human habit to prefer the current situation and abhor changes? Research on Humanities and Social Sciences 2014; 10(4): 1-5.

# พระราชดำรัสสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

คนดีของฉันทรี

จะต้องเป็นคนไม่พูดปด

ไม่สอพลอ

ไม่อิจฉาริษยา

ไม่คดโกง

และไม่มีความทะเยอทะยานอย่างบ้าบอ

แต่พยายามทำหน้าที่ของตนให้ดี

ในขอบเขตของศีลธรรม