



รูปแบบสมการสำหรับการประเมินช่วงเวลาหลังการตายของศพที่ตายผิดธรรมชาติในประเทศไทย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์และงานยุติธรรม แบบ 1.1 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

รูปแบบสมการสำหรับการประเมินช่วงเวลาหลังการตายของศพที่ตายผิดธรรมชาติใน
ประเทศไทย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์และงานยุติธรรม แบบ 1.1 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

MODELING OF EQUATION FOR ESTIMATING POSTMORTEM INTERVAL OF
UNNATURAL DEATH IN THAILAND



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Doctor of Philosophy FORENSIC SCIENCE AND CRIMINAL JUSTICE
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2022
Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	รูปแบบสมการสำหรับการประเมินช่วงเวลาหลังการตายของศพที่ ตายผิดธรรมชาติในประเทศไทย
โดย	นายวรเชษฐ์ ขอบใจ
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์และงานยุติธรรม แบบ 1.1 ปรัชญาดุสิตบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก วรวัช วิชชวาณิชย์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

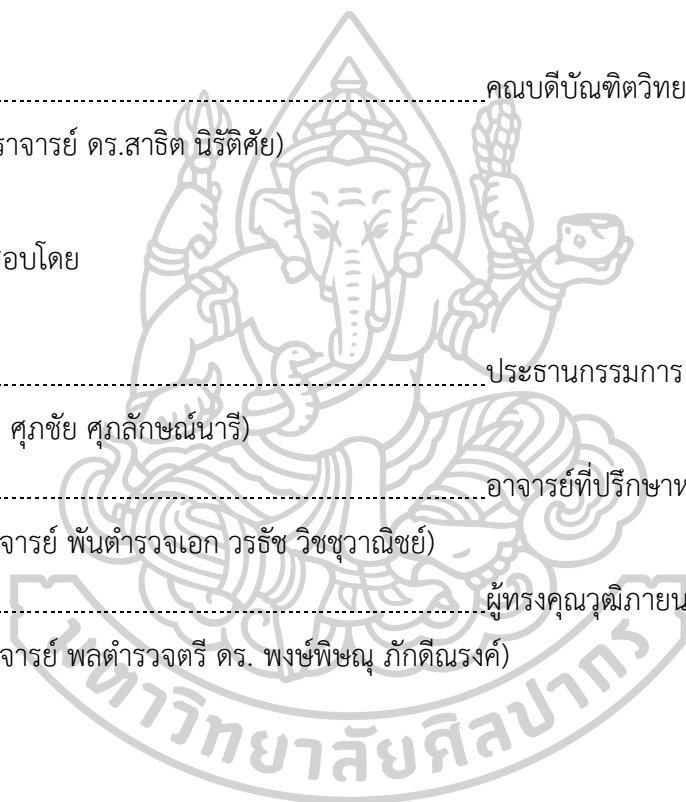
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย (ผู้รักษาการแทน)
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต นิรติศัย)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก วรวัช วิชชวาณิชย์)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ พลตำรวจตรี ดร. พงษ์พิเชฏ์ ภัคตินรงค์)



57312923 : นิติวิทยาศาสตร์และงานยุติธรรม แบบ 1.1 ปรัชญาชุภีบัณฑิต

คำสำคัญ : ช่วงเวลาการตาย, รูปแบบสมการ, โฟแทสเซียม, อุณหภูมิสะสมรายวัน, อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง, คะแนนร่างกายรวมศพ

นาย วรเชษฐ์ ขอบใจ: รูปแบบสมการสำหรับการประเมินช่วงเวลาหลังการตายของศพที่ตายผิดธรรมชาติในประเทศไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก วรชัช วิชชวาณิชย์

วิทยานิพนธ์นี้ ประกอบด้วย 4 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 แบบจำลองสมการถดถอยระหว่างอุณหภูมิสะสมและโฟแทสเซียมกับเวลาตาย ตอนที่ 2 รูปแบบสมการจากอุณหภูมิแวดล้อมต่อคะแนนร่างกายรวมและเวลาตายของศพ ตอนที่ 3 รูปแบบสมการทำนายเพื่อประเมินช่วงเวลาการตาย โดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพ และตอนที่ 4 เปรียบเทียบเวลาตายที่ได้จากรูปแบบสมการกับเวลาตายที่แพทย์นิติเวชรายงาน

ผลการศึกษาตอนที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (X) กับระดับโฟแทสเซียมไอออน (Y) ในน้ำวุ้นลูกตาและเลือด มีสมการเส้นโค้ง คือ $Y = 0.5252 + 1.2368(1 - \exp^{-0.01283X})$ มีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9931 และความสัมพันธ์ระหว่างระดับโฟแทสเซียมไอออน (Y) ของน้ำวุ้นลูกตาศพ และเลือดศพ กับเวลาเสียชีวิต (X) เท่ากับ 0.9183, 0.8296 และ 0.5476 ตามลำดับ โดยมีสมการ คือ $Y = 0.5252 + 1.2368(1 - \exp^{-0.0847X})$, $Y = 2.779 + 7.491(1 - \exp^{-0.1159X})$ และ $Y = 3.795 + 39.575(1 - \exp^{-0.1047X})$ ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำรูปแบบสมการนี้ไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้ แต่มีข้อควรระวังในการใช้ในกรณีที่มีเวลาเสียชีวิตที่นานขึ้น

ผลการศึกษาตอนที่ 2 รูปแบบสมการความสัมพันธ์ของอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับเวลาตาย อุณหภูมิสะสมรายวันกับเวลาตาย และคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมกับเวลาตาย คือ $PMI = 0.1255ADH - 0.7524$, $PMI = 3.0105ADD - 13.175$ และ $PMI = 4.5389TBS - 27.833$ ตามลำดับ ตามเกณฑ์คะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายหลังตายในศพลักษณะสดมีคะแนนขั้นต่ำสุด คือ 8 คะแนน เมื่อนำมาใช้กับสมการจะได้เวลาตายต่ำสุดเป็น 8.48 ชั่วโมง ช่วงเวลาการเสียชีวิตที่กว้างเมื่อนำมาใช้เปรียบเทียบคะแนนการเปลี่ยนแปลงของร่างกายหลังตายและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสะสมรายวันและรายชั่วโมง ทำให้ได้ค่าประเมินเวลาการตายที่ยังไม่แม่นยำเท่าที่ควรจะเป็น อาจเป็นผลมาจากสาเหตุการตายเกิดจากภัยพิบัติทางน้ำและไม่ได้เก็บรักษาศพเป็นอย่างดีก่อนที่จะมีการชันสูตรศพ และปัจจัยอุณหภูมิแวดล้อมอาจส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงร่างกายศพเพิ่มขึ้น

ผลการศึกษาตอนที่ 3 การประเมินเวลาตายจากรายงานการชันสูตรศพ โดยใช้รูปแบบสมการคะแนนร่างกายรวมศพจากภัยพิบัติซินามิ พบว่าคะแนนร่างกายรวมสามารถใช้ในการประเมินเวลาเสียชีวิตได้อย่างเหมาะสม ในขณะที่การใช้อุณหภูมิสะสมวันและอุณหภูมิสะสมชั่วโมงมีค่าประเมินเวลาเสียชีวิตสูงเกินไป ดังนั้น ควรมีการสร้างสมการประเมินเวลาการตายที่ใช้สำหรับสถานที่ในร่ม กลางแจ้ง และในน้ำ และอุณหภูมิแวดล้อมที่จำเพาะกับภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเน่าสลาย จึงจำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมก่อนที่จะนำไปใช้เป็นหลักฐานในศาล

ผลการศึกษาตอนที่ 4 เวลาการตายจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนร่างกายรวมศพ

กับเวลาตายมีความสัมพันธ์ที่ต่ำกว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตะสมรายวันกับเวลาตาย และสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตะสมรายชั่วโมงกับเวลาตาย ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์ประสิทธิผลสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.8727 ในขณะที่สมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตะสมรายวันกับเวลาตาย และสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตะสมรายชั่วโมงกับเวลาตายไม่มีความสัมพันธ์กัน ($R^2 = 0.00001$)

รูปแบบสมการที่ได้แสดงให้เห็นจุดแข็งและข้อจำกัดในปัจจุบันของวิธีการทดสอบทั้งหมด เช่นเดียวกับผลลัพธ์ที่เสริมแนวโน้มการศึกษา ดังนั้นข้อมูลรูปแบบสมการนี้จึงเป็นพื้นฐานสำหรับเป้าหมายการวิจัยในอนาคต



57312923 : Major FORENSIC SCIENCE AND CRIMINAL JUSTICE

Keyword : Postmortem interval, Equation model, Potassium, Accumulated degree day, Accumulated degree hour, Total body score

MR. WARACHATE KHOBJAI : MODELING OF EQUATION FOR ESTIMATING POSTMORTEM INTERVAL OF UNNATURAL DEATH IN THAILAND THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR POLICE COLONEL WORATOUCH WITCHUVANIT

This thesis consists of 4 parts: Part 1, Regression models for postmortem interval (PMI) estimation by using accumulated degree hours (ADH) and potassium in vitreous and blood. Part 2, Equation model for postmortem interval assessment from ambient temperature, total body score (TBS) and time since death. Part 3, Predictive equation model to estimate PMI using total body score.

Part 1: The relationship between the accumulated degree day and the potassium ion level in the vitreous was 0.9931. The exponential equation was $Y = 0.5252 + 1.2368(1 - \exp^{-0.01283X})$. The relationship between potassium ion levels and vitreous humor in pig and corpse and corpse blood were 0.9183, 0.8296 and 0.5476, respectively. The equations are $Y = 0.5252 + 1.2368(1 - \exp^{-0.0847X})$, $Y = 2.779 + 7.491(1 - \exp^{-0.1159X})$ และ $Y = 3.795 + 39.575(1 - \exp^{-0.1047X})$, respectively. This equation can apply in practice, but there are precautions to be taken in case of longer death times.

Part 2: The equation models of ADH with PMI, ADD with PMI and TBS with PMI were $PMI = 0.1255ADH - 0.7524$, $PMI = 3.0105ADD - 13.175$ และ $PMI = 4.5389TBS - 27.833$, respectively. Based on the criterion for the total body change score in fresh corpses, the lowest total body score was 8, when applied to the equation, the lowest time since death was 8.48 hours. The wide postmortem interval is used to compare total body score and accumulated degree day and accumulated degree hour. This resulted in an estimate of the time of death that was not as accurate as it should have been. It may be that the cause of death was caused by a water disaster and the bodies were not well preserved prior to the autopsy and ambient temperature factors may contribute to the increase in body changes in the corpse.

Part 3: Postmortem interval from autopsy reports were assessed using the total body scores equation model from Tsunami disaster. These results suggest that the TBS can be optimally used to assess PMI. While the ADD and ADH were used to overestimate PMI. Therefore, Postmortem interval equations should be established for indoor, outdoor, aquatic locations and an ambient temperature specific to the region of Thailand. Which is a factor that affects the

decay process. Further research is needed before it can be used as evidence in court.

Part 4: The postmortem interval from the correlation equation of total body score with time of death had a better relationship than the correlation equation of accumulated degree day and accumulated degree hour with time of death. Which has a correlation coefficient (R^2) equal to 0.8727. While, the both of the relationship between the accumulated degree day and accumulated degree hour with time of death was not correlated ($R^2 = 0.00001$).

The equation models reveal strengths and current limitations of all tested methods, as well as promising synergistic effects, and thus, provide a baseline for targeted future research



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความร่วมมือและช่วยเหลือจากบุคคลทุกท่านที่ได้สละเวลามาให้คำแนะนำ ข้อคิด และความรู้อย่างดี อันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย ครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก วรชัช วิชชวาณิชย์ ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี และรองศาสตราจารย์ พลตำรวจตรี ดร.พงษ์พิชญ์ ภักดี ณรงค์ ที่ได้กรุณาเป็นประธานกรรมการและผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.พญ.ปานใจ ไหวหารดี เจ้าของผลงานวิจัย เรื่อง “การตรวจวัดปริมาณโลหะหนักหลายชนิดในน้ำวุ้นลูกตาเพื่อใช้ในการประเมินระยะเวลาหลังการเสียชีวิต” รายงานการวิจัย ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2560 ผู้วิจัยขออนุญาตใช้ข้อมูลบางส่วนเพื่อนำมาวิเคราะห์ใหม่ร่วมกับปัจจัยในการศึกษาดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ นางสาวภัทรฤทัย สุนทร เจ้าของผลงานวิจัย เรื่อง “การประมาณเวลาเสียชีวิตของศพจากระดับอิเล็กทรอนิกส์จากน้ำวุ้นลูกตา” วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ผู้วิจัยขออนุญาตใช้ข้อมูลบางส่วนเพื่อนำมาวิเคราะห์ใหม่ร่วมกับปัจจัยในการศึกษาดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ นางสาวสัณห์ลักษณ์ สำรวย เจ้าของผลงานวิจัย เรื่อง “การประมาณเวลาการเสียชีวิตของศพจากระดับโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ในเลือด” วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ผู้วิจัยขออนุญาตใช้ข้อมูลบางส่วนเพื่อนำมาวิเคราะห์ใหม่ร่วมกับปัจจัยในการศึกษาดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวาณิชย์ เจ้าของผลงานวิจัย เรื่อง “การประเมินเวลาตายในศพเน่าบริเวณภูมิอากาศเขตร้อนจากสมการคะแนน” เผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารสมาคมแพทยนิติเวชแห่งประเทศไทย ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 กรกฎาคม-ธันวาคม 2557 ผู้วิจัยขออนุญาตใช้ข้อมูลบางส่วนเพื่อนำมาวิเคราะห์ใหม่ร่วมกับปัจจัยในการศึกษาดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ นายแพทย์กำพล เครือคำขาว แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านแพทยนิติเวช โรงพยาบาลลำปาง และอาจารย์นายแพทย์วิระชัย สมัย หน่วยนิติเวชศาสตร์และพิษวิทยา สาขาวิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ กรุณาเอื้อเฟื้อให้ข้อมูลผลการตรวจชันสูตรการเปลี่ยนแปลงหลังการเสียชีวิตกับระยะเวลาการเสียชีวิตของศพตายผิดธรรมชาติ เพื่อช่วยทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง

และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ครอบครัว เพื่อนๆ และผู้ที่มีได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ทุกท่าน ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ
แนะนำ และเป็นกำลังใจ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นาย วรเชษฐ์ ขอบใจ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ท
สารบัญภาพ.....	ด
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	5
3. สมมุติฐานงานวิจัย.....	5
4. ขอบเขตของการศึกษา.....	5
5. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	6
6. นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
บทที่ 2.....	8
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	9
1.1 ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญาการชันสูตรพลิกศพ.....	9
1.2 การชันสูตรพลิกศพ.....	13
1.2.1 ชนิดของการตาย.....	13
1.2.2 การตายผิดธรรมชาติชนิดพิเศษ.....	14

1.2.3 ผู้มีหน้าที่ต้องชันสูตรพลิกศพ.....	14
1.2.4 การชันสูตรพลิกศพของแพทย์.....	16
1.2.5 วิธีการชันสูตรศพ.....	16
1.2.6 หลังเสร็จสิ้นการชันสูตรพลิกศพ.....	17
1.3 ระบบการชันสูตรพลิกศพ.....	17
1.3.1 ระบบศาล (Court system).....	18
1.3.2 ระบบแพทย์สอบสวน (Medical examiner system).....	18
1.3.3 ระบบตำรวจ (Police system).....	18
1.4 วิธีทางนิติเวชศาสตร์และนิติวิทยาศาสตร์สำหรับหาเวลาการเสียชีวิต.....	20
1.4.1 การตกของเลือดตามแรงโน้มถ่วง (Livor mortis).....	21
1.4.2 การแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (Rigor mortis).....	21
1.4.3 การลดลงของอุณหภูมิของร่างกาย (Algor mortis, Postmortem cooling)..	22
1.4.4 อัตราการเน่าสลายของเนื้อเยื่อ.....	22
1.4.5 ปริมาณอาหารในกระเพาะ.....	23
1.4.6 การเจริญเติบโตของตัวหนอน.....	23
1.4.7 วัตถุพยานในที่ที่เกิดเหตุ.....	23
1.5 การประมาณเวลาตาย.....	24
1.5.1 หลักทั่วไปในการประมาณเวลาตาย.....	24
1.5.2 การตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุ.....	25
1.6.3 ขั้นตอนการตรวจและการบันทึกการตรวจ.....	25
1.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของประเทศไทย.....	29
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	30
2.1 แนวทางการศึกษาในต่างประเทศ.....	30
2.1.1 วิธีศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสารชีวเคมีต่างๆ ของร่างกายหลังตาย.....	37

2.1.2 วิธีการต่างๆ ในการประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนการเปลี่ยนแปลงของร่างกายศพ	45
1.2.3 การประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิตตามประสบการณ์ (PMI estimation by experience).....	57
2.2 แนวทางการศึกษาในประเทศไทย	57
2.2.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเซลล์และสารชีวเคมีในร่างกาย	57
บทที่ 3	68
วิธีดำเนินการวิจัย	68
ตอนที่ 1 แบบจำลองสมการถดถอยสำหรับการประเมินเวลาการเสียชีวิต โดยใช้อุณหภูมิสะสมและโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาและเลือด	68
ตอนที่ 2 รูปแบบสมการสำหรับการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อมและคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมศพ.....	72
ตอนที่ 3 รูปแบบสมการทำนายเพื่อประเมินช่วงเวลาหลังการตายโดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพ.....	74
ตอนที่ 4 เปรียบเทียบเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากการคำนวณคะแนนร่างกายรวม อุณหภูมิรายวันและอุณหภูมิรายชั่วโมง กับเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน	75
บทที่ 4	76
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์	76
ตอนที่ 1 แบบจำลองสมการถดถอยสำหรับการประมาณเวลาการเสียชีวิต โดยใช้อุณหภูมิสะสมและโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาและเลือด	76
ผลการตรวจวิเคราะห์ระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาของซากหมู	76
ผลการตรวจวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาของศพมนุษย์ ...	80
ผลการตรวจวิเคราะห์ระดับโพแทสเซียมไอออนในเลือดของมนุษย์.....	80
ตอนที่ 2 รูปแบบสมการสำหรับการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อมและคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวม.....	82

ผลการประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายศพกับอุณหภูมิจึง	
แวลล้อมสะสม	84
อุณหภูมิจึงแวลล้อมตามเวลาเกิดเหตุ	84
อุณหภูมิจึงสมรายวันและรายชั่วโมงในพื้นที่เกิดเหตุกับเวลาการเสียชีวิต	88
อุณหภูมิจึงสมรายวันและรายชั่วโมงจากกรมอุตุนิยมวิทยากับเวลาการเสียชีวิต	88
ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจึงสมรายชั่วโมงและคะแนนร่างกายรวมของศพกับเวลาการเสียชีวิต	90
ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจึงสมรายวันและคะแนนร่างกายรวมของศพกับช่วงเวลาการเสียชีวิต	92
ตอนที่ 3 รูปแบบสมการทำนายเพื่อประเมินเวลาการตายโดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพ.....	95
ตอนที่ 4 เปรียบเทียบเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากการคำนวณคะแนนร่างกายรวม อุณหภูมิจึงรายวันและอุณหภูมิจึงรายชั่วโมง กับเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน	106
บทที่ 5	108
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	108
สรุปและอภิปรายผล	108
การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจึง	108
การประเมินเวลาการเสียชีวิต โดยใช้อุณหภูมิจึงสมและโพแทสเซียมในน้ำจุนลูกตาและเลือด	109
การประเมินช่วงหลังการเสียชีวิตจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจึงแวลล้อม ต่อคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมและระยะเวลาการเสียชีวิตของศพ	111
รูปแบบสมการทำนายเพื่อประเมินช่วงเวลาลงหลังการตายโดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพ	112
ข้อเสนอแนะ	113
ภาคผนวก.....	114
รายการอ้างอิง	119
ประวัติผู้เขียน	128

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สรุปแนวทางสำหรับแปลผลการตรวจประมาณเวลาตายจากการเปลี่ยนแปลงภายหลังตายเบื้องต้น.....	27
ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการลดลงของอุณหภูมิศพ.....	33
ตารางที่ 3 สมการสำหรับการประมาณช่วงเวลาการเสียชีวิตจากความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตา.....	42
ตารางที่ 4 ตัวแปรที่ใช้ประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิต.....	46
ตารางที่ 5 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนหัวและคอ ลำตัว และแขนขาของศพ โดย Megyesi และคณะ.....	47
ตารางที่ 6 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขาของศพ โดย Gelderman และคณะ.....	49
ตารางที่ 7 สมการสำหรับประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิตสำหรับศพที่พบในร่มและกลางแจ้ง โดย Gelderman และคณะ.....	50
ตารางที่ 8 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขาของศพในน้ำ โดย Heaton และคณะ.....	51
ตารางที่ 9 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขาของศพในน้ำ โดย Van Daalen และคณะ.....	53
ตารางที่ 10 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขาของศพถูกไฟไหม้ โดย Gruenthal และคณะ.....	55
ตารางที่ 11 ความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาซากหมู โดยใช้เครื่อง ICP-MS.....	59
ตารางที่ 12 ปริมาณของโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ไอออนในน้ำวุ้นลูกตา.....	61
ตารางที่ 13 รูปแบบของปัจจัยของกระบวนการเน่าแบบต่างๆ ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง.....	63
ตารางที่ 14 อุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 26 ธ.ค. พ.ศ. 2547 ถึง 1 ม.ค. พ.ศ. 2548.....	64

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการเนา (Decomposition score) ในแต่ละกลุ่ม ตัวอย่าง.....	65
ตารางที่ 16 ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาซากหมูกับเวลาการเสียชีวิต และอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง	70
ตารางที่ 17 ปริมาณของระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตากับช่วงเวลาภายหลัง การเสียชีวิต.....	71
ตารางที่ 18 ความเข้มข้นโพแทสเซียมในเลือดและเวลาการเสียชีวิต.....	71
ตารางที่ 19 สมการสำหรับประเมินระยะเวลาการเสียชีวิตจากความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน และอุณหภูมิรายชั่วโมงสะสม	79
ตารางที่ 20 อุณหภูมิต่ำ-เฉลี่ย-สูง อุณหภูมิสะสมรายวัน อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงจากพื้นที่เกิดเหตุ เพื่อใช้ประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิต.....	86
ตารางที่ 21 อุณหภูมิต่ำ-สูง-เฉลี่ย อุณหภูมิสะสมรายวัน อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงจากกรม อุตุนิยมวิทยา เพื่อใช้ประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิต	87
ตารางที่ 22 สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวันและรายชั่วโมง ของพื้นที่เกิดเหตุและกรมอุตุนิยมวิทยากับเวลาเสียชีวิต.....	89
ตารางที่ 23 สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง ของพื้นที่เกิดเหตุ และกรมอุตุนิยมวิทยา.....	92
ตารางที่ 24 สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดอุณหภูมิสะสมรายวันของพื้นที่เกิดเหตุและ กรมอุตุนิยมวิทยา.....	94
ตารางที่ 25 ข้อมูลรายงานผลการชันสูตรพลิกศพและการประเมินเวลาการเสียชีวิต จำนวน 103 ราย	99
ตารางที่ 26 การเปรียบเทียบคะแนนรวมร่างกายของศพกับเวลาการเสียชีวิต จำนวน 103 ราย ...	105
ตารางที่ 27 ความเข้มข้นของระดับโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ไอออนในน้ำวุ้นลูกตาศพจาก ห้องนิติเวช โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช จำนวน 50 ราย	114
ตารางที่ 28 ความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ โซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ ของบุคลากร โรงพยาบาลบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา.....	116

ตารางที่ 29 ความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ โซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ ในซีรัมศพจากสถาบัน
นิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ..... 117



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 การลดลงของอุณหภูมิร่างกาย	22
ภาพที่ 2 แนวโน้มอุณหภูมิต่ำเฉลี่ยรายปีย้อนหลังของประเทศไทย	29
ภาพที่ 3 แนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยสูงรายปีย้อนหลังของประเทศไทย	29
ภาพที่ 4 แนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีย้อนหลังของประเทศไทย	29
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงหลังตายกับช่วงเวลาการเสียชีวิต	31
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมไอออนสำหรับการคำนวณช่วงเวลาการเสียชีวิต	43
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนกับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง	79
ภาพที่ 8 ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาของศพกับเวลาการเสียชีวิต	80
ภาพที่ 9 ระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในเลือดของศพกับเวลาการเสียชีวิต	81
ภาพที่ 10 สมการเชิงเส้นคะแนนร่างกายรวมกับช่วงเวลาหลังเสียชีวิตช่วงต่ำ กลาง และสูง	83
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในวันที่ชันสูตรศพ	84
ภาพที่ 12 เปรียบเทียบอุณหภูมิแวดล้อมในพื้นที่เกิดเหตุ	88
ภาพที่ 13 เปรียบเทียบอุณหภูมิแวดล้อมจากกรมอุตุนิยมวิทยา	89
ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ของคะแนนร่างกายรวม เวลาการเสียชีวิต และอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงในพื้นที่เกิดเหตุ	90
ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ของคะแนนร่างกายรวม เวลาการเสียชีวิต และอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงจากกรมอุตุนิยมวิทยา	91
ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ของคะแนนร่างกายรวม ช่วงเวลาหลังการเสียชีวิต และอุณหภูมิสะสมรายวันในพื้นที่เกิดเหตุ	93
ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ของคะแนนร่างกายรวม ช่วงเวลาหลังการเสียชีวิต และอุณหภูมิสะสมรายวันจากกรมอุตุนิยมวิทยา	94

ภาพที่ 18 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากการคำนวณคะแนนร่างกายรวมกับ
 เวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน 106

ภาพที่ 19 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากการคำนวณอุณหภูมिरายวันกับเวลา
 การเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน..... 107

ภาพที่ 20 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากการคำนวณอุณหภูมिरายชั่วโมงกับ
 เวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน 107



บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 148 กำหนดว่า การชันสูตรพลิกศพ เริ่มขึ้นเมื่อปรากฏแน่ชัด หรือมีเหตุอันควรสงสัยว่าบุคคลใดตายผิดธรรมชาติ หรือตายในระหว่างอยู่ในความควบคุมของเจ้าพนักงาน ให้มีการชันสูตรพลิกศพ ซึ่งการตายผิดธรรมชาติ คือ ฆ่าตัวตาย ถูกผู้อื่นทำให้ตาย ถูกผู้อื่นทำให้ตาย ถูกสัตว์ทำร้ายตาย ตายโดยอุบัติเหตุ และตายโดยไม่ทราบสาเหตุ

การชันสูตรพลิกศพตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 150 ให้มีพนักงานสอบสวนแห่งท้องที่นั้นกับแพทย์นิติเวชศาสตร์ทำการชันสูตร เนื่องจาก การชันสูตรพลิกศพนั้นเป็นส่วนหนึ่งของการสอบสวน หากไม่ได้รับความจริงจากการชันสูตรพลิกศพ อาจส่งผลให้พยานหลักฐานในคดีเปลี่ยนแปลงไปจากความเป็นจริง การค้นหาความจริงแห่งการตายสิ่งที่สำคัญคือ พยานหลักฐานในสถานที่เกิดเหตุเป็นสิ่งที่สามารถพิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีได้ ซึ่งพยานหลักฐานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ถือเป็นพยานหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่าพยานบุคคล เมื่อพยานหลักฐานที่มีไม่เพียงพอต่อการเอาผิดจำเลยได้ ถือเป็นประโยชน์ต่อจำเลยและส่งผลให้จำเลยหลุดพ้นจากความผิดทางอาญา แต่โจทก์ซึ่งเป็นคู่กรณีอีกฝ่ายหนึ่งกลับไม่ได้รับความเป็นธรรม (ขุนทอง, 2562)

การระบุระยะเวลาการตายว่าตายมานานเท่าใดมีความสำคัญทางกฎหมายทั้งทางอาญาและทางแพ่ง โดยเฉพาะในทางอาญานอกจากจะช่วยบอกว่าการฆาตกรรมนั้นเกิดขึ้นเมื่อใดแล้ว ยังอาจจะช่วยระบุผู้ต้องสงสัยหรือตัดผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องออกได้ และยังใช้ช่วยยืนยันหรือหักล้างข้อแก้ตัวของผู้ต้องสงสัยได้ การประมาณเวลาตายเป็นหัวใจหลักอย่างหนึ่งของการชันสูตรพลิกศพ ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 154 “ให้ผู้ชันสูตรพลิกศพทำความเห็นเป็นหนังสือแสดงเหตุและพฤติการณ์ที่ตาย ผู้ตายคือใคร ตายที่ไหน ตายเมื่อใด ถ้าตายโดยคนทำร้ายให้กล่าวว่าใครหรือสงสัยว่าใครเป็นผู้กระทำความผิดเท่าที่จะทราบได้” โดยเฉพาะในกรณีที่พบศพถูกฆาตกรรมและไม่มีผู้เห็นเหตุการณ์

กรณีพบศพเสียชีวิตโดยไม่ทราบสาเหตุและไม่มีผู้เห็นเหตุการณ์ มักจะนำไปสู่คำถามสำคัญคือ ผู้เสียชีวิตเป็นใคร สาเหตุการเสียชีวิตคืออะไร และเสียชีวิตเมื่อใด แพทย์นิติเวชหรือนิติพยาธิแพทย์จะประเมินการเปลี่ยนแปลงจากสภาพของร่างกายของศพเพื่อใช้ตอบคำถามดังกล่าวข้างต้น (Pickering & Bachman, 2009) อย่างไรก็ตาม หากสภาพศพมีลักษณะน่าเบื่อการตรวจชันสูตรพลิกศพนั้นยังมีความสำคัญกับพนักงานสอบสวน แพทย์นิติเวชจะตรวจชันสูตรพลิกศพเพื่อระบุตัวบุคคล ตรวจสอบลักษณะการตาย และเวลาการตาย ซึ่งการประมาณเวลาการเสียชีวิตโดยทั่วไป

เรียกว่า “ช่วงเวลาหลังการตาย (Postmortem interval, PMI)” มีความสำคัญอย่างยิ่งในการสอบสวนคดี แต่การประมาณช่วงเวลาการเสียชีวิตที่ถูกต้องและแม่นยำนั้นทำได้ยาก (Forbes, 2004) เนื่องจากเมื่อเวลาการเสียชีวิตนานขึ้น การเปลี่ยนแปลงลักษณะของศพจะมากขึ้นด้วย ทำให้การประมาณช่วงเวลาการเสียชีวิตยิ่งกว้างขึ้น (Klepinger, 2006; Wilson-Taylor & Dautartas, 2013) มีปัจจัยตัวแปรจำนวนมากที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงร่างกายศพทำให้อัตราการเน่าสลายเปลี่ยนแปลงไป (Klepinger, 2006; Pickering & Bachman, 2009) ถึงแม้จะได้รับผลกระทบจากปัจจัยตัวแปรภายนอกและภายในที่มีอิทธิพลต่อการเน่าสลาย แต่ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของศพที่เกิดขึ้นยังสามารถใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญทางนิติเวชศาสตร์เกี่ยวกับเวลาการเสียชีวิตได้ (Pickering & Bachman, 2009; Wilson-Taylor & Dautartas, 2013) การระบุช่วงเวลาที่แม่นยำของการตายสามารถกำหนดขอบเขตด้านเวลาที่เสียชีวิตและเหตุสงสัยในช่วงเวลาดังกล่าวให้แก่พนักงานสอบสวนได้ (Forbes & Nugent, 2009)

มีงานศึกษาวิจัยจำนวนมากถึงความแม่นยำของการประเมินเวลาที่เสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะของศพ แต่งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาทางด้านทางกีฏวิทยาของแมลงที่พบในศพ ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงของศพที่มีระยะเวลาสั้นหรือนานเกินไปอาจไม่พบหลักฐานทางกีฏวิทยาได้ และมีการวิจัยศึกษาถึงตัวแปรอุณหภูมิแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงและอัตราการเน่าสลายในซากสัตว์แทนซากศพมนุษย์ (Mann, Bass, & Meadows, 1990) ด้วยเหตุนี้จึงต้องศึกษาว่าปัจจัยอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเน่าที่เกิดขึ้นอย่างไรกับระยะเวลาการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้น สิ่งนี้ทำให้แพทย์นิติเวชมีวิธีการแบบองค์รวมมากขึ้นในการตรวจชันสูตรพลิกศพ และช่วยให้สามารถประเมินเวลาการตายได้แม่นยำยิ่งขึ้น เนื่องจากการตายที่เกิดขึ้นมีความหลากหลายของตัวแปรเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศและลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิแวดล้อม พบว่ามีผลกระทบที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งต่อทั้งอัตราและกระบวนการเน่าสลายของศพ (Mann et al., 1990) ทำให้เกิดการศึกษเกี่ยวกับซากศพมนุษย์มากขึ้นเกี่ยวกับผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงการเน่าสลาย (Amendt et al., 2007; Bass, 1997; Brown & Peckmann, 2013; Melina, 2010; Rodriguez & Bass, 1983) จากการศึกษาวิจัยได้ข้อสรุปว่าการเปลี่ยนแปลงหลังการตายเป็นกระบวนการเฉพาะทางสภาพภูมิอากาศและภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกันไป เนื่องจากผลการศึกษาที่ได้ไม่เหมือนกันเกี่ยวกับอัตราและกระบวนการเน่าสลายของศพ (Bass, 1997; Rodriguez & Bass, 1983; Simmons, Adlam, & Moffatt, 2010) ด้วยเหตุนี้ผลงานวิจัยที่ได้จากการศึกษาเหล่านี้อาจนำไปใช้ในที่มีความแตกต่างกันทางสภาพภูมิอากาศและภูมิศาสตร์ไม่ได้ เนื่องจากมีความแตกต่างกันของสภาพภูมิอากาศของประเทศทั่วโลก (Galloway, Birkby, Jones, Henry, & Parks, 1989; Marks, Love, & Dadour, 2009; Reichs & Bass, 1998; Rodriguez & Bass, 1983) จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทำ

ความเข้าใจและตรวจสอบว่าปัจจัยตัวแปรเหล่านี้มีผลต่ออัตราการเฝ้าสลายของศพในแต่ละพื้นที่หรือภูมิภาคอย่างไร (Wilson-Taylor & Dautartas, 2013) ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับภูมิอากาศของประเทศไทยเป็นเขตร้อนชื้นที่มีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูง อาจผลกระทบต่อกระบวนการเฝ้าสลายของศพมากกว่าการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในที่มีอุณหภูมิต่ำ (Cameron & Oxenham, 2012; Fitzgerald & Oxenham, 2009; Marhoff, Fahey, Forbes, & Green, 2016) ปัจจุบันมีการศึกษาอย่างกว้างขวางในการประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิตของศพที่เฝ้าสลายตามบริบทของภูมิภาคต่างๆ ในแถบทวีปยุโรปและอเมริกาที่มีอุณหภูมิต่ำ แต่นำผลการศึกษานั้นมาใช้สำหรับการประเมินเวลาการเสียชีวิตในสภาพแวดล้อมภูมิอากาศเขตร้อนชื้นไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องมีศึกษาการพัฒนาวิธีการที่เป็นมาตรฐานเฉพาะของแต่ละภูมิภาคของประเทศ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของร่างกายศพที่เริ่มเกิดขึ้นจนถึงการเฝ้าสลายมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับตัวแปรภูมิอากาศและอุณหภูมิ จึงนำมาเป็นปัจจัยที่สามารถใช้ในการกำหนดช่วงเวลาการเสียชีวิตได้

การพัฒนาวิธีการประเมินเวลาการเสียชีวิตให้มีความถูกต้องและแม่นยำ แม้ว่าจะมีการวิจัยพัฒนาวิธีที่เฉพาะเจาะจงสำหรับการประเมินเวลาการเสียชีวิตอย่างแพร่หลาย แต่ยังคงมีความแม่นยำของวิธีที่ค่อนข้างจำกัด (Klepinge, 2006; Pickering & Bachman, 2009; Wilson-Taylor & Dautartas, 2013) ซึ่งวิธีการที่ใช้ในปัจจุบันเป็นวิธีเชิงคุณภาพและกำหนดให้นักมานุษยวิทยาต้องอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการเฝ้าสลายของศพและเวลาการตายที่สังเกตได้ (Galloway et al., 1989; Reed, 1958; Rodriguez & Bass, 1983) ในขณะที่ขั้นตอนการเฝ้าสลายเหล่านี้มีการวิจัยอย่างละเอียดและจัดทำแนวทางปฏิบัติการใช้เป็นวิธีการเดียวในการประเมินเวลาการเสียชีวิตที่ยังไม่น่าเชื่อถือ เนื่องจากนักมานุษยวิทยา นิติวิทยาศาสตร์ แพทย์นิติเวชแต่ละที่มีการตีความหรือเกณฑ์ปฏิบัติขั้นตอนการประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงของศพและการเปลี่ยนแปลงสารชีวเคมีแตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นพารามิเตอร์สำหรับประเมินเวลาการตาย ซึ่งอาจทำให้คลาดเคลื่อนจากวันหรือเวลาที่เสียชีวิตจริง อาจคลาดเคลื่อนจากวันเป็นสัปดาห์หรือไปจนถึงเป็นเดือน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเฝ้าสลายตัวของศพในปัจจุบันส่วนใหญ่ทำในประเทศแคนาดา (Melina, 2010) และประเทศสหรัฐอเมริกา (Suckling, Spradley, & Godde, 2016) และมีการศึกษาอื่นๆ ในพื้นที่ของยุโรปและแอฟริกาใต้ (Myburgh, L'Abbé, & Steyn, 2013) ซึ่งมีความแตกต่างด้านภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ การศึกษานำร่องของ Megyesi และคณะ (M S. Megyesi, S P. Nawrocki, & N H. Haskell, 2005) ชี้ให้เห็นว่าวิธีการในแต่ละประเทศปัจจุบันไม่เหมาะสมกับสภาพอากาศในแต่ละท้องถิ่น ซึ่งผลการศึกษานั้นอาจมาจากขนาดของกลุ่มตัวอย่างและระยะเวลาการทดลองที่ค่อนข้างจำกัด การศึกษาในปัจจุบันทำเพื่อพิสูจน์ความถูกต้องของผลการศึกษาก่อนหน้านี้ (Marhoff, 2013) การพัฒนาวิธีการวิจัยใหม่สำหรับการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากการเฝ้าสลาย

ของศพยังคงมีความเฉพาะเจาะจงกับอุณหภูมิและบริบทของแต่ละประเทศ เพื่อช่วยเพิ่มความแม่นยำในการประเมินเวลาการเสียชีวิต ทำให้เป็นวิธีการที่สามารถนำไปใช้ในแต่ละประเทศได้จริง

ปัจจุบันยังไม่มีวิธีใดวิธีเดียวทางการแพทย์ที่จะสามารถตรวจศพเพื่อหาระยะเวลาการตายที่แน่นอนได้ วิธีต่างๆ ที่แพทย์นิติเวชใช้ในการหาเวลาตายล้วนยังไม่มี ความแม่นยำ เทียบตรง และความน่าเชื่อถือเพียงพอ มีช่วงของการประเมินเวลาการตายที่ยังกว้าง โดยวิธีทั่วไปที่ใช้ในการประเมินเวลาตายยังเป็นการตรวจการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิร่างกายที่ลดลงจากทวารหนักเทียบกับอุณหภูมิแวดล้อม ซึ่งวิธีนี้สามารถใช้ได้เฉพาะในรายที่ยังไม่มีการปรับอุณหภูมิร่างกายให้เท่ากับอุณหภูมิแวดล้อม และในแต่ละคนจะไม่ว่ามีอุณหภูมิร่างกายเริ่มต้นเท่าไร อุณหภูมิร่างกายศพสามารถใช้ประมาณเวลาการตายได้ภายใน 24 ชั่วโมงเท่านั้น ถ้าสภาพร่างกายขณะตายเหมือนกันการเปลี่ยนแปลงหลังตายจะขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม ถ้าสิ่งแวดล้อมต่างกันการเปลี่ยนแปลงของร่างกายจะต่างกันโดยสิ้นเชิง และยิ่งเวลาที่ตายนานขึ้นระยะเวลาการตายที่ประเมินได้ยิ่งมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้น

ข้อมูลที่น่าสนใจในการประเมินระยะเวลาการตายมีหลายองค์ประกอบ เช่น ข้อมูลประวัติที่มีผู้เห็นเหตุการณ์ ปัจจัยสิ่งแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงหลังการตาย ซึ่งปัญหาที่พบบ่อยจากการชันสูตรพลิกศพ ณ สถานที่เกิดเหตุ คือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการเน่าสลายของศพจากสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น สภาพภูมิอากาศ รวมทั้งสภาพภูมิประเทศ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่ใช้ในการประเมินเวลาหลังการตาย เช่น การวัดอุณหภูมิร่างกายที่ลดลง (Algor mortis) การตกของเม็ดเลือดแดงตามแรงโน้มถ่วง (Livor mortis) การแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อ (Rigor mortis) การเปลี่ยนแปลงสารชีวเคมี (Biological changes) ซึ่งมีการศึกษาที่หลากหลายทั้งในด้านปัจจัยของภูมิอากาศและภูมิประเทศที่แตกต่างกัน รวมถึงการใช้ตัวอย่างทดลองที่เป็นทั้งซากศพมนุษย์หรือซากสัตว์เปรียบเทียบกับลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ

การประมาณเวลาตายจึงต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของร่างกายหลังตายหลายอย่างมาประกอบกัน เพื่อให้ได้เวลาประมาณการตายที่ใกล้เคียงกับเวลาที่ตายจริงมากที่สุด แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงและอัตราการเปลี่ยนแปลงหลังตายขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในและภายนอก ร่างกายที่ไม่แน่นอน (Sharma, Harish, Sharma, & Vij, 2002) จากการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงหลังตายสามารถที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางให้กับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางนิติเวชในการตอบคำถามของพนักงานสอบสวน เพราะแพทย์นิติเวชจะต้องให้ความเห็นเกี่ยวกับสาเหตุของการตายและเวลาการตาย

ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงศึกษารูปแบบที่เหมาะสมและมีความแม่นยำน่าเชื่อถือที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสมการ เพื่อคำนวณเวลาตายจากการเปลี่ยนแปลงหลังตายกับระยะเวลาการตาย

แบ่งตามปัจจัยพื้นฐานที่ส่งผลกระทบต่อในภูมิภาคประเทศเขตร้อน ได้แก่ ปัจจัยอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีในน้ำวุ้นลูกตาและในเลือด และการเปลี่ยนแปลงการเน่าของศพ

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อมต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาและเลือดกับระยะเวลาการเสียชีวิต สำหรับใช้เป็นรูปแบบการประเมินระยะเวลาการเสียชีวิต
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงการเน่าจากคะแนนร่างกายศพกับระยะเวลาการเสียชีวิต สำหรับใช้เป็นรูปแบบการประเมินระยะเวลาการเสียชีวิต
3. เพื่อประเมินระยะเวลาการเสียชีวิตของศพ โดยใช้รูปแบบสมการประเมินระยะเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนร่างกายรวมและอุณหภูมิสะสม
4. เพื่อเปรียบเทียบค่าเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากรูปแบบสมการประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตกับค่าเฉลี่ยเวลาการตายจากรายงานผลการชันสูตรศพของแพทย์นิติเวช

3. สมมุติฐานงานวิจัย

ปัจจัยอุณหภูมิต่อผลต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีในร่างกายศพ และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเน่าสลายตัวของร่างกายศพที่แตกต่างกัน เมื่อมีระยะเวลาการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้น

4. ขอบเขตของการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาและเลือด การเปลี่ยนแปลงร่างกายศพ และระยะเวลาการเสียชีวิต จากเอกสารที่เผยแพร่ในวารสารในลักษณะต่างๆ ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อม โดยเน้นรูปแบบสมการที่ได้จากการวิเคราะห์มาปรับใช้กับข้อมูลจากรายงานผลการชันสูตรจากแพทย์นิติเวช เพื่อประเมินระยะเวลาการเสียชีวิต ได้แก่

1. แบบจำลองสมการถดถอยสำหรับการประเมินช่วงหลังการเสียชีวิต โดยใช้อุณหภูมิสะสมและโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาและเลือด
2. รูปแบบสมการสำหรับการประเมินช่วงหลังการเสียชีวิตจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อม ต่อคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมและระยะเวลาการเสียชีวิตของศพ
3. รูปแบบสมการทำนายเพื่อประเมินช่วงเวลาหลังการตายโดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพ

5. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ผลกระทบจากปัจจัยอุณหภูมิแวดล้อมต่อการเปลี่ยนแปลงสารชีวเคมีในน้ำจืดลูกตาหลังการเสียชีวิตกับระยะเวลาการเสียชีวิต เพื่อนำไปใช้ประเมินเวลาการเสียชีวิต
2. ผลกระทบจากปัจจัยอุณหภูมิแวดล้อมต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเน่าสลายตัวหลังการเสียชีวิตกับระยะเวลาการเสียชีวิต เพื่อนำไปใช้ประเมินเวลาการเสียชีวิต
3. สามารถนำไปใช้ปรับปรุงและเป็นแนวทางการใช้รูปแบบสมการประเมินเวลาการเสียชีวิตในประเทศไทยเขตร้อนชื้น

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

1. อุณหภูมิรายวัน (Degree-Day, DD) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงของแต่ละวัน คำนวณได้จากผลต่างของอุณหภูมิสูงและต่ำของรอบวันนั้นๆ
2. อุณหภูมิสะสมรายวัน (Accumulated Degree-Days, ADD) หมายถึง ผลต่างของอุณหภูมิสูงและต่ำในแต่ละวันรวมสะสมกันตามจำนวนวันที่ตรวจศพหรือทำการศึกษาทดลอง
3. อุณหภูมิรายชั่วโมง (Degree-Hours, DH) หมายถึง ผลต่างของอุณหภูมิสูงและต่ำในแต่ละวันคูณจำนวน 24 ชั่วโมง
4. อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (Accumulated Degree-Hours, ADH) หมายถึง ผลต่างของอุณหภูมิสูงและต่ำในแต่ละวันระหว่างวันคูณจำนวน 24 ชั่วโมง รวมกันในแต่ละวัน หรือนำผลต่างของอุณหภูมิสูงและต่ำในแต่ละวันคูณรวมตามจำนวนชั่วโมงที่ตรวจศพหรือทำการศึกษาทดลอง
5. ศพที่พบในร่มบนบก (Indoor) หมายถึง ศพที่พบในพื้นที่ในอาคารบ้านเรือน ที่พักอาศัยหรือในพื้นที่ร่มเงาที่มีต้นไม้ใหญ่ปกคลุมหนาแน่นที่ไม่ได้สัมผัสหรือได้รับแสงแดดตลอดเวลา
6. ศพที่พบบนกลางแจ้งบนบก (Outdoor) หมายถึง ศพที่พบในพื้นที่ที่อยู่นอกอาคารบ้านเรือนที่พักอาศัย ที่โล่งแจ้ง กลางแปลง กลางแจ้ง ชายป่า ที่สัมผัสหรือได้รับแสงแดดเกือบจะตลอดเวลา ไม่มีสิ่งปกคลุมหรือปิดบังแสงแดด
7. ศพจมน้ำ (Drowning/Submerge/Aquatic) หมายถึง ศพที่พบอยู่ในบริเวณที่มีลักษณะการแช่ในน้ำ จุ่มลงในน้ำ จมลงใต้น้ำ และในบริเวณที่มีน้ำแหล่งน้ำเกี่ยวข้อง
8. ศพไฟไหม้ (Charred/Burned) หมายถึง ศพที่พบในบริเวณที่มีเพลิงไหม้ ถูกเผา ถูกย่าง ถูกเผาไหม้ ลักษณะไหม้ดำเป็นต่อตะโก ไหม้เกรียม
9. ศพฝังดินหรือถูกฝัง (Interred/Buried) หมายถึง ศพที่พบฝังในดิน ถูกฝังดิน ดินทับถมอาจรวมถึงศพที่ถูกอำพรางคดี โดยมีการโอบอุ้มปิดทับแล้วฝังดิน

9. คะแนนร่างกายรวมของศพ (Total Body Score, TBS) หมายถึง ผลรวมของคะแนนการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเน่าของร่างกายศพ ตามเกณฑ์การให้คะแนนลักษณะการเปลี่ยนแปลงของศพ

10. การเปลี่ยนแปลงของร่างกายหลังการเสียชีวิต (Postmortem change) หมายถึง ในทางการแพทย์ถือเป็นส่วนที่สืบเนื่องจากการเรียนรู้เรื่องการบาดเจ็บเสียหายของเซลล์ เนื้อเยื่อ และร่างกาย อันเป็นการเรียนรู้เรื่องการดำเนินไปของโรคหรือพยาธิวิทยา ในขั้นตอนสุดท้ายเมื่อชีวิตก้าวข้ามเส้นของการบาดเจ็บที่เรียกว่า recovery injury หรือ point of no return

11. ศพที่ยังไม่เน่า (Fresh body) หมายถึง ระยะนี้เริ่มขึ้นทันทีที่หัวใจหยุดเต้น อุณหภูมิร่างกายจะตก โลหิตหยุดไหลเวียนไปทั่วร่างกาย และเริ่มจับตัวในบางจุด

12. ศพพองอืด (Bloating) หมายถึง แบคทีเรียเริ่มกินเนื้อเยื่อของร่างกาย และสปีผิวเริ่มเปลี่ยนจนสังเกตเห็นได้ เริ่มเกิดก๊าซขึ้น ทำให้ร่างกายเริ่มอืดบวมจนเนื้อเยื่อปริออก

13. ศพเน่าสลายระยะแรก (Early decomposition) หมายถึง ระยะที่เกิดการเสื่อมสลายมากที่สุด เนื้อเยื่ออ่อนส่วนใหญ่อาจถูกหนอนแมลงวันชอนไชกิน หรือเริ่มมีของเหลวไหลออกจากร่างกาย

14. ศพเน่าสลายระยะสุดท้าย (Late decomposition) หมายถึง เนื้อเยื่ออ่อนส่วนใหญ่ถูกกิน จำนวนแบคทีเรีย หนอน หรือแมลงที่มากินศพเริ่มลดลง โดยหากศพอยู่บนดิน พืชโดยรอบจะตาย และระดับความเป็นกรดของดินจะเปลี่ยนไป

15. ศพแห้ง หมายถึง ซากศพที่เหลืออยู่จะเริ่มมีสภาพเหมือนโครงกระดูก โดยกระบวนการนี้จะเริ่มปรากฏชัดที่ใบหน้า มือ และเท้า หากสภาพอากาศบริเวณนั้นมีความชื้น ศพจะเริ่มกลายสภาพเป็นมัมมี่ พืชที่อยู่บริเวณโดยรอบจะเริ่มโตขึ้นอีกครั้งเพราะได้รับสารอาหารจากศพ

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการสอบสวนเป็นจุดเริ่มต้นของการอำนวยความสะดวกให้กับประชาชนให้ได้รับความเป็นธรรม ภายใต้กรอบกฎหมายด้วยความเสมอภาคเท่าเทียมกัน เพื่อให้เกิดการสอบสวนที่ถูกต้อง ชัดเจน ไม่เกิดความล่าช้า และมีความเป็นธรรม ถ้าการตายนั้นเป็นการตายโดยธรรมชาติก็ไม่จำเป็นต้องมีการชันสูตรพลิกศพ แต่ในกรณีที่ปรากฏแน่ชัดหรือมีเหตุอันควรสงสัยว่าบุคคลใดตายผิดธรรมชาติ หรือตายในระหว่างอยู่ในความควบคุมของเจ้าพนักงาน ต้องให้มีการชันสูตรพลิกศพ เว้นแต่การตายนั้นเป็นการตายโดยการประหารชีวิตตามกฎหมาย

การชันสูตรพลิกศพนั้นสามารถแยกพิจารณาได้เป็น 2 กรณี ได้แก่ การชันสูตรพลิกศพสามัญ หมายถึง การตรวจศพเพื่อหาสาเหตุการเสียชีวิต กรณีที่มีการตายผิดธรรมชาติ หรือตายในระหว่างอยู่ในความควบคุมของเจ้าพนักงาน ส่วนการชันสูตรพลิกศพวิสามัญ หมายถึง การตรวจศพหรือการไต่สวนการตายเพื่อหาสาเหตุของการเสียชีวิต กรณีที่มีความตายเกิดขึ้นโดยการกระทำของเจ้าพนักงาน ซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่หรือตายระหว่างการควบคุมของเจ้าพนักงานตามหน้าที่ การชันสูตรพลิกศพทั้ง 2 กรณีนั้นกระทำเพื่อให้ทราบถึงสาเหตุแห่งการตาย ผู้ตายคือใคร ตายเมื่อใด ถ้ามีผู้ใดทำให้ตายก็ให้ได้ทราบด้วย และถือว่าสำนวนการชันสูตรพลิกศพถือเป็นส่วนหนึ่งของสำนวนการสอบสวน เพราะหากการสอบสวนปรากฏว่าการตายโดยผิดธรรมชาตินั้นเกิดจากการกระทำผิดทางอาญา การสอบสวนคดีอาญาก็ต้องนำสำนวนการชันสูตรพลิกศพไปรวมกับสำนวนการสอบสวนในคดีอาญาด้วย อันเป็นผลให้มีการฟ้องร้องผู้กระทำความผิดทางอาญาได้

การชันสูตรพลิกศพของประเทศไทยเป็นการสอบสวนแบบระบบตำรวจ คือ ตำรวจมีอำนาจฝ่ายเดียวในการชันสูตรพลิกศพ กฎหมายให้อำนาจพนักงานสอบสวนเป็นเจ้าหน้าที่หลักในการชันสูตรพลิกศพและสรุปสำนวนการสอบสวน การชันสูตรพลิกศพถือเป็นส่วนหนึ่งของการสอบสวนและมีความสำคัญต่อผลของคดีอย่างยิ่ง เนื่องจากการชันสูตรพลิกศพสามัญของประเทศไทยให้อำนาจพนักงานสอบสวนแห่งท้องที่ที่ศพนั้นอยู่กับแพทย์ทางนิติเวชศาสตร์ ซึ่งได้รับวุฒิปับตรหรือได้รับหนังสืออนุมัติจากแพทยสภาในการร่วมชันสูตรพลิกศพ แต่อำนาจในการทำสำนวนชันสูตรพลิกศพนั้นเป็นของพนักงานสอบสวนโดยเบ็ดเสร็จ หากพนักงานสอบสวนทำสำนวนชันสูตรพลิกศพด้วยความไม่เป็นธรรมหรือเกิดการทุจริตในหน้าที่ องค์กรอื่นๆ ก็ไม่สามารถตรวจสอบการปฏิบัติหน้าที่ของพนักงานสอบสวนได้ ซึ่งหากเป็นเช่นนั้นถือได้ว่าเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อกระบวนการยุติธรรม (ขุนทอง, 2562)

การวิจัยเรื่องรูปแบบสมการสำหรับการประเมินช่วงเวลาหลังการตายของศพที่ตายผิดธรรมชาติในประเทศไทย ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี กฎหมาย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากตำรา

วารสารวิจัย เอกสารวิชาการ รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ที่เผยแพร่ และการสืบค้นข้อมูลผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำความเข้าใจ และประมวลประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการประเมินเวลาการเสียชีวิตของศพในทางนิติเวชศาสตร์และนิติวิทยาศาสตร์ ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา การชันสูตรพลิกศพ

1.2 การชันสูตรพลิกศพ

1.3 ระบบการชันสูตรพลิกศพ

1.4 วิธีทางนิติเวชศาสตร์และนิติวิทยาศาสตร์สำหรับหาระยะเวลาการเสียชีวิต

1.5 การประมาณเวลาตาย

1.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของประเทศไทยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของศพ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวทางการศึกษาในต่างประเทศ

2.2 แนวทางการศึกษาในประเทศไทย

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การชันสูตรพลิกศพ คือ การตรวจพิสูจน์เพื่อดูสภาพศพ ค้นหาสาเหตุ และพฤติการณ์ที่ตายว่าผู้ตายคือใคร ตายเมื่อใด ถ้าตายโดยคนทำร้ายสงสัยว่าใครเป็นผู้กระทำความผิดที่ทำให้เกิดการตายตามที่ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 129 ความว่า "ให้ทำการสอบสวนรวมทั้งการชันสูตรพลิกศพในกรณีที่มีความตายเป็นผลแห่งการกระทำความผิดอาญาดังที่บัญญัติไว้ในประมวลกฎหมายนี้อันว่าด้วยการชันสูตรพลิกศพ ถ้าการชันสูตรพลิกศพยังไม่เสร็จ ห้ามมิให้ฟ้องผู้ต้องหาไปยังศาล" ซึ่งตามกฎหมายมีความมุ่งหมายให้แพทย์และพนักงานสอบสวนดำเนินการตรวจสอบในสถานที่พบศพ ยกเว้นแต่ว่าการชันสูตรพลิกศพเพื่อตรวจดูสภาพศพในสถานที่เกิดเหตุ นั้น อาจเป็นเหตุทำให้การจราจรติดขัดมาก อาจกลายเป็นสถานที่อุจาดตาจากสภาพศพ หรืออาจก่อให้เกิดอันตรายต่อประชาชนทั่วไป แพทย์และพนักงานสอบสวนย่อมมีสิทธิ์ที่จะสามารถเคลื่อนย้ายศพ เพื่อนำไปทำการชันสูตรพลิกศพยังสถานที่อื่นที่เหมาะสมได้ กฎหมายการชันสูตรพลิกศพประกอบด้วย

1.1 ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญาการชันสูตรพลิกศพ

หมวด 2 การชันสูตรพลิกศพ มาตรา 148-156 ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มีรายละเอียดดังนี้

มาตรา 148 เมื่อปรากฏแน่ชัด หรือมีเหตุอันควรสงสัยว่าบุคคลใดตายโดยผิดธรรมชาติ หรือตายในระหว่างอยู่ในความควบคุมของเจ้าพนักงาน ให้มีการชันสูตรพลิกศพ เว้นแต่ตายโดยการประหารชีวิตตามกฎหมาย

การตายโดยผิดธรรมชาตินั้น คือ

- (1) ฆ่าตัวตาย
- (2) ถูกผู้อื่นทำให้ตาย
- (3) ถูกสัตว์ทำร้ายตาย
- (4) ตายโดยอุบัติเหตุ
- (5) ตายโดยยังมีปรากฏเหตุ

มาตรา 149 ความตายผิดธรรมชาติเกิดมีขึ้น ณ ที่ใด ให้เป็นหน้าที่ของสามี ภรรยา ญาติมิตรสหายหรือผู้ปกครองของผู้ตายที่รู้เรื่องการตายเช่นนั้น จัดการดังต่อไปนี้

- (1) เก็บศพไว้ ณ ที่ซึ่งพบนั้นเองเพียงพอที่จะทำได้
- (2) ไปแจ้งความแก่พนักงานฝ่ายปกครองหรือตำรวจโดยเร็วที่สุด

หน้าที่ดังกล่าวในวรรคต้นนั้นมีตลอดถึงผู้อื่น ซึ่งได้พบศพในที่ซึ่งไม่มีสามี ภรรยา ญาติมิตรสหาย หรือผู้ปกครองของผู้ตายอยู่ในที่นั้นด้วย ผู้ใดละเลยไม่กระทำหน้าที่ดังกล่าวบัญญัติไว้ในมาตรานี้ ต้องระวางโทษปรับไม่เกินหนึ่งพันบาท

มาตรา 150 ในกรณีที่จะต้องมีการชันสูตรพลิกศพ ให้พนักงานสอบสวนแห่งท้องที่ที่ศพนั้นอยู่กับแพทย์ทางนิติเวชศาสตร์ซึ่งได้รับวุฒิปับตรหรือได้รับหนังสืออนุมัติจากแพทยสภา ทำการชันสูตรพลิกศพโดยเร็ว ถ้าแพทย์ทางนิติเวชศาสตร์ดังกล่าวไม่มีหรือไม่อาจปฏิบัติหน้าที่ได้ ให้แพทย์ประจำโรงพยาบาลของรัฐปฏิบัติหน้าที่ ถ้าแพทย์ประจำโรงพยาบาลของรัฐไม่มีหรือไม่อาจปฏิบัติหน้าที่ได้ ให้แพทย์ประจำสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปฏิบัติหน้าที่ ถ้าแพทย์ประจำสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดไม่มีหรือไม่อาจปฏิบัติหน้าที่ได้ ให้แพทย์ประจำโรงพยาบาลของเอกชนหรือแพทย์ผู้ประกอบวิชาชีพเวชกรรมที่ขึ้นทะเบียนเป็นแพทย์อาสาสมัครตามระเบียบของกระทรวงสาธารณสุขปฏิบัติหน้าที่ และในการปฏิบัติหน้าที่ดังกล่าว ให้แพทย์ประจำโรงพยาบาลของเอกชนหรือแพทย์ผู้ประกอบวิชาชีพเวชกรรมผู้นั้น เป็นเจ้าพนักงานตามประมวลกฎหมายอาญา ทั้งนี้ ให้พนักงานสอบสวนและแพทย์ดังกล่าวทำบันทึกรายละเอียดแห่งการชันสูตรพลิกศพทันที และให้แพทย์ดังกล่าวทำรายงานแนบท้ายบันทึกรายละเอียดแห่งการชันสูตรพลิกศพด้วยภายในเจ็ดวันนับแต่วันที่ได้รับแจ้งเรื่อง ถ้ามีความจำเป็นให้ขยายระยะเวลาออกไปได้ไม่เกินสองครั้ง ครั้งละไม่เกินสามสิบวัน แต่ต้องบันทึกเหตุผลและความจำเป็นในการขยายระยะเวลาทุกครั้งไว้ในสำนวนชันสูตรพลิกศพ รายงานดังกล่าวให้ถือเป็นส่วนหนึ่งของสำนวนชันสูตรพลิกศพ และในกรณีที่ความตายมิได้เป็นผลแห่งการ

กระทำผิดอาญา ให้พนักงานสอบสวนส่งสำนวนชั้นสูตรพลิกศพไปยังพนักงานอัยการเมื่อเสร็จสิ้นการชั้นสูตรพลิกศพโดยเร็วและให้พนักงานอัยการดำเนินการต่อไปตามมาตรา 156

ให้เป็นหน้าที่ของพนักงานสอบสวนแจ้งแก่ผู้มีหน้าที่ไปทำการชั้นสูตรพลิกศพทราบ และก่อนการชั้นสูตรพลิกศพ ให้พนักงานสอบสวนแจ้งให้สามี ภริยา ผู้บุพการี ผู้สืบสันดาน ผู้แทนโดยชอบธรรม ผู้อนุบาล หรือญาติของผู้ตายอย่างน้อยหนึ่งคนทราบเท่าที่จะทำได้

ในกรณีที่มีความตายเกิดขึ้นโดยการกระทำของเจ้าพนักงานซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่หรือตายในระหว่างอยู่ในความควบคุมของเจ้าพนักงานซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่ ให้พนักงานอัยการและพนักงานฝ่ายปกครองตำแหน่งตั้งแต่ระดับปลัดอำเภอหรือเทียบเท่าขึ้นไปแห่งท้องที่ที่ศพนั้นอยู่เป็นผู้ชั้นสูตรพลิกศพร่วมกับพนักงานสอบสวนและแพทย์ตามวรรคหนึ่ง และให้นำบทบัญญัติในวรรคสองมาใช้บังคับ

เมื่อได้มีการชั้นสูตรพลิกศพตามวรรคสามแล้ว ให้พนักงานสอบสวนแจ้งให้พนักงานอัยการเข้าร่วมกับพนักงานสอบสวนทำสำนวนชั้นสูตรพลิกศพให้เสร็จภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับแจ้งถ้ามีความจำเป็นให้ขยายระยะเวลาออกไปได้ไม่เกินสองครั้ง ครั้งละไม่เกินสามสิบวันแต่ต้องบันทึกเหตุผลและความจำเป็นในการขยายระยะเวลาทุกครั้งไว้ในสำนวนชั้นสูตรพลิกศพ

เมื่อได้รับสำนวนชั้นสูตรพลิกศพแล้ว ให้พนักงานอัยการทำคำร้องขอต่อศาลชั้นต้นแห่งท้องที่ที่ศพนั้นอยู่ เพื่อให้ศาลทำการไต่สวนและทำคำสั่งแสดงว่าผู้ตายคือใคร ตายที่ไหน เมื่อใด และถึงเหตุและพฤติการณ์ที่ตาย ถ้าตายโดยคนทำร้ายให้กล่าวว่าใครเป็นผู้กระทำร้ายเท่าที่จะทราบได้ภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับสำนวน ถ้ามีความจำเป็นให้ขยายระยะเวลาออกไปได้ไม่เกินสองครั้ง ครั้งละไม่เกินสามสิบวัน แต่ต้องบันทึกเหตุผลและความจำเป็นในการขยายระยะเวลาทุกครั้งไว้ในสำนวนชั้นสูตรพลิกศพ

ในการปฏิบัติหน้าที่ตามวรรคหนึ่ง วรรคสาม วรรคสี่ และวรรคห้า ให้พนักงานสอบสวนปฏิบัติตามคำสั่งของพนักงานอัยการ ในการไต่สวนตามวรรคห้า ให้ศาลปิดประกาศแจ้งกำหนดวันที่จะทำการไต่สวนไว้ที่ศาล และให้พนักงานอัยการยื่นคำร้องต่อศาลขอให้ศาลส่งสำเนาคำร้องและแจ้งกำหนดวันนัดไต่สวนให้สามี ภริยา ผู้บุพการี ผู้สืบสันดาน ผู้แทนโดยชอบธรรม ผู้อนุบาล หรือญาติของผู้ตายตามลำดับอย่างน้อยหนึ่งคนเท่าที่จะทำได้ทราบก่อนวันนัดไต่สวนไม่น้อยกว่าสิบห้าวันและให้พนักงานอัยการนำพยานหลักฐานทั้งปวงที่แสดงถึงการตายมาสืบ

เมื่อศาลได้ปิดประกาศแจ้งกำหนดวันที่จะทำการไต่สวนแล้ว และก่อนการไต่สวนเสร็จสิ้น สามี ภริยา ผู้บุพการี ผู้สืบสันดาน ผู้แทนโดยชอบธรรม ผู้อนุบาล หรือญาติของผู้ตายมีสิทธิยื่นคำร้องต่อศาลขอเข้ามาซักถามพยานที่พนักงานอัยการนำสืบและนำสืบพยานหลักฐานอื่นได้ด้วย เพื่อการนี้ สามี ภริยา ผู้บุพการี ผู้สืบสันดาน ผู้แทนโดยชอบธรรม ผู้อนุบาล หรือญาติของผู้ตายมีสิทธิ

แต่งตั้งนายความดำเนินการแทนได้ หากไม่มีนายความที่ได้รับการแต่งตั้งจากบุคคลดังกล่าวเข้ามาในคดีให้ศาลตั้งนายความขึ้นเพื่อทำหน้าที่ทนายความฝ่ายญาติผู้ตาย

เมื่อศาลเห็นสมควรเพื่อประโยชน์แห่งความยุติธรรม ศาลจะเรียกพยานที่น่าสืบมาแล้วมาสืบเพิ่มเติมหรือเรียกพยานหลักฐานอื่นมาสืบก็ได้ และศาลอาจขอให้ผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญมาให้ความเห็นเพื่อประกอบการไต่สวนและทำคำสั่ง แต่ทั้งนี้ ไม่ตัดสิทธิของผู้นำสืบพยานหลักฐานตามวรรคแปดที่จะขอให้เรียกผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญอื่นมาให้ความเห็นโต้แย้งหรือเพิ่มเติมความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญดังกล่าว

คำสั่งของศาลตามมาตรานี้ให้ถึงที่สุด แต่ไม่กระทบกระเทือนถึงสิทธิฟ้องร้อง และการพิจารณาพิพากษาคดีของศาล หากพนักงานอัยการหรือบุคคลอื่นได้ฟ้องหรือจะฟ้องคดีเกี่ยวกับการตายนั้น เมื่อศาลได้มีคำสั่งแล้ว ให้ส่งสำนวนการไต่สวนของศาลไปยังพนักงานอัยการ เพื่อส่งแก่พนักงานสอบสวนดำเนินการต่อไป

แพทย์ตามวรรคหนึ่ง เจ้าพนักงานผู้ได้ทำการชันสูตรพลิกศพ และผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญที่ศาลขอให้มาให้ความเห็นตามมาตรานี้มีสิทธิได้รับค่าตอบแทนหรือค่าป่วยการ ค่าพาหนะเดินทาง และค่าเช่าที่พัก ตามระเบียบที่กระทรวงยุติธรรมกำหนดโดยความเห็นชอบของกระทรวงการคลัง ส่วนทนายความที่ศาลตั้งตามมาตรานี้มีสิทธิได้รับเงินรางวัลและค่าใช้จ่ายเช่นเดียวกับทนายความที่ศาลตั้งตามมาตรา 173

มาตรา 150 ทวิ ผู้ใดกระทำการใดๆ แก่ศพหรือสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พบศพก่อนการชันสูตรพลิกศพเสร็จสิ้น ในประการที่น่าจะทำให้การชันสูตรพลิกศพหรือผลทางคดีเปลี่ยนแปลงไป เว้นแต่จำเป็นต้องกระทำเพื่อป้องกันอันตรายแก่อนามัยของประชาชนหรือเพื่อประโยชน์สาธารณะอย่างอื่น ต้องระวางโทษจำคุกตั้งแต่หกเดือนถึงสองปี หรือปรับตั้งแต่หนึ่งหมื่นบาทถึงสี่หมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ ถ้าการกระทำความผิดตามวรรคหนึ่งเป็นการกระทำโดยทุจริตหรือเพื่ออำพรางคดี ผู้กระทำต้องระวางโทษเป็นสองเท่าของโทษที่กำหนดไว้สำหรับความผิดนั้น

มาตรา 151 ในเมื่อมีการจำเป็นเพื่อพบเหตุของการตาย เจ้าพนักงานผู้ทำการชันสูตรพลิกศพมีอำนาจสั่งให้ผ่าศพแล้วแยกธาตุส่วนใด หรือจะให้ส่งทั้งศพหรือบางส่วนไปยังแพทย์หรือพนักงานแยกธาตุของรัฐบาลก็ได้

มาตรา 152 ให้แพทย์หรือพนักงานแยกธาตุของรัฐบาลปฏิบัติดังนี้

(1) ทำรายงานถึงสภาพของศพ หรือส่วนของศพตามที่พบเห็นหรือตามที่ปรากฏจากการตรวจพร้อมทั้งความเห็นในเรื่องนั้น

(2) แสดงเหตุที่ตายเท่าที่จะทำได้

(3) ลงวันเดือนปีและลายมือชื่อในรายงาน แล้วจัดการส่งไปยังเจ้าพนักงานผู้ทำการชันสูตรพลิกศพ

มาตรา 153 ถ้าศพฝังไว้แล้ว ให้ผู้ชันสูตรพลิกศพจัดให้ชุดศพขึ้นเพื่อตรวจดู เว้นแต่จะเห็นว่าไม่จำเป็นหรือจะเป็นอันตรายแก่อนามัยของประชาชน

มาตรา 154 ให้ผู้ชันสูตรพลิกศพทำความเห็นเป็นหนังสือแสดงเหตุและพฤติการณ์ที่ตาย ผู้ตายคือใคร ตายที่ไหน เมื่อใด ถ้าตายโดยคนทำร้าย ให้กล่าวว่าใครหรือสงสัยว่าใครเป็นผู้กระทำผิดเท่าที่จะทราบได้

มาตรา 155 ให้นำบทบัญญัติในประมวลกฎหมายนี้อันว่าด้วยการสอบสวนมาใช้แก่การชันสูตรพลิกศพโดยอนุโลม

ให้นำบทบัญญัติในมาตรา 172 ตรี มาใช้บังคับโดยอนุโลมแก่การไต่สวนของศาลตามมาตรา 150 ในคดีที่พยานเป็นเด็กอายุไม่เกินสิบแปดปี

มาตรา 155/1 การสอบสวนในกรณีที่มีความตายเกิดขึ้นโดยการกระทำของเจ้าพนักงานซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่ หรือตายในระหว่างอยู่ในความควบคุมของเจ้าพนักงานซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่ หรือในกรณีที่ผู้ตายถูกกล่าวหาว่าต่อสู้ขัดขวางเจ้าพนักงานซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่ ให้พนักงานสอบสวนแจ้งให้พนักงานอัยการเข้าร่วมกับพนักงานสอบสวนในการทำสำนวนสอบสวน การทำสำนวนสอบสวนตามวรรคหนึ่ง ให้พนักงานสอบสวนเป็นผู้รับผิดชอบโดยพนักงานอัยการอาจให้คำแนะนำ ตรวจสอบพยานหลักฐาน ถามปากคำ หรือสั่งให้ถามปากคำบุคคลที่เกี่ยวข้องได้ตั้งแต่เริ่มการทำสำนวนสอบสวนนับแต่โอกาสแรกเท่าที่จะพึงกระทำได้ ทั้งนี้ ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวง ในกรณีจำเป็นเร่งด่วนและมีเหตุอันควรไม่อาจรอพนักงานอัยการเข้าร่วมในการทำสำนวนสอบสวนให้พนักงานสอบสวนทำสำนวนต่อไปได้ แต่ต้องบันทึกเหตุที่ไม่อาจรอพนักงานอัยการไว้ในสำนวนและถือว่าเป็นการทำสำนวนสอบสวนที่ขอด้วยกฎหมาย

มาตรา 156 ให้ส่งสำนวนชันสูตรพลิกศพในกรณีที่มีความตายมิได้เป็นผลแห่งการกระทำผิดอาญาไปยังข้าหลวงประจำจังหวัด

1.2 การชันสูตรพลิกศพ

การชันสูตรพลิกศพ เป็นขบวนการที่ต้องกระทำตามบทบัญญัติของประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 148-156 ซึ่งย่อมต้องรวมถึงการที่บุคคลฆ่าตัวตายและถูกฆ่าตาย ด้วยเรื่องสำคัญในการชันสูตรพลิกศพอยู่ในมาตรา 148 และ 150 ซึ่งโดยสรุปได้ดังต่อไปนี้

1.2.1 ชนิดของการตาย

การตายผิดธรรมชาติ มี 2 ประเภทใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ

1. การตายผิดธรรมชาติชนิดทั่วไป มีบัญญัติไว้ในมาตรา 148 อนุ (1) ถึง (5) ดังนี้ คือ

(1) ฆ่าตัวตาย

- (2) ถูกผู้อื่นทำให้ตาย (เว้นแต่การตายโดยการถูกประหารชีวิต)
- (3) ถูกสัตว์ทำร้ายตาย
- (4) ตายโดยอุบัติเหตุ
- (5) ตายโดยยังไม่ปรากฏเหตุ

1.2.2 การตายผิดธรรมชาติชนิดพิเศษ

แยกออกได้เป็น 2 กรณี คือ

(1) ความตายเกิดขึ้นโดยการกระทำของเจ้าพนักงาน ซึ่งอ้างว่าปฏิบัติตามหน้าที่

(2) ตายในระหว่างอยู่ในความควบคุมของเจ้าพนักงาน ซึ่งอ้างว่าปฏิบัติตามหน้าที่

การตายในระหว่างอยู่ในความควบคุมของเจ้าพนักงาน หมายถึง การเป็นเจ้าพนักงานที่จะต้องทำหน้าที่เท่านั้น ถ้ามิได้ปฏิบัติตามหน้าที่ เช่น เป็นพนักงานสอบสวน (ตำรวจ) แต่ออกเวรแล้วเห็นผู้ร้ายปล้นร้านทองจึงยิงต่อสู้กับผู้ร้ายแล้วผู้ร้ายถึงแก่ความตายเช่นนี้ ตำรวจดังกล่าวแม้ว่าจะเป็นเจ้าพนักงาน แต่ก็มิได้ปฏิบัติตามหน้าที่ จึงไม่ถือว่าเป็นการตายผิดธรรมชาติชนิดพิเศษ (1) จึงเป็นเพียงการตายผิดธรรมชาติชนิดทั่วไป ตามมาตรา 148 (2)

สำหรับการตายผิดธรรมชาติชนิดพิเศษ โดยเฉพาะการถูกประหารชีวิตตามกฎหมาย แม้ว่าจะ "เกิดขึ้นโดยการกระทำของเจ้าพนักงาน ซึ่งอ้างว่าปฏิบัติตามหน้าที่" ก็ตาม แต่กฎหมายได้ยกเว้นไว้ไม่ต้องชันสูตรพลิกศพตามประมวลกฎหมายนี้ (มาตรา 148 วรรคแรก) ซึ่งในความเป็นจริงอาจมีเพียงแพทย์มาตรวจดูและยืนยันว่าตายแล้วเท่านั้น

1.2.3 ผู้มีหน้าที่ต้องชันสูตรพลิกศพ

จะประกอบด้วยผู้มีหน้าที่แตกต่างกัน แล้วแต่ว่าจะเป็นการตายผิดธรรมชาติชนิดทั่วไป หรือตายผิดธรรมชาติชนิดพิเศษ ดังนี้

ประเภทที่ 1: การตายผิดธรรมชาติชนิดทั่วไป ผู้ที่หน้าที่ในการชันสูตรพลิกศพ ประกอบด้วย 2 ฝ่าย ดังนี้

1. ฝ่ายพนักงานสอบสวน คือ ตำรวจ (แห่งท้องที่ที่ศพอยู่หรือพบศพ)

1.1 แจ้งให้แพทย์ได้ทราบ

1.2 หน้าที่แจ้งให้ทนายของผู้ตายอย่างน้อย 1 คนให้ทราบเท่าที่จะทำได้

2. ฝ่ายแพทย์ เป็นผู้ที่ได้รับแจ้งจากพนักงานสอบสวน (ตำรวจ) จะเป็นตามลำดับความสำคัญดังนี้

ลำดับที่ 1 แพทย์ทางนิติเวชศาสตร์ ซึ่งได้รับวุฒิปับตรหรือได้รับหนังสืออนุมัติจากแพทยสภา

ลำดับที่ 2 แพทย์ประจำโรงพยาบาลของรัฐ

ลำดับที่ 3 แพทย์ประจำสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด

ลำดับที่ 4 แพทย์ประจำโรงพยาบาลเอกชน

ลำดับที่ 5 แพทย์ผู้ประกอบวิชาชีพเวชกรรมที่ขึ้นทะเบียนเป็นแพทย์อาสาสมัครตามระเบียบของกระทรวงสาธารณสุข

ข้อสังเกต:

1. การที่ฝ่ายแพทย์ที่เข้าร่วมชั้นสูตรพลิกศพได้นั้นจะต้องให้แพทย์ที่เข้าร่วมเป็นไปตามลำดับที่กล่าวมาเสียก่อน คือ ถ้าลำดับต้นไม่มีหรือไม่อาจปฏิบัติหน้าที่ได้ จึงเป็นแพทย์ที่อยู่ในลำดับรองๆ ลงไป

2. อย่างไรก็ตามเรียกว่า "ไม่มีแพทย์" หรือ "ไม่อาจปฏิบัติหน้าที่ได้" นั้น เป็นเรื่องของข้อเท็จจริงเป็นกรณีๆ ไป เช่น การที่แพทย์ติดผ่าตัด การมีแพทย์อยู่ในสถานพยาบาล เพียงคนเดียวในขณะที่มีผู้ป่วยจำนวนมาก เป็นต้น

3. ปัญหาที่เกิดขึ้นว่าแพทย์ประจำโรงพยาบาลเอกชนจะทำการชันสูตรพลิกศพได้หรือไม่ตามกฎหมายเก่าจึงไม่เกิดขึ้นอีกต่อไป เพราะในกฎหมายฉบับที่แก้ไขใหม่ ได้กำหนดให้แพทย์ประจำโรงพยาบาลเอกชนสามารถทำการชันสูตรพลิกศพได้ด้วย

ประเภทที่ 2: การตายผิดธรรมชาติชนิดพิเศษ

การตายดังกล่าวอาจเรียกว่าเป็น "คดีวิสามัญฆาตกรรม" ซึ่งเป็นคำที่ติดมาในพระราชบัญญัติชันสูตรพลิกศพ พ.ศ. 2457 ผู้มีหน้าที่ในการชันสูตรพลิกศพ จะประกอบด้วยกัน 4 ฝ่าย คือ

1. ฝ่ายพนักงานสอบสวนแห่งท้องที่ที่ศพอยู่

1.1 หน้าที่ต้องแจ้ง

1.1.1 แจ้งให้แพทย์ทราบ

1.1.2 แจ้งให้ทายาทของผู้ตายอย่างน้อย 1 คน ให้ทราบเท่าที่จะทำได้

1.1.3 แจ้งแก่

ก. พนักงานอัยการแห่งท้องที่ที่ศพนั้นอยู่และ

ข. พนักงานฝ่ายปกครองตำแหน่งตั้งแต่ระดับปลัดอำเภอ หรือเทียบเท่าขึ้นไปแห่งท้องที่ที่ศพนั้นอยู่

1.2 ทำสำนวนชันสูตรพลิกศพส่งไปยังพนักงานอัยการภายในสามสิบวัน นับแต่วันที่ได้ทราบเรื่อง ถ้ามีความจำเป็นให้ขยายระยะเวลาออกไปได้ไม่เกินสองครั้ง ครั้งละไม่เกินสามสิบวัน แต่ต้องบันทึกเหตุผลและความจำเป็นในการขยายระยะเวลาทุกครั้งไว้ในสำนวนชันสูตรพลิกศพ

2. ฝ่ายแพทย์ จะต้องเป็นแพทย์เช่นเดียวกับกรณีการตายผิดธรรมชาติทั่วไป

3. ฝ่ายพนักงานอัยการแห่งท้องที่ที่ศพนั้นอยู่
4. พนักงานฝ่ายปกครองตำแหน่งตั้งแต่ระดับปลัดอำเภอหรือเทียบเท่าขึ้นไปแห่งท้องที่ที่ศพนั้นอยู่

1.2.4 การชันสูตรพลิกศพของแพทย์

แพทย์จะต้องกระทำตามหลักวิชาการโดยแท้และอาจจะต้องทำตามกฎหมายด้วย เช่น การส่งศพหรือส่วนของศพเพื่อทำการตรวจ เป็นต้น

(1) การชันสูตรพลิกศพ

เป็นหน้าที่ เพราะตามวรรค 2 ของมาตรา 150 บัญญัติไว้ว่า "ให้เป็นหน้าที่ของพนักงานสอบสวนแจ้งแก่ ผู้มีหน้าที่ไปทำการชันสูตรพลิกศพทราบ ฯลฯ"

แพทย์ที่เข้าร่วมชันสูตรพลิกศพเป็นเจ้าของพนักงานตามประมวลกฎหมายอาญา ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นแพทย์ของทางราชการหรือแพทย์ของเอกชนก็ตาม การชันสูตรพลิกศพไม่มีกำหนดว่าจะต้องทำในเวลาราชการเท่านั้น การชันสูตรพลิกศพจะต้องทำ ณ สถานที่ที่พบศพ

ดังนั้น แพทย์ที่มีหน้าที่ตามที่กฎหมายกำหนดจะต้องออกไปร่วมทำการชันสูตรพลิกศพกับพนักงานสอบสวนอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ ยกเว้นที่กฎหมายกำหนดไว้ในบทเฉพาะกาลตามมาตรา 7 แห่งกฎหมายนี้ ซึ่งมีผลเพียง 5 ปี คือ จนถึง 28 มิถุนายน 2548 ซึ่งสามารถให้เจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล หรือเจ้าหน้าที่ในสังกัดสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดที่ผ่านการอบรมทางนิติเวชศาสตร์ไปร่วมตรวจชันสูตรพลิกศพในที่เกิดเหตุในเบื้องต้น แล้วรีบรายงานให้แพทย์ทราบโดยเร็ว เพื่อดำเนินการตามมาตรา 150 วรรคหนึ่งต่อไป หมายถึงว่าแพทย์ยังคงต้องมีหน้าที่ในการทำบันทึกรายละเอียดแห่งการชันสูตรพลิกศพและรายงานแนบท้ายบันทึกรายละเอียดแห่งการชันสูตรพลิกศพ

1.2.5 วิธีการชันสูตรศพ

วิธีการชันสูตรศพ คือ ขบวนการและวิธีดำเนินการในขั้นตอนการชันสูตรพลิกศพ เป็นงานที่ต้องใช้ความรู้ทางการแพทย์โดยแท้ที่แพทย์ได้ศึกษาเล่าเรียนในขณะที่ศึกษาอยู่ในหลักสูตรแพทยศาสตรบัณฑิต หรือได้ฝึกอบรมเพิ่มเติม ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

- ก. การดูศพ
- ข. การตรวจศพจากภายนอกและการพลิกศพตรวจ
- ค. การเก็บพยานหลักฐาน
 1. โดยการบันทึกและการถ่ายภาพด้วยอุปกรณ์ต่างๆ (โดยเฉพาะการถ่ายภาพสมควรถ่ายไว้ให้มากและหลายมุมมอง)
 2. เก็บพยานวัตถุ
 - 2.1 ซิววัตถุ
 - 2.2 อซิ่ววัตถุ

ง. การผ่าศพตรวจ ณ ที่ที่พบศพ

จ. การส่งศพหรือส่วนของศพเพื่อตรวจต่อ ตามมาตรา 151 (สมควรทำอย่างยิ่งให้ส่งมาที่สถานพยาบาลที่แพทย์อยู่เองหรือที่สามารถทำการผ่าศพตรวจได้)

1.2.6 หลังเสร็จสิ้นการชันสูตรพลิกศพ

สิ่งที่แพทย์ต้องทำภายหลังการชันสูตรพลิกศพ คือ

(1) ทำ "บันทึกรายละเอียดแห่งการชันสูตรพลิกศพ" ร่วมกับ พนักงานสอบสวน หรือ พนักงานอัยการ พนักงานสอบสวน และพนักงานฝ่ายปกครอง แล้วแต่กรณี (ต้องลงชื่อ) ข้อสังเกต คือ

ก. บันทึกนี้ต้องทำร่วมกัน 2 หรือ 4 ฝ่ายแล้วแต่กรณี

ข. ต้องทำทันทีเมื่อชันสูตรพลิกศพเสร็จ

ค. แพทย์ต้องเตรียมแบบฟอร์มบันทึกรายละเอียดแห่งการชันสูตรพลิกศพ

(2) ทำ "รายงาน" แนบท้ายบันทึกรายละเอียดแห่งการชันสูตรพลิกศพ ข้อสังเกต คือ

ก. ต้องทำใน 7 วัน

ข. อาจขยายระยะเวลาได้ถ้ามีความจำเป็น ไม่เกิน 2 ครั้ง ครั้งละไม่เกิน 30 วันและต้องบันทึกเหตุผลและความจำเป็นในการขยายระยะเวลาทุกครั้งไว้ในสำนวนชันสูตรพลิกศพ

ค. รายงานดังกล่าวให้ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของสำนวนชันสูตรพลิกศพ

(3) ให้รีบกลับสถานพยาบาลโดยด่วนโดยไม่ให้ความเห็นกับบุคคลอื่นทั้งสิ้น เช่น นักข่าวหรือผู้ขอสัมภาษณ์

ดังนั้น การชันสูตรพลิกศพเป็นหน้าที่ที่แพทย์จะต้องกระทำ และแพทย์ที่เข้าร่วมจะถือว่าเป็นเจ้าพนักงานด้วย การทำหน้าที่จึงต้องทำด้วยความละเอียดรอบคอบ เพื่อมิให้ส่งผลกระทบต่อตนเองและสถาบันได้ สิ่งสำคัญที่สุดก็คือต้องพยายามให้มีการส่งศพเพื่อทำการตรวจต่อ เพื่อให้ได้วัตถุประสงค์ของการชันสูตรพลิกศพที่สมบูรณ์

1.3 ระบบการชันสูตรพลิกศพ

การชันสูตรพลิกศพเป็นขั้นตอนการตรวจสอบการตายทางกฎหมายขั้นตอนหนึ่ง โดยรวบรวมพยานหลักฐานเพื่อหาสาเหตุและพฤติการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการตาย และเพื่อการค้นหาความจริงเกี่ยวกับการตายและคุ้มครองสิทธิของผู้ตาย เพื่อประกันว่าการตายนั้นได้รับการตรวจสอบจากกระบวนการยุติธรรมแล้ว ระบบการชันสูตรพลิกศพที่ประเทศต่างๆ ทั่วโลกนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน สามารถแบ่งเป็นระบบการชันสูตรพลิกศพระบบใหญ่ๆ แบ่งเป็น 3 ระบบ ดังนี้

1.3.1 ระบบศาล (Court system)

ระบบศาล หมายถึง ศาลหรือผู้ที่ได้รับมอบอำนาจจากศาลที่มีอำนาจรับผิดชอบโดยตรงในการชันสูตรพลิกศพ พนักงานสอบสวนหรือเจ้าพนักงานตำรวจอาจมีส่วนเข้ามาช่วยเหลือในการชันสูตรพลิกศพบ้าง แต่ทั้งนี้ต้องอยู่ภายใต้อำนาจของศาลหรือผู้ที่ได้รับมอบอำนาจจากศาลเป็นสำคัญ

1.3.2 ระบบแพทย์สอบสวน (Medical examiner system)

ระบบแพทย์สอบสวน หมายถึง ระบบซึ่งให้แพทย์ที่ผ่านการอบรมทางนิติเวชศาสตร์มีอำนาจเต็มในการชันสูตรพลิกศพ โดยมีอำนาจตั้งแต่การดูศพและการรวบรวมพยานหลักฐานทั้งหมดเกี่ยวกับการตายนั้น ตลอดจนการสอบสวนพยานบุคคล และรวมถึงอำนาจในการผ่าศพเพื่อพิสูจน์ด้วยตนเอง

1.3.3 ระบบตำรวจ (Police system)

ระบบตำรวจ หมายถึง ระบบซึ่งให้อำนาจแก่เจ้าพนักงานตำรวจมีอำนาจเต็มเพียงฝ่ายเดียวในการชันสูตรพลิกศพ การจะให้มีการผ่าชันสูตรศพหรือไม่ขึ้นอยู่กับเจ้าพนักงานตำรวจเป็นสำคัญ

สำหรับประเทศไทย การชันสูตรพลิกศพเป็นระบบตำรวจ (Police system) โดยระบบดังกล่าวนี้ผู้มีบทบาทหลักในการชันสูตรพลิกศพ ได้แก่ องค์กรตำรวจ ซึ่งในกรณีการตายปกติพนักงานสอบสวนจะเข้ามามีบทบาทอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการตรวจดูศพภายนอก การสั่งให้มีการผ่าศพ การรวบรวมพยานหลักฐานต่างๆ ในที่เกิดเหตุ และการถามปากคำพยานที่เห็นเหตุการณ์ด้วย โดยการชันสูตรพลิกศพนั้นกระทำร่วมกับแพทย์

แต่หากเป็นกรณีที่ความตายเกิดขึ้นโดยการกระทำของเจ้าพนักงาน ซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่หรือตายในระหว่างอยู่ในความควบคุมของเจ้าพนักงาน ซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 150 วรรคสาม กำหนดให้พนักงานอัยการและพนักงานฝ่ายปกครองตำแหน่งตั้งแต่ระดับปลัดอำเภอหรือเทียบเท่าขึ้นไป แห่งท้องที่ที่ศพนั้นอยู่เข้าร่วมในการชันสูตรพลิกศพด้วย เพื่อให้การชันสูตรพลิกศพดำเนินไปด้วยความโปร่งใส โดยมีการตรวจสอบและถ่วงดุลการทำหน้าที่ที่มีประสิทธิภาพ

การชันสูตรพลิกศพหรือการตรวจศพภายนอก เป็นขั้นตอนซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่ง ผู้มีหน้าที่การชันสูตรพลิกศพหรือการตรวจศพภายนอกต้องกระทำโดยละเอียดรอบคอบที่สุด เพื่อประกันว่าในกรณีใดกรณีหนึ่งนั้นเป็นกรณีที่ไม่มีการจำเป็นต้องผ่าศพตรวจพิสูจน์หรือต้องมีการผ่าศพตรวจภายในอย่างแท้จริง แต่ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญายังคงให้ความสำคัญต่อการชันสูตรพลิกศพหรือการตรวจศพภายนอกค่อนข้างน้อย กล่าวคือ ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญากำหนดให้การชันสูตรพลิกศพหรือการตรวจศพภายนอก สามารถดำเนินการได้โดยพนักงานสอบสวนและแพทย์เพียงสองฝ่าย ในส่วนการผ่าศพเพื่อชันสูตรกรณีปกติสามารถดำเนินการโดย

พนักงานสอบสวนและแพทย์เพียงสองฝ่าย เว้นแต่ในกรณีที่ความตายเกิดขึ้นโดยการกระทำของเจ้าพนักงานซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่ หรือตายในระหว่างอยู่ในความควบคุมของเจ้าพนักงานซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่ ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญากำหนดให้เพิ่มพนักงานอัยการและพนักงานฝ่ายปกครองในการร่วมชันสูตรพลิกศพอีกสองฝ่าย เมื่อเปรียบเทียบบทบาทของพนักงานอัยการในการชันสูตรพลิกศพและคุณสมบัติของแพทย์ ซึ่งทำการผ่าศพตรวจพิสูจน์ของประเทศไทยและต่างประเทศ มีข้อแตกต่างดังนี้

ประเทศไทย ลักษณะของระบบการชันสูตรพลิกศพเป็นระบบตำรวจ การตายโดยผิดธรรมชาติในกรณีปกติสามารถกระทำได้โดยพนักงานสอบสวนกับแพทย์เพียงสองฝ่าย เว้นแต่ในกรณีที่ความตายเกิดขึ้นโดยการกระทำของเจ้าพนักงานซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่ หรือตายในระหว่างอยู่ในความควบคุมของเจ้าพนักงานซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่ ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญากำหนดให้เพิ่มพนักงานอัยการและพนักงานฝ่ายปกครองในการร่วมชันสูตรพลิกศพร่วมกับพนักงานสอบสวนกับแพทย์ ซึ่งแพทย์ที่สามารถทำการชันสูตรพลิกศพได้ ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญากำหนดให้แพทย์ทางนิติเวชศาสตร์ ซึ่งเป็นผู้ได้รับวุฒิปริญญาตรีหรือได้รับหนังสืออนุมัติจากแพทยสภาเป็นผู้ทำการชันสูตรพลิกศพ แต่หากแพทย์ทางนิติเวชศาสตร์ไม่มีหรือไม่อาจปฏิบัติหน้าที่ได้ให้แพทย์อื่นทำการชันสูตรพลิกศพได้ ซึ่งประกอบไปด้วยแพทย์ประจำโรงพยาบาลของรัฐ แพทย์ประจำสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด แพทย์ประจำโรงพยาบาลเอกชน หรือแพทย์ผู้ประกอบวิชาเวชกรรมที่ขึ้นทะเบียนเป็นแพทย์อาสาสมัครตามระเบียบของกระทรวงสาธารณสุข ปฏิบัติหน้าที่แทนแพทย์ทางนิติเวชศาสตร์ได้

ประเทศฝรั่งเศส ลักษณะของระบบการชันสูตรพลิกศพเป็นระบบศาล ผู้รับผิดชอบในการชันสูตรพลิกศพจะเป็นพนักงานสอบสวนไปยังสถานที่ที่พบศพเพื่อหาสาเหตุการตายในขั้นต้น ส่วนในกรณีจำเป็นจะเป็นหน้าที่ของพนักงานอัยการซึ่งจะไปยังสถานที่ที่เกิดเหตุ มีความเป็นอิสระโปร่งใสในการทำงาน เปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมและตรวจสอบ โดยพนักงานอัยการขอความช่วยเหลือจากบุคคลที่จะสามารถระบุสาเหตุของการตายได้และเมื่อมีการตายโดยผิดธรรมชาติจะต้องมีการชันสูตรพลิกศพ โดยผู้มีอำนาจสอบสวนการตายโดยผิดธรรมชาติมีอำนาจขอให้แพทย์ผ่าศพเพื่อการชันสูตรได้ ซึ่งแพทย์ที่ผ่าศพจะเป็นแพทย์นิติเวชของมหาวิทยาลัย

ประเทศเยอรมนี ลักษณะของระบบการชันสูตรพลิกศพเป็นระบบศาล การชันสูตรพลิกศพหรือการตรวจศพภายนอก ต้องกระทำโดยมีพนักงานอัยการหรือผู้พิพากษาเข้าร่วมกับแพทย์ด้วย เพราะถือว่าการวินิจฉัยคดีนั้นโดยหลักแล้วพนักงานอัยการและศาลเป็นผู้วินิจฉัย และการที่กฎหมายบังคับให้นำแพทย์เข้าร่วมนั้น ถือว่าเป็นการช่วยเหลือพนักงานอัยการหรือผู้พิพากษาในฐานะที่แพทย์เป็นผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้เพื่อมิให้เกิดความผิดพลาดในการวินิจฉัยสาเหตุและพฤติการณ์ที่ทำให้เกิดการตายนั่น และในกรณีที่ต้องมีการผ่าศพตรวจภายใน กระบวนการผ่าศพตรวจพิสูจน์ต้องเป็นการกระทำ

โดยแพทย์สองคน ซึ่งคนหนึ่งต้องเป็นแพทย์ทางนิติเวชศาสตร์ และพนักงานอัยการหรือผู้พิพากษามีอำนาจอยู่ร่วมในการผ่าศพตรวจพิสูจน์ด้วย ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการใช้แพทย์สองคนในกระบวนการผ่าศพนั้นก็เพื่อให้เกิดการตรวจสอบและถ่วงดุลการทำหน้าที่ซึ่งกันและกัน

จากการศึกษาเปรียบเทียบของเอกลักษณ์ พงศ์พุททชาติ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธาณี วรรณัทธ (เอกลักษณ์ พงศ์พุททชาติ & ธาณี วรรณัทธ, 2559) ถึงบทบาทของพนักงานอัยการในการชันสูตรพลิกศพและคุณสมบัติของแพทย์ ซึ่งทำการผ่าศพตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบกับต่างประเทศสำหรับประเทศไทยกรณีการชันสูตรพลิกศพหรือการตรวจศพภายนอกจากการตายโดยผิดธรรมชาติ ในกรณีปกติ สามารถกระทำได้โดยพนักงานสอบสวนกับแพทย์เพียงสองฝ่าย พนักงานอัยการไม่มีอำนาจหน้าที่ร่วมในการชันสูตรพลิกศพในขั้นตอนการชันสูตรพลิกศพหรือการตรวจศพภายนอก เว้นแต่ในกรณีที่ความตายเกิดขึ้นโดยการกระทำของเจ้าพนักงานซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่ หรือตายในระหว่างอยู่ในความควบคุมของเจ้าพนักงานซึ่งอ้างว่าปฏิบัติราชการตามหน้าที่ พนักงานอัยการจึงมีอำนาจหน้าที่ในการชันสูตรพลิกศพร่วมกับพนักงานฝ่ายปกครองพร้อมทั้งพนักงานสอบสวนกับแพทย์ ต่างจากประเทศเยอรมนีที่การชันสูตรพลิกศพหรือการตรวจศพภายนอก ต้องกระทำโดยมีพนักงานอัยการหรือผู้พิพากษาเข้าร่วมกับแพทย์ด้วย เพราะถือว่าการวินิจฉัยคดีนั้น โดยหลักแล้วพนักงานอัยการและศาลเป็นผู้วินิจฉัย หรือในประเทศฝรั่งเศสพนักงานอัยการมีอำนาจสอบสวนการตายโดยผิดธรรมชาติ

1.4 วิธีทางนิติเวชศาสตร์และนิติวิทยาศาสตร์สำหรับหาเวลาการเสียชีวิต

เวลาการเสียชีวิตเริ่มต้นจากการที่ร่างกายมีการหยุดหายใจ หัวใจหยุดเต้น หรือในทางการแพทย์ หมายถึง สมองมีการหยุดทำงาน โดยเวลาเสียชีวิตสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เวลาการเสียชีวิตทางสรีรวิทยา เวลาการเสียชีวิตในทางกฎหมาย และเวลาการเสียชีวิตที่เกิดจากการคำนวณ การตายที่สามารถรู้เวลาแน่นอนได้ คือ การตายที่เกิดระหว่างการรักษาของแพทย์ ทำให้แพทย์สามารถบอกได้ค่อนข้างแน่นอนว่าตายเมื่อใด แต่เนื่องจากวิวัฒนาการทางการแพทย์เกี่ยวกับการปลูกถ่ายอวัยวะในปัจจุบัน ผู้ป่วยที่สมองตายแล้วจึงอาจจะได้รับ การรักษาสุขภาพด้วยการใช้เครื่องช่วยหายใจและเครื่องช่วยกระตุ้นการเต้นของหัวใจ เพื่อที่อวัยวะต่างๆ ในร่างกายยังคงสภาพสามารถนำไปให้ผู้ป่วยอื่นที่รอการปลูกอวัยวะนั้นๆ ได้ จึงต้องมีกฎหมายบัญญัติให้นับการตายตั้งแต่แพทย์อย่างน้อยสองคน โดยคนหนึ่งเป็นผู้รักษาและอีกคนหนึ่งเป็นแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางระบบประสาทให้การวินิจฉัยว่าสมองตาย ซึ่งแพทย์สภาได้มีประกาศเรื่องเกณฑ์การวินิจฉัยสมองตาย โดยกำหนดคำบรรยายศัพท์ สภาวะ และเงื่อนไขในการวินิจฉัย รายละเอียดการวินิจฉัยโดยการตรวจร่างกายทั่วไป การตรวจร่างกายทางระบบประสาท การตรวจทางคลื่นสมอง และระยะเวลาของผลที่ตรวจได้ ตลอดจนกำหนดคุณสมบัติของแพทย์ผู้ทำการวินิจฉัย เพื่อให้การวินิจฉัยสมองตายทำได้โดย

ปราศจากข้อสงสัย และเมื่อแพทย์ผู้ทำหน้าที่ได้วินิจฉัยว่าสมองตาย หมายความว่าผู้นั้นได้ตายแล้ว ตามกฎหมาย ดังนั้น การหาเวลาการเสียชีวิตที่กล่าวมาสามารถวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางนิติเวชวิทยาที่ใช้ในการหาระยะเวลาเวลาการเสียชีวิต หรือการตรวจหาระยะเวลาที่ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ หลังการเสียชีวิตซึ่งแบ่งได้เป็น 7 วิธี ดังนี้

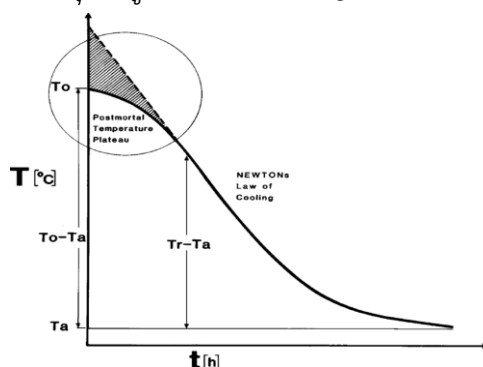
1.4.1 การตกของเลือดตามแรงโน้มถ่วง (*Livor mortis*)

ลักษณะการตกของเลือดตามแรงโน้มถ่วงเป็นรอยเขียวช้ำ หรือรอยจ้ำเลือดตกสู่ที่ต่ำ โดยเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงหลังการเสียชีวิต เมื่อหัวใจมีการหยุดเต้นและเสียชีวิต เม็ดเลือดแดง จะตกตามแรงโน้มถ่วง และเกิดการสะสมที่เส้นเลือดฝอยที่อยู่บริเวณผิวหนัง และตกลงทางด้านล่างของเส้นเลือด การตกสู่เบื้องต่ำของเลือดได้เร็วที่สุดประมาณ 20-30 นาทีภายหลังจากตาย โดยปรากฏเป็นจ้ำสีแดงคล้ำขนาดเล็กประมาณ 2-4 ชั่วโมงภายหลังจากตาย ปรากฏเป็นจ้ำสีแดงขนาดใหญ่ประมาณ 4-6 ชั่วโมงภายหลังจากตาย และปรากฏเป็นปื้นที่บสีแดงคล้ำทั่วไป (เกิดเต็มที่) ประมาณ 10-12 ชั่วโมงภายหลังจากตาย (Madea, Henßge, Reibe, Tsokos, & Kernbach-Wighton, 2014) และร่างกายใน ส่วนที่ถูกกดทับจะมีสีซีด เป็นผลมาจากเม็ดเลือดแดงไม่สามารถตกลงไปสะสมอยู่ได้ ในทำนองเดียวกันอาจเกิดจากการรัดของเสื้อผ้ากดรัดทำให้เกิดแนวสีซีด จึงสามารถชี้ให้เห็นได้ว่าผู้ตายนั้น เสียชีวิตมาเป็นเวลานานแล้ว

1.4.2 การแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (*Rigor mortis*)

การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นไปตามธรรมชาติของร่างกายมนุษย์ ในทางการแพทย์กล่าวไว้ว่า การแข็งตัวของกล้ามเนื้อหรือสภาพแข็งทื่อของร่างกาย เกิดจากสารที่ให้พลังงานในเซลล์ที่ชื่อว่า ATP (Adenosine triphosphate) ที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อในส่วนต่างๆ ของร่างกายเกิดการสลายตัวไป กล้ามเนื้อภายในร่างกายจะมีการแข็งตัวพร้อมกันทุกมัด แต่กล้ามเนื้อบริเวณมัดเล็กๆ จะปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนและรวดเร็วกว่ากล้ามเนื้อมัดใหญ่ เช่น บริเวณข้อมือ นิ้วมือ กราม และคอ เป็นต้น โดยปกติแล้วระยะเวลาการแข็งตัวของกล้ามเนื้อหลังจากเสียชีวิตจะเริ่มเกิดประมาณ 1-2 ชั่วโมงภายหลังจากตาย และจะเกิดการแข็งตัวไปทั่วทั้งร่างกายเต็มที่ประมาณ 6-12 ชั่วโมงภายหลังจากตาย และอีก 24-36 ชั่วโมงภายหลังจากตาย ร่างกายจะมีลักษณะอ่อนตัวลงและมีการเน่าสลายต่อไป การแข็งตัวของกล้ามเนื้อเป็นประโยชน์อย่างมากในการสืบสวน โดยเฉพาะในกรณีที่มีการเคลื่อนย้ายศพ เช่น กรณีที่พบว่าศพได้เสียชีวิตในท่านั่งบนเก้าอี้ เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 4-5 ชั่วโมง สภาพศพจะมีสภาพแข็งทื่อหลังเสียชีวิต ทำให้ศพแข็งอยู่กริยาท่านั่ง ถ้าหากมีการเคลื่อนย้ายศพ ศพก็จะยังอยู่สภาพค้างอยู่ในท่านั่ง จนกว่าการแข็งตัวของกล้ามเนื้อจะสลายตัวไป ทำให้ร่างกายมีการอ่อนตัวลง เป็นต้น

1.4.3 การลดลงของอุณหภูมิของร่างกาย (Algor mortis, Postmortem cooling)



ภาพที่ 1 การลดลงของอุณหภูมิร่างกาย

ที่มา: (Henßge & Madea, 2004)

ร่างกายของมนุษย์เมื่อเสียชีวิตลงไม่ว่าจะเป็นการถูกฆาตกรรม อุบัติเหตุ ฆ่าตัวตาย การตายที่ไม่ทราบสาเหตุ หรือด้วยสาเหตุการเสียชีวิตอื่นๆ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติโดยอุณหภูมิร่างกายจะค่อยๆ ลดลงเข้าใกล้อุณหภูมิของสภาพแวดล้อม โดยอุณหภูมิร่างกายของมนุษย์จะมีค่าประมาณ 37 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) หรือประมาณ 98.6 องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) เมื่อเสียชีวิตอุณหภูมิของร่างกายจะลดลงเฉลี่ย 1 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง ดังนั้น แพทย์ทางนิติเวชและพนักงานสอบสวนสามารถนำไปใช้ในการคำนวณเพื่อหาระยะเวลาการเสียชีวิตและบ่งชี้เวลาที่เสียชีวิต การคำนวณหาการลดลงของอุณหภูมิร่างกายหลังเสียชีวิตนั้นมักจะมีคามผิดพลาด เนื่องจากมีปัจจัยอื่นส่งผลกระทบต่ออัตราการลดลงของอุณหภูมิเป็นอย่างมาก เช่น บรรยากาศ อุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ความชื้น ลม หรืออื่นๆ การคำนวณหาการลดลงของอุณหภูมิร่างกายหลังเสียชีวิต มีรูปแบบหลายรูปแบบ วิธีการคำนวณอย่างง่าย ๆ 2 วิธี คือ การใช้สูตรของ Moritz's formula โดยเอาตัวเลข 98.6 องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) หรือประมาณ 37 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) เป็นตัวตั้ง แล้วนำอุณหภูมิของศพที่วัดได้จากทวารหนักมาลบ โดยจะคำนวณเป็นองศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) แล้วหารด้วย 1.5 องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) และการประยุกต์ใช้กฎการเย็นตัวของนิวตัน ดังภาพที่ 1

1.4.4 อัตราการเน่าสลายของเนื้อเยื่อ

ในสภาพแวดล้อมทั่วไป การเน่าจะเริ่มปรากฏเป็นจ้ำสีเขียวบริเวณผิวหนังหน้าท้องก่อน โดยเฉพาะบริเวณท้องน้อยด้านขวา ซึ่งตรวจพบได้ภายหลังตายประมาณ 24-36 ชั่วโมง ในฤดูร้อนอาจเกิดเร็วกว่านี้ ภายหลังตาย 36-48 ชั่วโมง ศพจะปรากฏลักษณะของการเน่ามากขึ้น โดยปรากฏเป็นสีเขียวคล้ำหรือแดงคล้ำตามแขนงของหลอดเลือดดำใต้ผิวหนังที่ขยายใหญ่ขึ้น ผิวหนังชั้นนอกปรากฏถุงน้ำขนาดเล็ก ถุงน้ำบางส่วนอาจแตกทำให้ผิวหนังหลุดลอกเผยให้เห็นผิวหนังชั้นใน ผิวหนังส่วนต่างๆ ของศพเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดงคล้ำหรือดำคล้ำ ภายหลังตายประมาณ 72 ชั่วโมง ศพเน่า

เต็มๆ ส่งกลิ่นเหม็น ปรากฏถุงน้ำขนาดใหญ่มากขึ้น และถุงน้ำแตกมากขึ้น ผิวหนังชั้นนอกหลุดลอกมากขึ้น มีก๊าซที่เกิดจากขบวนการเน่าถูกดันออกจากจมูกและปาก ของเหลวที่เกิดจากขบวนการเน่าถูกดันออกมาจากร่างกายทางจมูกและปาก ลิ้นจุกปาก ตาถลน ลำตัวโป่งพอง แขนขากางเต็มที่ เส้นผมหลุดร่วง พบหนองแมลงไต่อยู่บนศพ ภายหลังตายประมาณ 4-5 วัน ศพจะยุบลง เนื้อเยื่อและอวัยวะภายในจะถูกสลายจนมีขนาดเล็กลงมากหรืออยู่ในสภาพเหลว ผิวหนังชั้นนอกหลุดออกแยกออกจากผิวหนังชั้นในอย่างสมบูรณ์ การเปลี่ยนแปลงที่ดำเนินในระยะต่อไปหลังจากนี้จะใช้ในการประมาณเวลาตายได้ยาก เพราะมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องมาก เช่น อุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อม รวมทั้งการก่อกินศพของแมลงและสัตว์ชนิดต่างๆ ด้วย เป็นต้น (สุภาวรรณ, 2559)

1.4.5 ปริมาณอาหารในกระเพาะ

ปริมาณอาหารในกระเพาะ สามารถบอกเวลาการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับมื้ออาหารได้ แต่ระยะเวลาของอาหารที่ผ่านกระเพาะจะมีความแตกต่างในแต่ละบุคคลและอาหารที่ต่างชนิด พบได้ว่าอาหารที่เป็นน้ำจะผ่านกระเพาะประมาณ 30 นาที อาหารจำนวนน้อย เช่น ก๋วยเตี๋ยวหนึ่งชาม อาจใช้เวลา 2 ชั่วโมง และยิ่งถ้าเป็นอาหารมื้อใหญ่จะใช้เวลา 3 ถึง 6 ชั่วโมง ในการผ่านกระเพาะอาหาร

1.4.6 การเจริญเติบโตของตัวหนอน

การเจริญเติบโตของตัวหนอน พบในศพในช่วงระยะเวลาประมาณ 3 ถึง 4 วันหลังจากที่เสียชีวิต การเจริญเติบโตของหนอนอาจเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ช่วยบ่งบอกเวลาการเสียชีวิตได้เป็นอย่างดี โดยที่แพทย์นิติเวชและพนักงานสอบสวนจะต้องทราบชนิดของตัวหนอนที่พบในศพนั้น สามารถช่วยให้ทราบได้ว่าตัวหนอนนั้นใช้เวลาในการเจริญเติบโตเป็นเวลานานเท่าใด เช่น แมลงวันเป็นแมลงที่พบในศพที่ยังไม่แห้ง โดยตัวอ่อนของแมลงจะฟักออกจากไข่ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง และหลังจากนั้นตัวอ่อนของหนอนแมลงวันจะเติบโตเป็นตัวอ่อนระยะที่ 1 ถึงระยะที่ 3 และระยะเวลาประมาณ 7 วัน ตัวอ่อนจะมีช่วงตัวยาวประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร มีลำตัวสีขาวขุ่นและเริ่มได้รอบๆ ศพ เมื่อเข้าวันที่ 8 จะเริ่มเปลี่ยนเป็นดักแด้ เป็นต้น ดังนั้น จึงเป็นการบอกระยะเวลาการเสียชีวิตในทางอ้อมได้

1.4.7 วัตถุพยานในที่เกิดเหตุ

วัตถุพยานในที่เกิดเหตุ การตรวจสถานที่เกิดเหตุอย่างละเอียดนั้นเป็นหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ตำรวจ พนักงานสอบสวน และร่วมกับเจ้าหน้าที่ตำรวจจากกองพิสูจน์หลักฐาน เพื่อดำเนินการตรวจหาวัตถุพยาน เมื่อเกิดเหตุอาชญากรรมในหลายๆ กรณี โดยวัตถุพยานในที่เกิดเหตุสามารถบอกเวลาการเสียชีวิตได้ดี และเป็นหลักฐานสำคัญที่นำไปสู่ตัวคนร้ายได้ เช่น จำนวนหนังสือพิมพ์ที่อยู่ในช่องหน้าบ้าน อาจเป็นหลักฐานอย่างดีที่ช่วงบ่งบอกว่าไม่มีใครออกมาเก็บหนังสือพิมพ์ที่วันแล้ว เป็นต้น ดังนั้น วัตถุพยานนั้นสามารถช่วยในการสันนิษฐานเวลาการเสียชีวิตได้

1.5 การประมาณเวลาตาย

ลักษณะของปัญหาการประมาณเวลาตายการประมาณเวลาตายในคู่มือการปฏิบัติงานนิติเวชสำหรับแพทย์และบุคลากรทางการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (ศักดิ์ & กันต์, 2557) เป็นข้อมูลสำคัญที่พนักงานสอบสวนผู้ทำการชันสูตรพลิกศพต้องการจากแพทย์ที่ร่วมทำการชันสูตรพลิกศพ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการสอบสวนหาข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับการกระทำความผิดอาญา ที่ทำให้เกิดการตายผิดธรรมชาติ เช่น การหาตัวผู้ต้องสงสัย หรือการหาพยานบุคคลที่อยู่ในช่วงเวลานั้นๆ นอกจากนี้ข้อมูลเวลาตาย ยังอาจถูกนำไปใช้ในการสรุปสำนวนชันสูตรพลิกศพในกรณีความตายไม่ได้เป็นผลจากการกระทำความผิดอาญาอีกด้วย โดยทั่วไปแพทย์สามารถทำการประเมินเวลาตายได้โดยการตรวจการเปลี่ยนแปลงภายหลังตาย (Postmortem changes) ที่เกิดกับศพเป็นหลัก ร่วมกับการตรวจสถานที่เกิดเหตุ เพื่อเป็นการสนับสนุนผลการตรวจศพ

1.5.1 หลักทั่วไปในการประมาณเวลาตาย

การตรวจการเปลี่ยนแปลงภายหลังตาย

1. Rigor mortis หรือการแข็งตัวของกล้ามเนื้อภายหลังตาย ซึ่งจะเริ่มตรวจพบการแข็งตัวที่กล้ามเนื้อมัดเล็กก่อน โดย rigor mortis จะเริ่มเกิดที่เวลา 2 ชั่วโมงหลังตาย และเกิดเต็มที่ที่เวลา 6-12 ชั่วโมงหลังตาย เมื่อศพเริ่มเน่าโปรตีนในกล้ามเนื้อจะเสื่อมสลาย ทำให้ตรวจไม่พบ rigor mortis ในศพเน่า

2. Livor mortis หรือการตกสู่เบื้องต่ำของเลือดหลังตาย เนื่องจากระบบไหลเวียนโลหิตของร่างกายหยุดทำงาน ทำให้เม็ดเลือดตกสู่เบื้องต่ำตามแรงโน้มถ่วง จะพบ livor mortis ได้ที่บริเวณของร่างกายที่อยู่ต่ำกว่าส่วนอื่นขึ้นอยู่กับท่าทางของศพ สีของ livor mortis โดยทั่วไปมีสีม่วงแดง อาจพบสีของ livor mortis ที่ผิดปกติในการตายจากสารพิษบางประเภท เช่น สี cherry pink ในการตายจาก carbon monoxide หรือ cyanide poisoning ระยะเวลาที่เกิด livor mortis จะเริ่มเกิดที่เวลา 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมงหลังตาย และจะเกิดเต็มที่และกดไม่จางที่เวลา 6-12 ชั่วโมงหลังตาย

3. Decomposition หรือการเน่า ประกอบด้วย สองกระบวนการ คือ autolysis ซึ่งเป็นการย่อยสลายตัวเองของเนื้อเยื่อ และ putrefaction เป็นการย่อยสลายโดยจุลชีพ ศพจะเริ่มเข้าสู่การเน่าเมื่อตายมาแล้วประมาณ 24 ชั่วโมง โดยเริ่มจากผิวหนังบริเวณหน้าท้องเปลี่ยนสี และผิวหนังบริเวณอื่นเปลี่ยนสีตามมา อาจพบการเน่าของหลอดเลือดคล้ายลายหินอ่อน (Skin marbling) หรือผิวหนังหลุดลอก (Skin slippage) เมื่อเวลาผ่านไปมากกว่า 24 ชั่วโมงหลังตาย ศพจะเน่าให้เห็นชัดเจน และเริ่มพบการบวมของศพ โดยศพจะบวมเต็มที่ที่ระยะเวลา 48-72 ชั่วโมงหลังตาย หลังจากนั้นศพจะเริ่มยุบตัว

4. Mummification เป็นการเน่ากรณีที่ศพอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แห้ง ทำให้น้ำระเหยออกจากศพอย่างรวดเร็ว ศพจะมีลักษณะแห้ง ผิวหนังศพคล้ายหนังสัตว์ เมื่อศพอยู่ในสภาพ mummification ศพจะคงอยู่ในสภาพเดิมอีกหลายปี

5. Adipocere เป็นการเน่าที่พบได้น้อย และศพต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ชื้นและมีอากาศเย็น ไขมันของศพจะกลายเป็นสารประกอบกลุ่ม ester ลักษณะคล้ายสบู่หรือไข (Adipocere or waxy fat) เมื่อศพเกิดภาวะ adipocere ศพจะคงอยู่ในสภาพเดิม อีกหลายปี เช่นเดียวกับ mummified body

1.5.2 การตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุ

1. ประเมินสภาพแวดล้อม ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภายหลังตาย เช่น อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อมที่สูง จะทำให้ศพเน่าเร็วขึ้น หนาวเย็นจะทำให้ศพกลายเป็นโครงกระดูกเร็วขึ้น

2. ถ้าพบศพภายในที่พักอาศัย ควรตรวจสอบ scene marker ที่ใช้อ้างอิงระยะเวลาได้ เช่น ของจดหมายในตู้ไปรษณีย์ ของยาที่ระบุวันจ่ายยา ประวัติการโทรในโทรศัพท์ของผู้ตาย หนังสือพิมพ์ ปฏิทิน เป็นต้น

3. สอบถามญาติ เพื่อนบ้าน หรือผู้พบเห็นเหตุการณ์ ว่าพบเห็นผู้ตายครั้งสุดท้ายเมื่อใด

1.6.3 ขั้นตอนการตรวจและการบันทึกการตรวจ

1. บันทึกท่าทางของศพขณะที่ตรวจ สอบถามผู้พบเห็นศพคนแรกว่า ศพอยู่ในสภาพใด ตอนที่ไปพบ

2. ตรวจ rigor mortis โดยการขยับข้อต่อต่างๆ ของร่างกาย ตั้งแต่ขากรรไกร ลำคอ ข้อมือ ข้อศอก หัวไหล่ ข้อเท้า หัวเข่า และสะโพก โดยเปรียบเทียบกันทั้งซ้ายและขวา แล้วให้บันทึกว่า

2.1 Rigor mortis พบการแข็งตัวของศพที่ข้อต่อใดบ้าง

2.2 ข้อที่ยังแข็งตัวไม่เต็มทีนั้น แข็งไปเพียงใด เช่น เริ่มแข็งตัว แข็งตัวปานกลาง (ยังขยับได้ครึ่งหนึ่ง) หรือแข็งตัวเกือบเต็มที่ (ขยับได้เล็กน้อย)

2.3 ศพอยู่ในท่าทางใด

3. ตรวจ livor mortis โดยการสังเกตหาผิวหนังบริเวณที่มีสีเปลี่ยนแปลง และใช้นิ้วหัวแม่มือกดโดยแรงนานพอประมาณที่บริเวณดังกล่าว ว่าสามารถกดจางหรือไม่ แล้วบันทึก livor mortis โดย

3.1 ระบุตำแหน่งของร่างกายที่พบ livor mortis เช่น หลัง หน้าอก หรือใบหน้า

3.2 สีของ livor mortis ซึ่งสีปกติของ livor mortis ควรเป็นสีแดงคล้ำ

3.3 ระดับของการเกิด livor mortis ว่ากดจางหรือกดไม่จาง หากกดแล้วไม่จางให้กดแรงและนานขึ้นจนถึง 1 นาที แล้วสังเกตดู หากยังจางอยู่บ้างปนกับส่วนที่ไม่จาง หมายถึงว่าเกิดขึ้นเกือบเต็มที่ แต่ถ้าไม่มีรอยจางเลย แสดงว่าเกิดขึ้นอย่างเต็มที่แล้ว

3.4 นอกเหนือจากนี้ อาจบันทึกรูปร่างของวัตถุที่กดทับบนตัวศพจนทำให้เกิดรอยประทับ (Imprint) ที่ livor mortis เช่น ลายเสื้อผ้า ลายเสื้อที่ศพนอนทับ เป็นต้น

4. ในกรณีของศพเน่า การตรวจศพควรเน้นที่การบันทึกลักษณะของการเน่า ได้แก่

4.1 การเปลี่ยนสีของผิวหนังเป็นสีเขียวหรือดำ (Skin discoloration) การหลุดลอกของผิวหนัง (Skin slippage) เส้นเลือดดำที่เกิดการเน่า (Marbling) ว่าพบที่บริเวณไหนของร่างกายบ้าง

4.2 การบวมพองจากการเน่า โดยทั่วไปศพมักเริ่มบวมที่บริเวณหน้าท้องก่อน แล้วจึงตามมาด้วยเนื้อเยื่ออ่อนที่ไม่หนาแน่น เช่น ผิวหนังบริเวณอวัยวะ ไบหน้า ถ้าศพเน่าเต็มที่ที่จะพบลักษณะของ eye bulging และ tongue protrusion รวมทั้งแขนขากางเหยียดออก

4.3 ถ้าศพเสียชีวิตนานเกิน 3-5 วัน ศพจะเริ่มยุบตัว และการประมาณเวลาตายจะเริ่มทำได้ยาก แพทย์ควรบันทึกลักษณะของศพเท่าที่ได้ และหลีกเลี่ยงการให้ความเห็นที่เป็นเวลาแน่นอน การบันทึกควรบันทึกเนื้อเยื่ออ่อนที่ยังติดอยู่กับร่างกาย ถ้าเริ่มพบกระดูกควรบันทึกตำแหน่งที่กลายเป็นกระดูกหรือเนื้อเยื่ออ่อนสลายไปหมดแล้ว

อย่างไรก็ตาม การประมาณเวลาตายนั้น ถึงแม้ว่าจะมีข้อมูลในตำราอยู่มาก โดยเฉพาะในตำราต่างประเทศและเป็นที่เชื่อถือได้ แต่ปัจจัยด้านภูมิอากาศในประเทศไทย ทำให้ระยะเวลาดังกล่าวคลาดเคลื่อนจนใช้ไม่ได้ และขณะนี้ยังไม่มีกรรวบรวมข้อมูลตีพิมพ์ออกมาอย่างชัดเจน ดังนั้น จึงอาศัยข้อมูลและประสบการณ์ส่วนตัว รวมถึงข้อมูลที่มีการรวบรวมแต่ยังไม่ได้มีการตีพิมพ์เผยแพร่ นำมาสรุปเป็นตารางแสดงแนวทางการแปลผลเบื้องต้น สรุปแนวทางสำหรับแปลผลการตรวจประมาณเวลาตายจากการเปลี่ยนแปลงภายหลังตายเบื้องต้น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปแนวทางสำหรับแปลผลการตรวจประมาณเวลาตายจากการเปลี่ยนแปลงภายหลังตายเบื้องต้น

การตรวจ	ผลการตรวจ	การแปลผล	หมายเหตุ
ภาวะเลือดตกที่ต่ำ (Livor mortis)	เริ่มมองเห็นได้	ศพอยู่ในท่าทางดั่งกล่าว ประมาณ > 1/2 ชั่วโมง	
	กระจายทั่วบริเวณและยังกุด จาง	ศพอยู่ในท่าทางดั่งกล่าว ประมาณ 4-6 ชั่วโมง	
	กุดจางได้ยาก	ศพอยู่ในท่าทางดั่งกล่าว ประมาณ 6-12 ชั่วโมง	
	กุดไม่จาง	ศพอยู่ในท่าทางดั่งกล่าว ประมาณ > 12 ชั่วโมง	
ภาวะกล้ามเนื้อหด เกร็ง (Rigor mortis)	กล้ามเนื้อมัดเล็ก เช่น ขากรรไกร และคอเริ่มแข็ง	เสียชีวิตมาประมาณ > 1 ชั่วโมง	การจัดท่าทางของ ศพใหม่ การขยับ
	ขากรรไกร คอ และ ข้อมือ แข็ง	เสียชีวิตมาประมาณ 2-4 ชั่วโมง	ร่างกายของศพ การดึงกล้ามเนื้อให้
	แข็งทั้งแขน และเริ่มแข็งที่ ข้อ เท้า หรือหัวเข่า	เสียชีวิตมาประมาณ 4-6 ชั่วโมง	ยืดออกหรือฉีกขาด หรือกรณีกระดูก
	กล้ามเนื้อข้อสะโพกยังแข็งไม่ เต็มที่	เสียชีวิตมาประมาณ 6-8 ชั่วโมง	แขนขาหัก หรือ กรณีที่มีข้อยึดติด
	ศพแข็งตัวเต็มที่ และยังไม่ อ่อนตัว	เสียชีวิตมาประมาณ 8-12 ชั่วโมง	อยู่เดิม หรือมี ปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ การออก กำลัง อาจทำให้ การประมาณ เวลา เสียชีวิตดังกล่าวมี ความคลาดเคลื่อน ได้

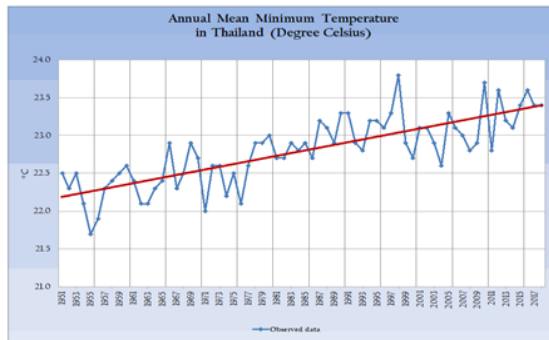
ตารางที่ 1 สรุปแนวทางสำหรับแปลผลการตรวจประมาณเวลาตายจากการเปลี่ยนแปลงภายหลังตายเบื้องต้น (ต่อ)

การตรวจ	ผลการตรวจ	การแปลผล	หมายเหตุ
การเนา (Decomposition)	ศพอ่อนตัว	เสียชีวิตมาประมาณ > 14-16 ชั่วโมง	ระยะเวลาในการเนาของศพอาจเปลี่ยนแปลงไป
	หน้าท้องเริ่มมีสีเขียว	เสียชีวิตมาประมาณ 16-18 ชั่วโมง	ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสิ่งแวดล้อมแต่ในประเทศไทย
	ลายสีเขียวที่เกิดจากการเนาของเลือดในหลอดเลือดดำ ผิวหนัง (Marbling)	เสียชีวิตมาประมาณ > 18 ชั่วโมง	ไม่พบว่าศพจมน้ำและศพที่ฝังอยู่ในดิน จะมีอัตราการเนาช้ากว่าศพที่อยู่บนดินเหมือนในต่างประเทศ
	ผิวหนังเริ่มมีสีคล้ำ มักจะเริ่มที่หน้าท้อง และใบหน้าก่อน	เสียชีวิตมาประมาณ > 24 ชั่วโมง	
	ศพเนาเต็มที่ ตัวบวมอืด ตาถลน ลิ้นจุกปาก สีผิวเปลี่ยนทั้งตัว มีตุ่มพองที่ผิวหนังและผิวหนังหลุดลอก	เสียชีวิตมาประมาณ 3-5 วัน	
	ศพเน่ายุบววม ผิวหนังบริเวณมือและเท้าลอกออก	เสียชีวิตมาประมาณ 5-7 วัน	
	ผิวหนังและกล้ามเนื้อบาง ตำแหน่ง เช่น ใบหน้า มือ และเท้าหลุดออกจนเห็นกะโหลกหรือกระดูก มือและเท้า	เสียชีวิตมาประมาณ 1-2 สัปดาห์	
	ผิวหนังและกล้ามเนื้อบริเวณหน้าอกและลำตัวเริ่มหลุดออก เห็นเป็นโครงกระดูกมีเส้นเอ็นกล้ามเนื้อติดอยู่	เสียชีวิตมาประมาณ 2-3 สัปดาห์	
	โครงกระดูกมีเอ็นยึดกระดูกติดบางส่วน	เสียชีวิตมาประมาณ 1-2 เดือน	
	เหลือแต่โครงกระดูกเปล่า	เสียชีวิตมาประมาณ 2-3 เดือน	

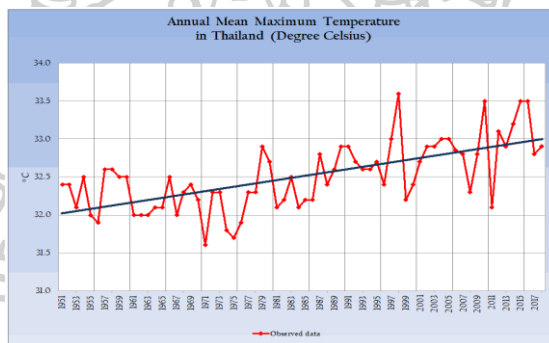
ที่มา: (ศักดิ์ & กนต์, 2557)

1.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของประเทศไทย

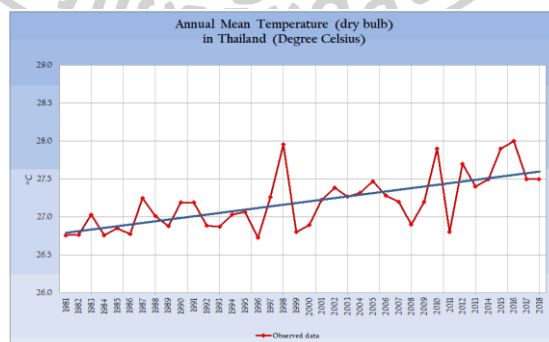
แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นทั้งอุณหภูมิต่ำ กลาง สูง เฉลี่ยรายปีของประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา) มีเส้นแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ภาพที่ 2-4 พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดของประเทศไทยยังสูงมากกว่า 20°C และอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ระดับ 33°C



ภาพที่ 2 แนวโน้มอุณหภูมิต่ำเฉลี่ยรายปีย้อนหลังของประเทศไทย
(ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา)



ภาพที่ 3 แนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยสูงรายปีย้อนหลังของประเทศไทย
(ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา)



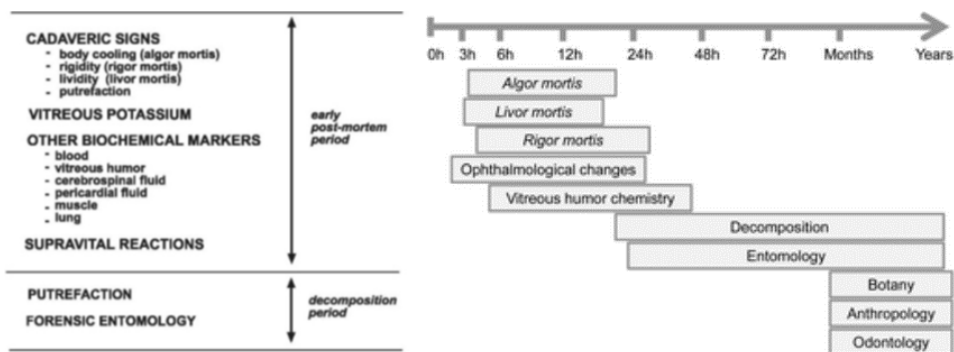
ภาพที่ 4 แนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีย้อนหลังของประเทศไทย
(ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา)

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในประเทศไทยจากอดีตจนถึงปัจจุบันมีอัตราแนวโน้มเพิ่มขึ้น สภาวะอากาศทั่วไปในประเทศไทยในรอบปี พ.ศ. 2558 หลายพื้นที่มีอุณหภูมิสูงสุดสูงกว่าสถิติเดิมที่เคยตรวจวัดได้ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงกว่าค่าปกติทุกเดือน โดยเฉพาะเดือนธันวาคมและ พฤศจิกายนสูงกว่าค่าปกติ 2.1 และ 1.9°C ตามลำดับ สภาวะอากาศทั่วไปในรอบปี พ.ศ. 2559 อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีของประเทศไทยสูงกว่าค่าปกติ 1.0°C และสูงกว่าปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2558 สูงกว่าค่าปกติ 0.8°C) โดยอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงกว่าค่าปกติเกือบทุกเดือน โดยเฉพาะเดือนเมษายนและ พฤษภาคมสูงกว่าค่าปกติ 2.2 และ 1.8°C ตามลำดับ สภาวะอากาศทั่วไปในรอบปี พ.ศ. 2560 อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีสูงกว่าค่าปกติ 0.4°C แต่ต่ำกว่าปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2559 สูงกว่าค่าปกติ 1.0°C) สภาวะอากาศทั่วไปในรอบปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีฝนดี โดยเฉพาะในช่วงเดือนมกราคมต่อเนื่องถึงเดือนกรกฎาคมและเดือนธันวาคม พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีปริมาณฝนสูงกว่าปกติ ทำให้ปริมาณฝนรวมปีนี้สูงกว่าค่าปกติประมาณร้อยละ 5 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปีที่ผ่านมาปรากฏว่าปีนี้ มีฝนน้อยกว่าปี 2560 (ปี 2560 มีปริมาณฝน 2,017.1 มม. ซึ่งเป็นสถิติที่สูงสุดของประเทศไทยและสูงกว่าค่าปกติร้อยละ 27) ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติเกือบตลอดปี เว้นแต่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคมที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าปกติ สภาวะอากาศทั่วไปในรอบปี พ.ศ. 2562 มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติในทุกเดือนและหลายพื้นที่มีอุณหภูมิสูงสุด โดยเดือนกุมภาพันธ์เป็นเดือนเริ่มต้นของฤดูร้อนในปีนี้เป็นเดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าปกติมากที่สุด คือ 1.5°C และเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดของปี คือ เดือนเมษายน ส่วนเดือนสิงหาคมและธันวาคม มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าปกติน้อยที่สุด คือ 0.4°C ซึ่งมีแนวโน้มของอุณหภูมิพื้นที่ที่สูงขึ้น ทำให้มีอุณหภูมิสะสมรายวันและรายชั่วโมงเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเร่งอัตราการเปลี่ยนแปลงของศพหลังการเสียชีวิต

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวทางการศึกษาในต่างประเทศ

การศึกษาในต่างประเทศมีวิธีทางนิติเวชศาสตร์ใช้หาระยะเวลาการตาย คือ การตรวจหาระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลงต่างๆ หลังตาย คือ การลดลงของอุณหภูมิของร่างกาย (Algor mortis หรือ postmortem cooling) การตกของเลือดตามแรงโน้มถ่วง (Livor mortis หรือ lividity or postmortem hypostasis) การแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (Rigor mortis หรือ rigidity) อัตราการเน่า (Degree of decomposition) การเปลี่ยนแปลงทางสารชีวเคมีในร่างกาย (Chemical changes after death) ปริมาณอาหารในกระเพาะ (Stomach content) การเจริญเติบโตของตัวหนอน (Insect activity) และวัตถุพยานในที่เกิดเหตุ (Scene marker) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงหลังตายกับช่วงเวลาการเสียชีวิต

ที่มา: (Isabel et al., 2015)

การประเมินเวลาตายแต่ละที่มีวิธีการประเมินที่แตกต่างกัน คือ การใช้อุณหภูมิร่างกายที่ลดลง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในลูกตา การตกของเม็ดเลือดแดงตามแรงโน้มถ่วง การเปลี่ยนสีของผิวหนัง การแข็งตัวของกล้ามเนื้อ การเน่าสลาย ลักษณะอาหารในกระเพาะอาหาร ปริมาณปัสสาวะในกระเพาะปัสสาวะ และหลักฐานบริเวณใกล้เคียงที่เกิดเหตุ จากข้อมูลข้างต้นเป็นเพียงระยะเวลาโดยประมาณของการตายโดยการสังเกตเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีหลายๆ อย่างเริ่มเกิดขึ้นในร่างกายทันทีหรือช่วงแรกหลังจากตายจนถึงร่างกายเน่าสลาย การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีจะเกี่ยวข้องกับอัตราหรือเวลาการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นในของเหลวต่างๆ ในร่างกาย ได้แก่ เลือด น้ำไขสันหลัง และน้ำลูกตา ดังนั้น การตรวจความผิดปกติของสารชีวเคมีที่เปลี่ยนแปลงสามารถช่วยให้แพทย์นิติเวชใช้ยืนยันเวลาตั้งแต่การตายอย่างแม่นยำมากขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในการประมาณเวลาตายในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา ของเหลวในร่างกายต่างๆ ที่นำมาใช้สำหรับการตรวจสอบทางชีวเคมี ได้แก่ เลือด ซีรัม น้ำไขสันหลัง น้ำลูกตา และวุ้นลูกตา สิ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด คือ น้ำวุ้นลูกตา (Vitreous humor) ซึ่งใช้สำหรับการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ โดยเฉพาะความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนที่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการตายที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

การตรวจอื่นๆ ที่นำมาใช้ร่วมกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตา ได้แก่ lactic acid, ascorbic acid, non-protein nitrogen, sodium, chloride (Jaffe, 1962), magnesium, phosphate, และ bicarbonate (Sturner, 1963) อย่างไรก็ตาม ไม่มีการตรวจวัดสารตัวใดตัวหนึ่งเพียงอย่างเดียวในการประมาณช่วงเวลาการตายที่สมบูรณ์และมีความน่าเชื่อถือ การตรวจสารชีวเคมีหลายๆ ตัวประกอบกันเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการระบุเวลาตายในกรณีการตายที่ไม่มีผู้พบเห็น เนื่องจากตัวอย่างน้ำวุ้นลูกตามีความคงตัวสูง ถูกรบกวนได้น้อยกว่าของเหลวอื่นในร่างกายที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและปนเปื้อนได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับวิเคราะห์หลายๆ อย่างเพื่อประมาณช่วงการเวลาตาย (Saugstad & Olaisen, 1978) ในร่างกายคนปกติมีโพแทสเซียมไอออน

อยู่นอกเซลล์ที่ความเข้มข้น 3.5-5.5 mmol/L อัตราส่วนระหว่างภายในเซลล์-นอกเซลล์ (Extra/Intra ratio) มีความสำคัญต่อการทำงานของหน้าที่ของเซลล์ปกติ ระดับปกติของโพแทสเซียมไอออนในน้ำลูกตามีประมาณ 3.8 mmol/L ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับระดับที่อยู่ในกระแสเลือด โพแทสเซียมจะมีการเคลื่อนที่แบบใช้พลังงาน (Active transport) จาก ciliary body เข้าสู่ posterior chamber และ anterior vitreous ภายในลูกตา

การลดลงของอุณหภูมิร่างกาย (Algor mortis) การวัดอุณหภูมิร่างกายหลังตายอาจจะใช้ช่วยในการบอกเวลาการตายได้ นักวิจัยพยายามหาวิธีการคำนวณหลากหลายรูปแบบที่จะใช้อุณหภูมิของศพเป็นเครื่องบอกเวลาตาย โดยอาศัยอัตราการลดลงของอุณหภูมิร่างกาย เช่น 12 ชั่วโมงแรก อุณหภูมิจะลดลง 1.5 องศาฟาเรนไฮต์ (°F) ต่อชั่วโมง และ 12 ชั่วโมงต่อมาจะลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์ (°F) ต่อชั่วโมง หรือใช้สูตรของมอร์ริทซ์ (Moritz's formula) เอา 98.6 องศาฟาเรนไฮต์ตั้ง แล้วลบด้วยอุณหภูมิจองศาฟาเรนไฮต์ (°F) ของศพที่วัดทางทวารหนัก แล้วหารด้วย 1.5 องศาฟาเรนไฮต์ จะได้เวลาตายเป็นชั่วโมง ซึ่งการใช้อุณหภูมิเพื่อบอกเวลาตายจะมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากไม่มีใครรู้ว่าผู้ตายมีอุณหภูมิในร่างกายเท่าใดก่อนตาย เพราะในช่วงต่างเวลาของแต่ละวันอุณหภูมิในร่างกายก็ต่างกัน เช่น คนที่ปกติมีอุณหภูมิ 98.6 องศาฟาเรนไฮต์ ตอนเช้าอาจมีอุณหภูมิ 97 องศาฟาเรนไฮต์ และในตอนบ่ายอาจมีอุณหภูมิ 99 องศาฟาเรนไฮต์ได้ การออกกำลังกายอาจทำให้อุณหภูมิในร่างกายเพิ่มขึ้นไปถึง 101-104 องศาฟาเรนไฮต์ได้ โรคต่างๆ ในร่างกายที่เป็นอยู่ก่อนตายสามารถทำให้อุณหภูมิในร่างกายเปลี่ยนแปลงไปได้มาก นอกจากนี้ในการศึกษาของฮัทชิน (Hutchins) พบว่าระยะแรกหลังตายอุณหภูมิศพจะสูงขึ้นเล็กน้อย และต้องใช้เวลาถึง 4 ชั่วโมงก่อนที่อุณหภูมิของศพจะลดลงกลับมาถึงระดับอุณหภูมิก่อนตาย ฮัทชินเชื่อว่าเกิดจากการที่เนื้อเยื่อบางส่วนยังมีปฏิกิริยาทางเคมีต่ออีกช่วงหนึ่งก่อนตายร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมีของแบคทีเรียต่างๆ ในลำไส้ นอกจากนี้ยังมีสภาพลม อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม สภาพการเปียกการแห้งของร่างกาย เป็นต้น มีผลต่ออัตราการลดลงของอุณหภูมิ โดยสรุป คือ การใช้อุณหภูมิร่างกายเพื่อคำนวณเวลาตายไม่ได้ เนื่องจากไม่ทราบว่าผู้ตายรายนั้นๆ ได้รับปัจจัยที่มีผลรบกวนการใช้อุณหภูมิคำนวณเวลาตาย ดังตารางที่ 2 คือ **กิจกรรมก่อนตาย โรค สภาพลม อุณหภูมิแวดล้อม ชนิดและจำนวนเสื้อผ้า อุณหภูมิตอนตาย และอัตราการลดของอุณหภูมิ**

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการลดลงของอุณหภูมิศพ

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ	เหตุการณ์	ผลกระทบ	สถานการณ์
อุณหภูมิ	อุณหภูมิเย็น	เร่งการลดลงของอุณหภูมิศพ	สูญเสียความร้อนเร็ว
	อุณหภูมิร้อน	ชะลอการลดลงของอุณหภูมิศพ	สูญเสียความร้อนช้า
ลม	ลมแรง	เร่งการลดลงของอุณหภูมิศพ	สูญเสียความร้อนเร็ว
	ไม่มีลม หรือลมสงบ	ชะลอการลดลงของอุณหภูมิศพ	สูญเสียความร้อนช้า
ไขมันในร่างกาย	อ้วน	ชะลอการลดลงของอุณหภูมิศพ	สูญเสียความร้อนช้า
	ผอม	เร่งการลดลงของอุณหภูมิศพ	สูญเสียความร้อนเร็ว
เสื้อผ้า	ใส่เสื้อผ้า	ชะลอการลดลงของอุณหภูมิศพ	สูญเสียความร้อนช้า
	ไม่ใส่เสื้อผ้า	เร่งการลดลงของอุณหภูมิศพ	สูญเสียความร้อนเร็ว

(ที่มา: Reynard Haynes. Factor affecting Algor mortis. In: Death - Meaning, Manner, Mechanism, Cause, and Time. <https://slideplayer.com/slide/14368512/>)

การประมาณค่าการลดลงของอุณหภูมิ (Algor mortis) เมื่อร่างกายได้รับการสัมผัสกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง เช่น อุณหภูมิห้องเป็นเวลา A ชั่วโมง และอุณหภูมิที่หนาวเย็นเป็นเวลา B ชั่วโมง ในห้องเก็บศพก่อนที่จะเก็บตัวอย่างน้ำวนลูกตา ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสามารถคำนวณได้ตามสมการต่อไปนี้

$$T_{\text{Average}} = \frac{[\text{time}_A \times T_A] + [\text{time}_B \times T_B]}{\text{PMI}}$$

การตกของเม็ดเลือดแดงตามแรงโน้มถ่วง (Livor mortis) เมื่อหัวใจหยุดเต้นเม็ดเลือดแดงจะค่อยๆ ตกกลงไปทางด้านล่างทางเส้นเลือดตามแรงโน้มถ่วงและสะสมที่เส้นเลือดฝอยที่ผิวหนังบริเวณนั้น ทำให้ปรากฏเป็นสีแดงคล้ำที่ผิวหนังทางด้านล่าง ซึ่งมักจะเริ่มปรากฏตั้งแต่ 0.5-2 ชั่วโมงหลังตาย ในคนไข้ที่ป่วยเป็นโรคหัวใจวายระยะสุดท้ายและมีอาการหัวใจหยุดเต้นเป็นครั้งคราวนั้น อาจจะพบว่าเริ่มมี livor mortis ตั้งแต่ก่อนตายก็ได้ การตกของเม็ดเลือดแดงจะเกิดขึ้นที่ประมาณ 8-12 ชั่วโมง และจะเริ่มอยู่ตัว (Fixed) คือ เมื่อกลับท่าของศพเม็ดเลือดแดงก็จะไม่เคลื่อนหรือไหลไปอยู่ในที่ใหม่ ในรายที่มีการเสียชีวิตออกไปนอกร่างกายเป็นจำนวนมากจากบาดแผล livor mortis อาจพบน้อยมาก การอยู่ตัวอาจจะเกิดเร็วกว่า 8-12 ชั่วโมง และบางรายอาจจะเกิดช้าถึง 24-36 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับอัตราการเน่าของศพด้วยการประเมินเวลาตายโดยใช้ livor mortis จึงเป็นเพียงการประมาณเวลาเท่านั้น (Livor mortis เริ่มต้น = 0.5-2 ชั่วโมง, คงตัว (Fixed) = 8-12 ชั่วโมง, มีสีอื่น

แพรก = 36 ชั่วโมง) ปัจจัยที่มีผลรบกวนการใช้ livor mortis คำนวณเวลาตาย คือ **โรคโรคหัวใจวายระยะสุดท้ายและมีอาการหัวใจหยุดเต้นเป็นครั้งคราว และเสียชีวิตออกร่างกายมา**

การประมาณค่าการตกของเม็ดเลือดแดงตามแรงโน้มถ่วง (Livor mortis)

1 = เริ่มปรากฏเป็นสีแดงคล้ำที่ผิวหนังทางด้านล่าง มีช่วงเวลาการเสียชีวิต ประมาณ ½ - 5 ชั่วโมง

2 = เห็นสีแดงคล้ำที่ผิวหนังทางด้านล่างชัดเจน ยังไม่คงตัว (Not fixed) มีช่วงเวลาการเสียชีวิต ประมาณ 10 ชั่วโมง

3 = เห็นสีแดงคล้ำที่ผิวหนังทางด้านล่างชัดเจน เคลื่อนไหวบางส่วน (Shifting partial) มีช่วงเวลาการเสียชีวิต ประมาณ 6-17 ชั่วโมง

4 = เห็นสีแดงคล้ำที่ผิวหนังทางด้านล่างชัดเจน คงตัว (Fixed) มีช่วงเวลาการเสียชีวิต ประมาณ 10-18 ชั่วโมง

การแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (Rigor mortis) เกิดขึ้นจากการที่ ATP (Adenosine triphosphate) ในกล้ามเนื้อสลายตัวไป ATP เกิดขึ้นจากการสันดาปอาหารในเซลล์กล้ามเนื้อโดยใช้ ออกซิเจนทำให้กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้ หลังตาย ATP จะค่อยหมดไป สาร actin กับ myosin ในเซลล์กล้ามเนื้อจะจับตัวกันกล้ามเนื้อจะเริ่มแข็งตัว ถ้ากล้ามเนื้อถูกใช้งานหนักก่อนตายกล้ามเนื้อนั้นจะแข็งตัวเร็วหลังตาย ลักษณะกล้ามเนื้อที่ถูกใช้งานหนัก เช่น ออกกำลังกายรุนแรงและมาก ชักหรือมีไข้สูง ทำให้ ATP ในกล้ามเนื้อหมดไป กล้ามเนื้อเกิดการแข็งตัวทันทีหลังเสียชีวิต เรียกว่า “คาตาเวอริคสพาสซึม” (Cadaveric spasm) เช่น ในรายที่จมน้ำตายการแข็งตัวของกล้ามเนื้อก็มักเกิดเร็ว ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่พยายามตะเกียกตะกายอย่างมากก่อนตาย และพบว่ามีคาตาเวอริคสพาสซึมที่มือบ่อยเพราะพยายามไขว่คว้าสิ่งต่างๆ เพื่อหลุดตัวเองขึ้นจากน้ำ โดยปกติการแข็งตัวของกล้ามเนื้อจะเริ่มประมาณ 2-4 ชั่วโมงหลังตาย และแข็งตัวเต็มที่ประมาณ 6-12 ชั่วโมง และจะสลายตัวไปพร้อมกับการเน่าของร่างกาย กล้ามเนื้อจะเริ่มแข็งตัวพร้อมกันทุกมัด แต่กล้ามเนื้อมัดเล็กจะปรากฏให้ตรวจพบได้เร็วกว่ากล้ามเนื้อมัดใหญ่ กล้ามเนื้อมัดเล็กที่พบก่อนมักจะเป็นมัดกล้ามเนื้อที่ใช้เคี้ยวอาหาร ฉะนั้น จะพบว่าขากรรไกรแข็งก่อนมัดอื่นๆ จากนั้นจะพบที่นิ้วมือ แขนขา แล้วจึงถึงลำตัวทั่วไป ถ้าการแข็งตัวของกล้ามเนื้อถูกทำลายไป เช่น ถูกจับดึงแขนที่งอพับแข็งเกร็งออก แขนที่ถูกดึงก็จะไม่แข็งอีกต่อไป ดังนั้น การแข็งตัวของกล้ามเนื้อจะมีระยะเวลาเปลี่ยนไปตามลักษณะและสภาพของร่างกายทั้งก่อนและหลังตาย (Cadaveric spasm = ทันทีหลังตาย, Rigor mortis เริ่ม = 2-4 ชั่วโมง, เต็มที่ = 6-12 ชั่วโมง, หมด = 24-36 ชั่วโมง) ปัจจัยที่มีผลรบกวนการใช้ rigor mortis คำนวณเวลาตาย คือ **อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และระดับการทำงานของกล้ามเนื้อก่อนตาย**

การประมาณค่าการแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (Rigor mortis)

- 1 = กล้ามเนื้อเกิดการแข็งตัวทันทีหลังเสียชีวิต
- 2 = กล้ามเนื้อเริ่มมีการแข็งตัว มีช่วงเวลาการเสียชีวิต ประมาณ 2-4 ชั่วโมง
- 3 = กล้ามเนื้อแข็งตัวของเต็มที่ - มีช่วงเวลาการเสียชีวิต ประมาณ 6-12 ชั่วโมง
- 4 = กล้ามเนื้อ ช่วงเวลาการเสียชีวิต ประมาณ 24-36 ชั่วโมง

การเน่าสลายตัว (Decomposition) หลังตายแล้วร่างกายจะมีการเน่าสลายตัว การสลายตัวของเนื้อเยื่อในร่างกายมี 2 ประการ คือ การสลายตัวของเซลล์เอง (Autolysis) และการเน่า (Putrefaction)

การสลายตัวของเซลล์เอง เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีที่มีน้ำย่อยเซลล์ออกมาจากตัวเองทำให้เนื้อเยื่อสลายตัว และเนื่องจากเป็นปฏิกิริยาทางเคมีจึงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ถ้าอุณหภูมิสูงปฏิกิริยาจะเร็ว ถ้าอุณหภูมิต่ำปฏิกิริยาช้า อวัยวะใดที่มีน้ำย่อยมากอวัยวะนั้นสลายตัวเร็ว เช่น ตับอ่อนจะสลายตัวก่อนหัวใจ เป็นต้น

การเน่า เกิดจากแบคทีเรียทำปฏิกิริยาเคมีในเนื้อเยื่อของร่างกาย เนื่องจากแบคทีเรียส่วนใหญ่อยู่ในลำไส้ใหญ่อยู่แล้ว หลังตายแบคทีเรียเหล่านี้จะเริ่มเจริญเติบโตมากขึ้นและปรากฏให้เห็นเป็นครั้งแรก คือ การเริ่มมีสีเขียวที่ท้องน้อยประมาณ 24 ชั่วโมง จะพบว่าท้องน้อยด้านขวามากกว่าด้านซ้าย เนื่องจากการเจริญเติบโตของแบคทีเรีนั้นจะสร้างก๊าซ ส่วนใหญ่เป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งก๊าซนี้จะซึมไปทุกส่วนของร่างกายและวิ่งไปตามเส้นเลือดทำให้เส้นเลือดเกิดสีเขียวคล้ำเป็นลายคล้ายหินอ่อนบนผิวหนังทั่วร่างกาย เรียกว่า “Marbling” ใบหน้าและไหล่และหน้าอกเริ่มเขียวคล้ำและมากขึ้น และร่างกายค่อยอืดมากขึ้น ผิวหนังเริ่มเกิดตุ่มน้ำจากการที่เนื้อเยื่อใต้ผิวหนังสลายตัวให้เกิดน้ำเหลืองดันให้ผิวหนังโป่งขึ้นและต่อมาผิวก็เน่าหลุดลอกออกไปเส้นผมเส้นขนหลุดออก ในช่วงนี้จะพบมีน้ำเหลือง (สีแดงคล้ำ) ไหลออกมาทางปากหรือทางจมูก น้ำเหลืองเหล่านี้จะออกมาขังอยู่ตามช่องต่างๆ ในร่างกายด้วย เช่น ในช่องอก ช่องท้อง ในขณะเดียวกันร่างกายก็บวมเป่งมากขึ้นจากแรงดันของก๊าซที่มีมากขึ้น ลิ้นจะถูกดันออกมาจากปาก ลูกตาจะถูกดันให้ถลนออกมาจนเกือบจะโป่งพองมาก อวัยวะเพศชายบวมเป่ง ทวารหนักและช่องคลอดถูกดันให้แบะออกมาภายนอก ร่างกายทั่วไปถูกดันจนข้อต่างๆ งอเข้ามาเล็กน้อย นิ้วบวมเป่งจนดันกันให้กางออก ซึ่งระยะอืดเต็มที่ ในอุณหภูมิทั่วไปในประเทศไทยประมาณ 3-4 วัน จากนั้นเนื้อเยื่อจะเริ่มสลายตัวมากขึ้นจนเริ่มเห็นกระดูกบริเวณหน้าผากหรือโหนกแก้ม ซึ่งใช้เวลาประมาณ 7 วัน และเริ่มมากขึ้นจนเห็นกระดูกซี่โครงและอวัยวะในช่องอกที่สลายตัวอยู่ภายในประมาณ 2 อาทิตย์ และสลายตัวมากขึ้นจนสลายตัวเห็นช่องท้องเกือบหมดในเวลาประมาณ 3 อาทิตย์ และเมื่อ 4 อาทิตย์ จะเน่าเห็นกระดูกเกือบทั้งตัว จากนั้นเนื้อเยื่อก็ยังสลายตัวต่อไปจนเส้นเอ็นต่างๆ เริ่มหลุดจากกันกระดูก นิ้วมือนิ้วเท้าหลุดออกจาก

กัน ข้อมือข้อเท้าหลุดออกจากกันจนถึงประมาณ 3 เดือน จะพบว่ามีเพียงกระดูกสันหลังเท่านั้นที่ยังยึดติดกันอยู่ได้ พอถึงระยะ 6 เดือน กระดูกทุกชิ้นจะหลุดออกจากกันเกือบหมดแต่ยังอาจจะได้กลิ่นเน่าของกระดูกอยู่ กลิ่นเน่านี้อาจจะมีต่อไปอีกหลายเดือน ประมาณ 1 ปี ศพจะเหลือแต่กระดูกปราศจากเนื้อเยื่อหลงเหลืออยู่ บางครั้งศพที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่อากาศร้อนและแห้งร่างกายอาจเกิดเป็นมัมมี่ (Mummification) โดยผิวหนังเริ่มเปลี่ยนสีออกไปเป็นลักษณะคล้ายหนังสัตว์ตากแห้ง แต่เนื้อเยื่อภายในจะยังคงสลายตัวต่อไป ฉะนั้นจะพบร่างกายแพลงเหลือแต่หนังหุ้มกระดูก ปัจจุบันที่มีผลบวกรวมการใช้การเน่าสลายคำนวณเวลาตาย คือ **อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และความชื้นสิ่งแวดล้อม**

การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่ออีกแบบหนึ่งที่ทำให้เนื้อเยื่อไม่สลายตัว เรียกว่า “อะดิโพเซีย” (Adipocere) เนื่องจากแบคทีเรียบางชนิด (*Clostridium perfringens*) เกิดปฏิกิริยาให้เนื้อเยื่อไขมันเปลี่ยนเป็นกรดบางประเภท (Oleic, palmitic และ stearic acid) ทำให้เนื้อก้อนนั้นมีลักษณะคล้ายก้อนขี้ผึ้งสีออกเทาถึงน้ำตาล มักพบในบริเวณเนื้อเยื่อไขมันในศพที่มักจะอยู่ในน้ำ ซึ่งต่อไปจะแข็งตัวแห้งเป็นของแข็งที่เปราะได้

การเจริญเติบโตของตัวหนอน (Insect activity) เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่สามารถช่วยบอกระยะเวลาการตายได้ คือ การเติบโตของตัวหนอนที่อยู่บนตัวศพ การทราบว่าชนิดของตัวหนอนเป็นแมลงชนิดใด จะทำให้ทราบว่าแมลงชนิดนั้นเติบโตมานานเท่าใด ใช้เวลากี่วัน ก็ช่วยประเมินเวลาตายในทางอ้อมได้ แมลงวันเป็นแมลงที่พบบ่อยที่สุดในการเป็นตัวหนอนบนศพ เคยมีผู้ศึกษาว่าหนอนแมลงวันจะโตถึงตัวยาว 1-1.5 เซนติเมตร ในเวลา 4 วัน และจะคลานอยู่เต็ม แต่ถ้า 5 วัน หนอนอาจจะยาวขึ้นได้อีกเพียงเล็กน้อยและไม่ค่อยคลานเพราะกำลังจะเปลี่ยนเป็นดักแด้ และเริ่มเปลี่ยนเป็นดักแด้ในวันที่ 6 แต่ถ้าพบซากของดักแด้จำนวนมากแล้วอาจจะผ่านมา 20 วันแล้ว การสังเกตตัวแก่ที่สุดเป็นชนิดใดอาจจะช่วยบอกเวลาตายได้ อย่างไรก็ตามถ้าศพไม่มีแมลงวันตอมก็ไม่มีตัวหนอนให้พบได้ ปัจจุบันที่มีผลบวกรวมการใช้หนอนแมลงคำนวณเวลาตาย คือ **ชนิดของหนอนแมลง**

การเปลี่ยนแปลงทางสารชีวเคมีต่างๆ ของร่างกายหลังตาย (Chemical changes after death) มีผู้วิจัยพยายามศึกษาการตรวจหาปริมาณของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตา พบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนที่เพิ่มขึ้นขึ้นอยู่กับอัตราการเน่าด้วยเช่นกัน ปัจจุบันสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดการเน่าเร็วขึ้นความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนก็เพิ่มขึ้นเร็วด้วยเช่นกัน จากการทดลองพบว่า การตรวจหาความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนใน 24 ชั่วโมงแรกมีความคลาดเคลื่อน ± 10 ชั่วโมง ในช่วง 48 ชั่วโมง มีความคลาดเคลื่อน ± 20 ชั่วโมง และถ้าทำในช่วง 72 ชั่วโมง จะมีความคลาดเคลื่อน ± 30 ชั่วโมง การตรวจหาความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตา เพื่อหาระยะเวลาการตายจึงยังไม่มี ความแม่นยำและน่าเชื่อถือกับช่วงระยะเวลาการตายที่แท้จริง ปัจจุบันที่มีผลบวกรวมการเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีคำนวณเวลาตาย คือ **อัตราการเปลี่ยนแปลงของสารนั้นหลังตาย และปริมาณที่มีก่อนตาย**

2.1.1 วิธีศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสารชีวเคมีต่างๆ ของร่างกายหลังตาย

จากการศึกษาของ Jashnani และคณะ (Jashnani, Kale, & Rupani, 2010) วิเคราะห์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางสารชีวเคมีต่างๆ น้ำวุ้นลูกตาเพื่อประมาณเวลาตาย พบว่าความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมไอออนเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของเวลาตายที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนระดับของสารชีวเคมีอื่นๆ แปรผกผันกับเวลาที่ตาย ซึ่งปัจจัยต่างๆ เช่น เพศ อายุ สาเหตุของการตาย ถูที่ตาย และเครื่องทำความเย็นของตัวอย่าง ไม่มีผลต่อค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน และการศึกษาของ Ahi และคณะ (Ahi & Garg, 2011) อธิบายถึงการใช้ของเหลวต่างๆ ในร่างกาย เช่น เลือด น้ำไขสันหลัง น้ำวุ้นลูกตา ที่ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อตรวจวัดระดับโพแทสเซียมไอออนหลังการตาย พบว่าระดับโพแทสเซียมไอออนสูงขึ้นแปรผันตามระยะเวลาการเสียชีวิต

ในปี ค.ศ. 2013 Chandrakanth และคณะ (Chandrakanth, Kanchan, Balaraj, Virupaksha, & Chandrashekar, 2013) ได้ศึกษาสารชีวเคมีในน้ำวุ้นลูกตาศพประณิณระดับโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ไอออนในการประเมินการเสียชีวิตใน 36 ชั่วโมงแรก ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังเสียชีวิตกับความสัมพันธ์ของระดับโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ไอออน เพื่อดูความแตกต่างระหว่างเพศชายและหญิง และความแตกต่างระหว่างตาข้างซ้ายและตาข้างขวา พบว่า น้ำวุ้นลูกตาข้างซ้ายหรือขวาทั้งจากเพศหญิงและชายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนี้ยังมี 2 ปัจจัยที่สำคัญของเยื่อกั้นเลนส์ตากับน้ำวุ้นลูกตา (Vitreoretinal barrier) ที่ป้องกันความสมดุลของเลือดและของเหลวรอบๆ มีกลไกการขนส่งที่ใช้พลังงานในบริเวณของเยื่อหุ้มรับเลนส์ เยื่อหุ้มจอประสาทตา และเยื่อหุ้มเม็ดสีจอประสาทตา มีหลายการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสารอิเล็กโทรไลต์ในน้ำวุ้นลูกตาต่อช่วงเวลาการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้น การศึกษาของ Naumann (Naumann, 1959) จำนวน 211 ตัวอย่าง พบว่า ค่าโพแทสเซียมไอออนเพิ่มขึ้นในน้ำวุ้นลูกตา แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาการตาย โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยของโพแทสเซียมไอออนเท่ากับ 7.2 mg/dL และค่าเฉลี่ยช่วงเวลาการตายเท่ากับ 9 ชั่วโมง การศึกษาของ Jaffe (Jaffe, 1962) วิเคราะห์ตัวอย่าง 31 ราย ที่ไม่มีภาวะ uremia หรือ electrolyte imbalance ดูความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนกับช่วงเวลาการตาย พบว่า ระดับโพแทสเซียมไอออนมีการเริ่มเพิ่มขึ้นช่วงสั้นๆ ต่อเนื่องไปจนถึง 125 ชั่วโมงหลังการตาย และไม่มีความแตกต่างระหว่างศพที่แช่เย็นกับศพที่อยู่ในอุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

งานวิจัยของ Adelson และคณะ (Adelson, Sunshine, Rushforth, & Mankoff, 1963) ศึกษาตัวอย่างจำนวน 269 จากตัวอย่างทั้งหมด 349 ตัวอย่าง พบว่า ไม่มีความแตกต่างของระดับโพแทสเซียมไอออนของตาทั้งสองข้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยวิธีการตรวจแบบ flame photometry และพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูก

ตากับช่วงเวลาการตายที่เพิ่มขึ้น การศึกษาของ Sturner (Sturner, 1963) ในปี 1963 ร่วมกับ Gantner (Sturner & Gantner, 1964) ในปี 1964 ได้ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมจากเจ้าพนักงาน จำนวน 54 ราย และโรงพยาบาลจำนวน 37 ราย ใน 15 รายของทั้งหมดเจาะน้ำวุ้นลูกตาทั้งสองข้าง พบว่า มีค่าความแตกต่างกัน 0.1 mEq/L และในจำนวน 54 ราย พบมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของ ค่าโพแทสเซียมไอออนกับช่วงเวลาการตายที่เพิ่มขึ้นด้วยวิธีการตรวจแบบ flame photometry

การศึกษาของ Coe (Coe, 1969) ได้เปรียบเทียบองค์ประกอบของน้ำวุ้นลูกตาของคน ปกติกับศพที่ชันสูตร พบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะตรวจการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีบางอย่างจากค่า ปกติตอนมีชีวิตของแต่ละคน ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงความผิดปกติหรือการเปลี่ยนแปลงหลังตาย คน ปกติถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามช่วงเวลาตาย ตัวอย่างเลือดของค่าปกติได้มาจากผู้ป่วยใน โรงพยาบาลที่ตายภายในไม่กี่ชั่วโมงและจากกลุ่มตัวอย่างวัยรุ่นที่ตายจากอุบัติเหตุอย่างกะทันหัน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมไอออนกับเวลาการตายที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

การตรวจสารชีวเคมีในน้ำวุ้นลูกตาถูกนำมาใช้ตรวจสำหรับพิสูจน์การรบกวนทางชีวเคมี ที่เป็นสาเหตุการตาย (Coe, 1973) และการตรวจสามารถนำมาใช้ในการทำนายเวลาการตาย ความ ถูกต้องของการทำนายเวลาการตายมีความสำคัญมากในการสืบค้นทางนิติเวชหรือนิติวิทยาศาสตร์ ของคดีอาชญากรรมต่างๆ ผลของการศึกษามีความเป็นไปได้ของการทำนายเวลาการตายที่ต้องภายใน 2 ชั่วโมงแรก จากการตรวจวัดระดับโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตา (Adjutantis & Coutselinis, 1972) พบว่ามีความเป็นเส้นตรงของระดับโพแทสเซียมไอออนกับช่วงเวลาการตายที่เพิ่มขึ้นไปจนถึง 100 ชั่วโมง แต่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบ่งเป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายในไม่กี่ ชั่วโมงหลังการตายในช่วงระดับความเชื่อมั่น (CI) 95% เท่ากับ ± 12 ชั่วโมง

การศึกษาของ Gregora (Gregora, Kratochvil, Vavrova, & Oplstil, 1978) ประเมิน สัดส่วนของโพแทสเซียมไอออนและแคลเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตา จำนวน 47 ราย โดยวิธี atomic absorption spectrophotometry (AAS) พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นที่เพิ่มขึ้นของทั้งโพแทสเซียม และแคลเซียมกับช่วงเวลาการตายที่เพิ่มขึ้น การศึกษาของ Blumenfeld และคณะ (Blumenfeld, Mantell, Catherman, & Blank, 1979) ศึกษาในเด็ก จำนวน 127 ราย พบว่ามีความ เข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการตายแบบเชิงเส้นตรง แต่มี ช่วงระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เท่ากับ ± 26 ชั่วโมง ซึ่งได้สรุปว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน ไม่สามารถใช้ประเมินช่วงเวลาการตายได้ เนื่องจากมีช่วงความเชื่อมั่นที่กว้าง

การศึกษาของ Mckoy (McKoy, Choo-Kang, & Escoffrey, 1983) วิเคราะห์ตัวอย่าง จำนวน 105 ราย พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนและ ช่วงเวลาการตาย มีความสัมพันธ์ 2 แบบ โดยช่วงชั่วโมงแรกของการเสียชีวิตจะมีความชันของการ เปลี่ยนแปลงมากกว่าช่วงหลังของการตายที่เพิ่มขึ้น การศึกษาของ Balasooriya (Balasooriya, Hill,

& Williams, 1984) ได้ศึกษาความเข้มข้นของโซเดียม, โพแทสเซียม และยูเรียในน้ำวุ้นลูกตา พบว่าการเปลี่ยนแปลงระดับของโซเดียมและโพแทสเซียมไอออนอย่างเป็นสัดส่วนกับช่วงเวลาการตายอย่างมีนัยสำคัญ และมีระดับความเป็นเส้นตรงของโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นกับโซเดียมที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วง 85 ชั่วโมงแรกหลังตาย นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของโซเดียมและโพแทสเซียมไอออนของตาแต่ละข้างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.0001$ และการศึกษาของ Coe (Coe & Apple, 1985) ศึกษาค่าของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาด้วยเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ที่แตกต่าง พบว่าค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ได้จากเครื่อง flame photometry มีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากเครื่อง ion selective electrode (ISE)

การศึกษาของ Madea (Madea, Hermann, & Henssge, 1990) ไม่เห็นด้วยกับการใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนในการประเมินช่วงเวลาการตาย ซึ่งได้เสนอในการศึกษาของ Nowak และ Balabanova (Nowak & Balabanova, 1989) ก่อนหน้านี้ในปี ค.ศ. 1989 เกี่ยวกับความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตากับช่วงเวลาการตายในกรณีที่ขาดอากาศหายใจ แม้ว่าจะมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($r=0.356$) ระหว่างสองพารามิเตอร์ แต่มีช่วงของการกระจายที่ค่อนข้างแคบ ส่วนการศึกษาของ Prasad และคณะ (Prasad, Choudhary, & Sincha, 2003) ศึกษาความสัมพันธ์ของระดับโพแทสเซียมไอออนกับช่วงเวลาการตาย พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมาก

Singh (2005) ศึกษาในตัวอย่างจำนวน 1,026 ตัวอย่าง แบ่งเป็นเพศชาย 698 ตัวอย่าง และเพศหญิง 328 ตัวอย่าง ที่รู้เวลาการตาย รูปแบบการตาย พฤติการณ์ที่ตาย สาเหตุการตาย ประวัติข้อมูลที่เป็นที่น่าสงสัย และเก็บศพไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยตัวอย่างที่มีความไม่สมดุลของอิเล็กโทรไลต์และได้รับยาขับปัสสาวะจะถูกคัดออกจากการศึกษา วัดค่าของโซเดียมและโพแทสเซียมไอออนหลังปั่นแยกด้วยวิธี flame photometry พบว่าค่าอัตราส่วนของ Na^+/K^+ ในตาข้างซ้ายเท่ากับ 13.50 ± 5.27 สูงกว่าตาข้างขวาเท่ากับ 13.48 ± 4.95 เล็กน้อย แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Mulla (2005) ศึกษาสมมติฐานว่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำวุ้นลูกตาทั้งสองข้างมีการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้อาจนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างถูกต้องในการประเมินช่วงเวลาการตาย มีสมการจำนวนมากในการศึกษาเกี่ยวกับงานนี้เพื่อแสดงความแม่นยำในการประเมินช่วงเวลาการตาย สมการเก่าและใช้กันอย่างแพร่หลายถูกพัฒนาโดย Sturner ในปี ค.ศ.1963 (Sturner, 1963) คือ Postmortem interval (h) = $7.14 [\text{K}^+] - 39.1$ และ Madea ในปี ค.ศ.1994 (Madea, Kaferstein, Hermann, & Sticht, 1994) คิดค้นสมการทดแทนเชิงเส้น คือ Postmortem interval (h) = $5.26 [\text{K}^+] - 30.9$

Thierauf (Thierauf, Musshoff, & Madea, 2009) ได้มีการศึกษาทดสอบด้วย 2 วิธี คือ flame photometry กับ ion-selective electrode (ISE) เปรียบเทียบตัวอย่างที่ปนกับใช้อัลตราโซนิกและตรวจวิเคราะห์ Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} , lactate, urea, glucose และ creatinine มีบางพารามิเตอร์ต้องเจือจางก่อนการตรวจวิเคราะห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างของวิธีการปั่นและอัลตราโซนิกตัวอย่าง ในตัวอย่างที่เจือจางให้ผลดีกว่าตัวอย่างที่ไม่เจือจาง และการเปรียบเทียบน้ำในลูกตาทั้งสองข้างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การศึกษาของ Lee (Lee, 2009) พบว่าการศึกษาในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการเน่าเน่านั้นมีความหลากหลายมากทั้งในแง่ของพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน การใช้ซากสัตว์ชนิดต่างๆ รวมถึงศพมนุษย์ ซึ่งรายงานแต่ละการศึกษายังมีการแบ่งระยะที่แตกต่างกัน และ Heaton และคณะ (Heaton, Lagden, Moffatt, & Simmons, 2010) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินระยะเวลาตายของศพที่ถูกรับในแหล่งน้ำ โดยเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงของศพภายหลังตาย ระยะเวลาหลังตาย และอุณหภูมิแวดล้อม การศึกษานี้ใช้ต้นแบบการประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพศพของ Megyesi โดยมีการแบ่งการประเมินสภาพของศพออกเป็น 3 ส่วน คือ ศีรษะ ลำตัว แขนขา และนำมาคิดเป็นคะแนนรวมลักษณะการเปลี่ยนแปลงของศพ

Parks (Parks, 2011) ได้ทำการศึกษาเชิงต้นแบบ เนื่องจากการศึกษาก่อนหน้านี้เกี่ยวกับกระบวนการเน่าสลายของศพมักจะใช้ซากสัตว์แทนศพมนุษย์ในการศึกษา ผลการศึกษานี้พบว่า การเปลี่ยนแปลงภายหลังตายจากการทดลองยังสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงภายหลังตายจากการศึกษาก่อนๆ ซึ่งทำในพื้นที่ที่มีภูมิอากาศอบอุ่นของสหรัฐอเมริกา

Nidhi และคณะ (Sachdeva, Rani, Singh, & Murari, 2011) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในน้ำวุ้นลูกตาหลังการตาย พบว่ามีความสัมพันธ์ของความเข้มข้นโซเดียม โปแทสเซียม และแคลเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตากับช่วงเวลาการตายที่เพิ่มขึ้น และมีข้อเสนอแนะควรมีการเปรียบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ระหว่าง Flame photometry และ Beckman coulter ความแตกต่างของสารชีวเคมีในน้ำวุ้นลูกตาระหว่างตาทั้งสองข้างและการเปลี่ยนแปลงตามเพศ

การศึกษาของ Chandrakanth และคณะ (Chandrakanth et al., 2013) พบไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาการตายและสารชีวเคมีโซเดียม โปแทสเซียม และคลอไรด์ไอออนในน้ำวุ้นลูกตา และยังสรุปว่ามีข้อจำกัดในการประมาณค่าเวลาการตาย โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของระดับโซเดียม โปแทสเซียม คลอไรด์ไอออน และอัตราส่วนโซเดียม-โปแทสเซียม ระหว่างตาซ้ายและขวา ไม่พบความแตกต่างของระดับโซเดียม โปแทสเซียม คลอไรด์ไอออน และอัตราส่วนของโซเดียม-โปแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาอย่างมีนัยสำคัญใดๆ ในเพศชาย-หญิง ข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีจำนวนตัวอย่างน้อยและไม่มีข้อมูลทางชีวเคมีก่อนการ

ตายเปรียบเทียบ ดังนั้น การศึกษาในอนาคตเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กโทรไลต์ในน้ำวุ้นลูกตา และเวลาการตาย และควรศึกษาในขนาดของกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

Poposka และคณะ (Poposka et al., 2013) ศึกษาวิธีที่ง่ายและเร็วในการใช้ประมาณเวลาการตายจากพารามิเตอร์ปฏิกิริยาเหนือชีวิต (Supravital reactions; electrical excitability of muscles, chemical excitability of muscles) และการเปลี่ยนแปลงระยะแรกหลังการตาย เช่น อุณหภูมิของร่างกาย การตกของเม็ดเลือด และการแข็งของกล้ามเนื้อ จำนวน 120 ราย ที่รู้เวลาการตาย ผลการศึกษาสรุปว่าการใช้อุณหภูมิเป็นสิ่งที่ง่ายและทำได้เร็วสามารถนำมาใช้ในการประมาณช่วงเวลาการตายได้

Andrea (Donaldson & Lamont, 2013) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีค่า pH, lactic acid, hypoxanthine, uric acid, ammonia, NADH และ formic acid หลังการตายมากกว่า 96 ชั่วโมง ในหนู หมู และในหลอดทดลองของหนูและมนุษย์ที่เก็บไว้ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี แต่มีปริมาณและอัตราการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน โดยเฉพาะค่า pH ลดลงจาก 7.4 เหลือ 5.1 ส่วน hypoxanthine, ammonia, NADH และ formic acid เพิ่มขึ้นตามเวลาการเสียชีวิต ความเข้มข้นของ lactate ก็เพิ่มขึ้น แต่มีการเปลี่ยนแปลงในหนูแตกต่างจากมนุษย์และหมู

การศึกษาของ Deokar และคณะ (Deokar, Shendarkar, & Patil, 2013) ใช้น้ำวุ้นลูกตาศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสารชีวเคมีในร่างกาย ซึ่งมีความคงตัวและปนเปื้อนได้ยากกว่าของเหลวอื่นในร่างกาย เก็บได้ง่ายและเหมาะสำหรับใช้ประมาณระยะเวลาการตาย การศึกษาเก็บตัวอย่างศพผู้เสียชีวิตนำมาเก็บน้ำวุ้นลูกตาจากห้องเก็บศพ พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญในระดับต่างๆ ของแคลเซียมไอออนกับช่วงเวลาการตาย และค่าแคลเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาสามารถช่วยเสริมค่าโพแทสเซียมไอออนในประเมินเวลาการเสียชีวิต เพื่อลดความผิดพลาดในการประมาณเวลาตั้งแต่การตาย

Nishida และคณะ (Nishida et al., 2015) ได้ศึกษาการตรวจวิเคราะห์ครีเอทีนินในเลือดของผู้เสียชีวิต โดยใช้วิธี HPLC เมื่อทำควบคู่กับวิธีเอนไซม์ แสดงให้เห็นถึงความคงตัวของระดับครีเอทีนินในระยะเวลาดำเนินการชันสูตรศพ ครีเอทีนินสามารถใช้เป็นประโยชน์สำหรับการวินิจฉัยโรคของไตความผิดปกติในระยะช่วงต้นหลังการเสียชีวิต ซึ่งระดับครีเอทีนินในเลือดเพิ่มขึ้นร่วมกับการเกิดการแข็งเกร็ง และระดับครีเอทีนินคงตัวและจะเพิ่มขึ้นเมื่อเกิน 1 เดือนขึ้นไป และ Zilg และคณะ (Zilg, Bernard, Alkass, Berg, & Druid, 2015) วิเคราะห์ระดับโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาจำนวน 462 ราย ที่รู้เวลาการตายในช่วงเวลาตั้งแต่ 2 ชั่วโมง ถึง 17 วัน พบว่าช่วงเวลาการตายที่เพิ่มขึ้นจะมีระดับโพแทสเซียมไอออนที่เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นโค้ง อายุและอุณหภูมิของการตายมีอิทธิพลต่อความแปรปรวน 16% และ 5%

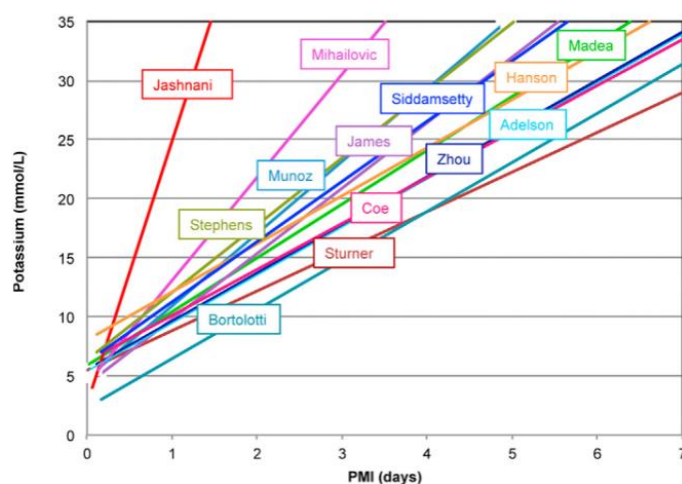
ตามลำดับ ปัจจัยอื่นไม่มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตา ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนกับอายุและอุณหภูมิมีช่วงความเชื่อมั่นแคบในช่วงแรกของการเสียชีวิต แต่จะมีมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการตายเพิ่มขึ้น ดังนั้น รูปแบบที่ดีที่สุดที่อธิบายถึงการตายที่นานขึ้น คือระดับโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตา รวมถึงอายุและอุณหภูมิ ซึ่งมีความแม่นยำในการใช้ที่มีเวลาการตายนานๆ ได้

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตา และสมการสำหรับการประมาณช่วงเวลาการเสียชีวิตจากความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาจากการศึกษาก่อนหน้า สรุปได้ดังตารางที่ 3 (Zilg et al., 2015) และกราฟความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมไอออนกับช่วงเวลาการเสียชีวิต ดังภาพที่ 6 (Zilg et al., 2015)

ตารางที่ 3 สมการสำหรับการประมาณช่วงเวลาการเสียชีวิตจากความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตา

Authors (year)	Equation (h)	N	Max PMI (h)	Comments
Adelson et al. (1963)	$PMI = 5.88 [K^+] - 31.53$	209	21	-
Stumer and Gantner (1963)	$PMI = 7.14 [K^+] - 39.1$	125	104	-
Hanson et al. (1966)	$PMI = 5.88 [K^+] - 47.1$	203	310	-
Coe (1969)	$PMI = 6.15 [K^+] - 38.1$	145	100	A separate equation was provided for a $PMI < 6$ h.
Stephens and Richards (1987)	$PMI = 4.20 [K^+] - 26.65$	1427	35	Outliers, drownings, SIDS, electrolyte imbalances, and temperature extremes were excluded.
Madea et al. (1989)	$PMI = 5.26 [K^+] - 30.9$	107	130	Cases involving elevated urea and prolonged agony were excluded.
James et al. (1997)	$PMI = 4.32 [K^+] - 18.35$	100	80	Also included hypoxanthine.
Munoz et al. (2001)	$PMI = 3.92 [K^+] - 19.04$	133	40	Only non-hospital cases were examined, there was a change in variables.
Zhou et al. (2007)	$PMI = 5.88 [K^+] - 32.71$	62	27	-
Jashnani et al. (2010)	$PMI = 1.076 [K^+] - 2.81$	120	50	Mostly included cases involving sepsis or tuberculosis.
Bortolotti et al. (2011)	$PMI = 5.77 [K^+] - 13.28$	164	110	-
Mihailovic et al. (2012)	$PMI = 2.749 [K^+] - 11.98$	32	30	Repetitive sampling.
Siddamsetty et al. (2013)	$PMI = 4.701 [K^+] - 29.06$	210	170	-
Zilg et al. (2015)	$PMI = \ln \left(\frac{(M - C_0)}{(M - [K^+])} \right) \cdot L_0 + m_A A + m_T T$	462	409	No cases were excluded. The proposed equation includes temperature and decedent age.

ที่มา: (Zilg et al., 2015)



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมไอออนสำหรับการคำนวณช่วงเวลาการเสียชีวิต

ที่มา: (Zilg et al., 2015)

มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังตายเพื่อคำนวณระยะเวลาการตายเกิดขึ้นจำนวนมาก แต่ยังไม่เข้าใจได้ยากและมีปัจจัยจำนวนมากที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะต่างๆ หลังการตาย มีหลายงานวิจัยที่ศึกษารูปแบบการทดลองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะของศพ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการกระบวนการเปลี่ยนแปลงหลังตาย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง และความดันออกซิเจน โดยอุณหภูมิได้รับอิทธิพลจากฤดูกาล เส้นรุ้ง เส้นแวง สภาพศพฝังดิน ศพจมน้ำ อากาศถ่ายเท เสื้อผ้าศพ เป็นต้น อุณหภูมิและอัตราการเปลี่ยนแปลงถูกเชื่อมโยงโดย Van't Hoff's law ซึ่งพบว่าความเร็วของปฏิกิริยาทางชีวเคมีจะเพิ่มขึ้นมากกว่าหรือเท่ากับ 2 เท่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10°C การพบศพในน้ำจะมีผลกระทบต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงหลังตายช้าลง

การประมาณค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015) ถูกนำมาระบุระยะเวลาการเสียชีวิต (PMI) ดังสมการ

$$[K^+] = M [1 - \exp^{-L \cdot \text{PMI}}] + [C_0 \exp^{-L \cdot \text{PMI}}]$$

เมื่อ

M คือ ความเข้มข้นของความคงที่ของ K (mmol/L)

L คือ ค่าซึมผ่านเนื้อเยื่อ ($10^{-3}/\text{day}$)

C_0 คือ ค่าความเข้มข้นของ K ขณะตาย (mmol/L)

ค่า PMI นั้นสามารถคำนวณได้ตามความสัมพันธ์แบบผกผันต่อไปนี้

$$PMI = \frac{\ln((M-C_0) / (M-[K^+]))}{L}$$

เมื่อ

PMI ถูกกำหนดไว้เฉพาะ, $[K^+] < M$ และ $[K^+] \geq C_0$

ในรูปแบบตัวแปรเดียวนี้ พารามิเตอร์ M , L , และ C_0 คือ ค่าคงที่ ค่าพารามิเตอร์ถูกตรวจสอบความเหมาะสม (in the least-squares sense) บนพื้นฐานของชุดข้อมูลทั้งหมด

รูปแบบหลายตัวแปรสำหรับการประมาณเวลาตายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโพแทสเซียม อายุ และอุณหภูมิของ Zilg (Zilg et al., 2015) จากผลข้างต้น เมื่ออายุและอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อช่วงเวลาการตาย (PMI) ซึ่งเป็นปัจจัยที่รวมอยู่ในรูปแบบหลายตัวแปรด้วย บนสมมติฐานที่ว่าผลของตัวแปรรวม อายุ (A) อุณหภูมิ (T) และค่าสัมประสิทธิ์ m_A และ m_T จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นของค่า L , ค่าการซึมผ่านเนื้อเยื่อของโพแทสเซียมไอออน

$$L = L_0 + m_A A + m_T T$$

ดังนั้น รูปแบบการทำนาย PMI ด้วย $[K]$ อายุ และอุณหภูมิ คือ

$$PMI = \frac{\ln((M-C_0) / (M-[K^+]))}{L_0 + m_A A + m_T T}$$

รูปแบบทางคณิตศาสตร์ของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015)

การวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนและตัวแปรอื่นๆ เช่น อายุ อุณหภูมิเฉลี่ย และระยะเวลาการตาย ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณช่วงเวลาการตาย ขั้นตอนหลักสำหรับการประเมินข้อผิดพลาดของแต่ละรูปแบบการทำนาย คือ

1. การเลือกชุดข้อมูลที่เหมาะกับรูปแบบ
2. ความเหมาะสมของรูปแบบข้อมูล
3. การคำนวณที่เหลื่อมระหว่าง PMI และการทำนาย
4. ความเหมาะสมของค่าสัมบูรณ์ของ PMI กับเส้นโค้ง
5. ความปกติของส่วนที่เหลื่อมเหมาะกับเส้นโค้งข้อมูล PMI ทั้งหมด
6. ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95% ของการทำนาย ใช้ควอไทล์

ขั้นตอนการทำนายจะใช้ nonlinear least square (NLS) เพื่อสร้างตัวอย่าง มีสมมติฐานว่าข้อผิดพลาดของช่วงเวลาการเสียชีวิต (PMI) มีกระจายตัวปกติ มีค่าเฉลี่ย 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สัดส่วนกับเส้นโค้งของความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออน

2.1.2 วิธีการต่างๆ ในการประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนการเปลี่ยนแปลงของร่างกายศพ

การศึกษาก่อนหน้านี้ในปี ค.ศ. 2005 ของ Megyesi และคณะ ได้พัฒนาวิธีคะแนนร่างกายรวมศพ (Total body score, TBS) ที่ใช้ประเมินระยะเวลาตายซึ่งใช้เฉพาะอุณหภูมิเท่านั้น ไม่ได้รวมปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นเข้าด้วย นอกจากนี้ยังมีวิธีของ Dr.Ed Friedlander บนพื้นฐานของ Henssge's formula สำหรับการเปลี่ยนแปลงระยะเริ่มต้นหลังการตาย เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีต่างๆ หลังการตาย และสารชีวเคมีที่นำมาใช้ในการประมาณระยะเวลาการตายไม่สามารถเทียบกับช่วงระดับปกติตอนมีชีวิตได้ นักวิจัยจึงพยายามศึกษาถึงความคงตัวของสารชีวเคมี การเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมี มีการปนเปื้อนน้อย ตรวจวิเคราะห์ได้ง่าย และสามารถใช้ติดตามระยะเวลาการตายได้นาน พร้อมทั้งศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีที่มีผลต่อการประมาณระยะเวลาการตาย เช่น อายุ เพศ อุณหภูมิ ความชื้น สาเหตุการตาย พฤติกรรมการตาย ดังนั้น รูปแบบที่เหมาะสมและมีความแม่นยำน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้เป็นสมการคำนวณเวลาการตาย มีขั้นตอนการคำนวณง่าย สะดวก และใช้พัฒนาสำหรับการปรับปรุงข้อมูลให้เหมาะสมในอนาคตได้

กระบวนการเน่าสลายของศพมนุษย์สามารถใช้ในการประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิตได้ แต่การเน่าสลายจะแตกต่างกันไป เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการซึ่งทำให้การปฏิบัติเป็นไปได้ยาก ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา นักวิจัยพยายามที่จะออกแบบแบบจำลองดังกล่าวเพื่อให้การประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิตเป็นไปตามวัตถุประสงค์และพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ของกระบวนการสอบสวนทางอาญามากขึ้น รูปแบบจำลองที่มีการเผยแพร่ตีพิมพ์ในปัจจุบันอาจใช้งานได้เฉพาะพื้นที่เท่านั้น เนื่องจากมีความแตกต่างทางด้านอุณหภูมิ ภูมิอากาศ และภูมิศาสตร์ของสถานที่เกิดเหตุ

การศึกษาคะแนนร่างกายรวมศพของ Megyesi และคณะ ได้มีการแก้ไขรูปแบบจำลองโดย Moffatt และคณะ และคะแนนการเน่าสลายรวม โดย Gelderman และคณะ (Moffatt, Simmons, & Lynch-Aird, 2016) (Gelderman, Boer, Naujocks, IJzermans, & Duijst, 2018; M S. Megyesi et al., 2005; M. S. Megyesi, S. P. Nawrocki, & N. H. Haskell, 2005; Moffatt et al., 2016) คะแนนร่างกายรวมศพในน้ำ โดย Heaton และคณะ (Heaton et al., 2010) คะแนนร่างกายรวมศพในน้ำ โดย Van Daalen และคณะ (Van Daalen et al., 2017) และคะแนนร่างกายรวมศพไฟไหม้ โดย Gruenthal และคณะ (Gruenthal, Moffatt, & Simmons, 2012) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวแปรที่ใช้ประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิต

วิธีการศึกษา	ผู้ศึกษา (ปี ค.ศ.)	ลักษณะของศพที่พบ	พื้นที่ที่ศึกษา
คะแนนเน่าสลายรวมศพบนบก	Megyesi et al. (2005)	กลางแจ้ง	อเมริกา
	Mofatt et al. (2015)		
	Gelderman et al. (2018)	ในร่มและกลางแจ้ง	เนเธอร์แลนด์
คะแนนเน่าสลายรวมศพในน้ำ	Heaton et al. (2010)	จมน้ำ	อังกฤษ
	Van Daalen et al. (2017)	จมน้ำ	ทะเลเหนือ
คะแนนร่างกายศพไฟไหม้	Gruenthal et al. (2012)	ไฟไหม้กลางแจ้ง	อังกฤษ

ที่มา: Megyesi et al. (2005), Heaton et al. (2010), Gruenthal et al. (2012), Mofatt et al. (2015), Van Daalen et al. (2017), Gelderman et al. (2018)

(1) ศพที่พบบนบกหรือบนพื้นดิน

คะแนนร่างกายรวม โดย Megyesi และคณะ

Megyesi และคณะ ได้ออกแบบรูปแบบจำลองเพื่อประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิต โดยการให้คะแนนการเน่าสลายของศพด้วยการใช้ระบบฐานคะแนน คือ Total body score (TBS) (M S. Megyesi et al., 2005) ซึ่งคะแนนการเน่าสลายประยุกต์ใช้ตามวิธีเดิมของ Galloway และคณะ (Galloway et al., 1989) ดัชนีการให้คะแนนจะแบ่งร่างกายออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว และลำคอ ส่วนลำตัว และส่วนแขนขา เนื่องจากมีอัตราการเน่าสลายตัวที่แตกต่างกัน เช่น แขนขาเน่าสลายตัวช้ากว่าลำตัว ขั้นตอนของการเน่าสลายตัวของส่วนต่างๆ ของร่างกายจะแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ศพยังไม่เน่า (สด), เน่าสลายระยะเริ่มต้น, เน่าสลายระยะสุดท้าย และเป็นโครงกระดูก ในขณะที่ Galloway และคณะ ได้มีระยะที่ 5 เพิ่ม คือ การเน่าสลายของโครงกระดูก จากนั้นแต่ละหมวดหมู่จะถูกแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ย่อย แต่แต่ละหมวดหมู่ย่อยจะถูกกำหนดค่าเริ่มต้นที่ 1 คะแนน และจะเพิ่มขึ้นทีละ 1 คะแนนในแต่ละหมวดหมู่ย่อยถัดไป ดังตารางที่ 5 (M S. Megyesi et al., 2005) จากนั้นรวมคะแนนทั้ง 3 ส่วนเพื่อสร้างคะแนนร่างกายรวม ปัจจัยภายนอกที่นำมาพิจารณา คือ อุณหภูมิแวดล้อมที่ศพสัมผัส เนื่องจากอุณหภูมิแวดล้อมสามารถเชื่อมโยงกับช่วงเวลาการเสียชีวิตได้ โดยใช้อุณหภูมิสะสมรายวัน (Accumulated degree-day, ADD) ซึ่งเป็นการรวมกันของอุณหภูมิ ณ เวลาที่ตรวจวัดและอุณหภูมิโดยรอบ เมื่อตรวจวัด ADD (Van Daalen et al., 2017) ในรูปแบบจำลองของคะแนนร่างกายรวมแล้วนั้น จำนวนวันที่ผ่านมาสามารถคำนวณได้ด้วยผลรวมของอุณหภูมิรายวันนั้นๆ ค่าเหล่านี้สามารถใช้ประมาณจากข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อม ณ เวลาที่เสียชีวิต จนกระทั่งค้นพบซากศพ สมการถูกออกแบบมาโดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพ เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) และประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิตโดยอ้อม

ต่อมารูปแบบจำลองคะแนนร่างกายรวมของศพ ได้ถูกปรับแก้โดย Moffatt และคณะ (Moffatt et al., 2016) เนื่องจากมีข้อบกพร่องต่างๆ ในรูปแบบจำลองเดิมของ Megyesi และคณะ (M S. Megyesi et al., 2005) คะแนนร่างกายรวมของศพ เพื่อประเมินระยะของการเน่า

ตารางที่ 5 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนหัวและคอ ลำตัว และแขนขาของศพ โดย Megyesi และคณะ

ส่วนหัวและคอ	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	ยังไม่เน่า (สด) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวหนัง
2	ผิวหนังสีขาวอมชมพู ผิวหนังหลุดลอกและเส้นผมร่วงเล็กน้อย
3	ผิวหนังสีเทาถึงเขียว เนื้อบางส่วนยังคงค่อนข้างสด
4	ผิวหนังสีน้ำตาล โดยเฉพาะที่ขอบจมูก หู และริมฝีปากจะแห้ง
5	มีของเหลวไหลออกตามตา หู จมูก ปาก อาจมีลักษณะบวมอืดที่คอและใบหน้า
6	เนื้อสีน้ำตาลถึงดำ
7	ลักษณะเป็นโพรงเข้าไปในเนื้อและเนื้อเยื่อของตาและลำคอ
8	เน่าสลายในที่ชื้น - เห็นกระดูกน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่
9	สภาพศพเป็นมัมมี่ - เห็นกระดูกน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่
10	เห็นกระดูกมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ และพบเนื้อเยื่อเน่าสลาย
11	เห็นกระดูกมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ และเนื้อเยื่อมีลักษณะแห้งหรือเป็นมัมมี่
12	กระดูกส่วนใหญ่แห้ง แต่ยังมีไขมันอยู่บ้าง
13	กระดูกแห้ง
ส่วนลำตัว	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	ยังไม่เน่า (สด) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวหนัง
2	ผิวหนังสีขาวอมชมพู ผิวหนังหลุดลอกเล็กน้อย
3	ผิวหนังสีเทาถึงเขียว เนื้อบางส่วนยังคงค่อนข้างสด
4	ผิวหนังสีเขียว ขึ้นอืด มีของเหลวไหลออกมา
5	ผิวหนังสีดำ ขึ้นอืด มีก๊าซออกมาจากช่องท้อง
6	เนื้อเยื่อเน่าสลาย ทำให้เนื้อเยื่อยุบตัวในช่องท้อง
7	เน่าสลายในที่ชื้น เห็นกระดูกน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่
8	สภาพศพเป็นมัมมี่ - เห็นกระดูกน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่
9	เห็นกระดูกมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ และพบเนื้อเยื่อเน่าสลาย
10	เห็นกระดูกมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ และเนื้อเยื่อมีลักษณะแห้งหรือเป็นมัมมี่
11	กระดูกส่วนใหญ่แห้ง แต่ยังมีไขมันอยู่บ้าง
12	กระดูกแห้ง

ตารางที่ 5 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนหัวและคอ ลำตัว และแขนขาของศพ โดย Megyesi และคณะ (ต่อ)

ส่วนแขนขา	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	ยังไม่เน่า (สด) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวหนัง
2	ผิวหนังสีขาวอมชมพู มือและ/หรือเท้ามีผิวหนังหลุดลอก
3	ผิวหนังสีเทาถึงเขียว ผิวหนังเป็นลายหินอ่อน เนื้อบางส่วนยังคงค่อนข้างสด
4	ผิวหนังสีน้ำตาล โดยเฉพาะที่ข้อมือและนิ้วเท้า
5	ผิวหนังสีน้ำตาลถึงดำ ผิวหนังมีลักษณะคล้ายหนัง
6	เน่าสลายในที่ชื้น เห็นกระดูกน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่
7	สภาพศพเป็นมัมมี่ - เห็นกระดูกน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่
8	เห็นกระดูกมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ และพบเนื้อเยื่อเน่าสลาย
9	กระดูกส่วนใหญ่แห้ง แต่ยังมีไขมันอยู่บ้าง
10	กระดูกแห้ง

ที่มา: (M S. Megyesi et al., 2005)

จากการแก้ไขสมการของ Megyesi โดย Moffatt เพื่อรวมคะแนนร่างกายรวมของศพกับอุณหภูมิสะสมรายวัน (Moffatt et al., 2016)

$$TBS^{1.6} = 125 \times \log_{10}ADD - 212$$

$$TBS = (125 \times \log_{10}ADD - 212)^{0.625}$$

เมื่อ

TBS = คะแนนร่างกายรวมของศพที่พบบนบก

ADD = อุณหภูมิสะสมรายวัน

คะแนนการเน่าสลายรวม โดย Gelderman และคณะ

Gelderman และคณะ ได้พัฒนารูปแบบใหม่ (Gelderman et al., 2018) ทำตามการศึกษาของทั้ง Megyesi และคณะ และ Van Daalen และคณะ โดยใช้วิธีการให้คะแนนขั้นตอนการเน่าสลายของซากศพที่พบบนบกหรือบนพื้นดินเป็นคะแนนเน่าสลายรวม (Total decomposition score, TDS) โดยศึกษาภาพถ่ายซากศพมนุษย์ที่ทราบวันตายสูงสุดจากศพจำนวน 91 ราย ที่ถูกทิ้งไว้กลางแจ้งและในอาคารในประเทศเนเธอร์แลนด์ ซากศพเหล่านี้ถูกประเมินการให้คะแนนโดยแพทย์นิติเวชหลายคน โดยใช้วิธีการศึกษาตามวิธี Megyesi และ Van Daalen (M S. Megyesi et al., 2005) (Van Daalen et al., 2017) โดยมีความแตกต่างบางประการ ดังตารางที่ 6 (Gelderman et al., 2018) ความแตกต่างที่สำคัญในวิธีการให้คะแนน คือ พิจารณาว่าขั้นตอนต่างๆ

ใน 1 หมวดยุทธศาสตร์สามารถเกิดขึ้นพร้อมกันหรือในลำดับที่แตกต่างกัน ดังนั้น ขั้นตอนของ 1 หมวดยุทธศาสตร์จะไม่ได้แยกค่าออกต่างหาก โดยการเพิ่มคะแนนที่แตกต่างกันของแต่ละส่วนทางกายวิภาคศาสตร์ วิธีนี้ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องสำหรับการประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิต อุณหภูมิแวดล้อมยังถูกนำมาใช้โดยการรวมกับคะแนนร่างกายรวมและอุณหภูมิสะสมรายวัน เพื่อประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิต เช่นเดียวกับการศึกษาของ Megyesi และคณะ และการศึกษาของ Gelderman และคณะ รวมทั้งกรณีศึกษาที่พบในร่มและกลางแจ้ง ความแตกต่างของงานวิจัยนี้ คือ สามารถแยกข้อมูลของศพ ในร่มและกลางแจ้งออกเป็น 4 สมการ เพื่อประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิต ดังตารางที่ 7 (Gelderman et al., 2018) คะแนนการเน่ารวม เพื่อประเมินขั้นตอนของการเน่าสลาย

ตารางที่ 6 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขาของศพ โดย Gelderman และคณะ

ส่วนใบหน้า	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	1.1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	2.1 พบมีการตกของเม็ดเลือดแดงตามแรงโน้มถ่วงและการแข็งตัวของกล้ามเนื้อ
	2.2 ตามีลักษณะชุน และ/หรือ ดำ
	2.3 ผิวหนังสีน้ำตาล โดยเฉพาะที่ขอบ จมูก หู และปากจะแห้ง
3	3.1 ผิวหนังสีเทาถึงดำ
	3.2 ขึ้นอืดบริเวณคอและใบหน้า และ/หรือ ผิวหนังเป็นตุ่มพอง ผิวหนังหลุดลอก และ/หรือ ผิวหนังเป็นลายหินอ่อน
	3.3 ผิวหนังสีน้ำตาลถึงดำ มีของเหลวที่ไหลออกจากหู จมูก และปาก
4	4.1 ลักษณะเป็นโพรงเข้าไปในเนื้อและเนื้อเยื่อของตาและลำคอ ผิวหนังมีลักษณะคล้ายหนัง
	4.2 โครงกระดูกและข้อต่อบางส่วนยังอยู่ชิดกัน
5	5.1 โครงกระดูกและข้อต่อบางส่วนไม่อยู่ชิดกัน
6	6.1 เห็นกระดูกทั้งหมดและแยกออกจากกัน
ส่วนลำตัว	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	1.1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	2.1 พบมีการตกของเม็ดเลือดแดงตามแรงโน้มถ่วงและการแข็งตัวของกล้ามเนื้อ
3	3.1 ผิวหนังสีเทาถึงเขียว
	3.2 ผิวหนังสีเขียว ขึ้นอืด และ/หรือ ผิวหนังเป็นตุ่มพอง ผิวหนังหลุดลอก และ/หรือ ผิวหนังเป็นลายหินอ่อน
	3.3 มีของเหลวไหลออกทางทวารหนัก
	3.4 ขึ้นอืดระยะท้าย ผิวสีเขียวถึงดำ มีก๊าซออกมาจากช่องท้อง

ตารางที่ 6 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขาของศพ โดย Gelderman และคณะ (ต่อ)

ส่วนลำตัว	การเปลี่ยนแปลงของศพ
4	4.1 เนื้อเยื่อเน่าสลาย ทำให้เนื้อเยื่อยุบตัวในช่องท้อง
	4.2 ผิวหนังมีลักษณะคล้ายหนัง
	4.3 โครงกระดูกและข้อต่อบางส่วนยังอยู่ติดกัน
5	5.1 โครงกระดูกและข้อต่อบางส่วนไม่อยู่ติดกัน
6	6.1 เห็นกระดูกทั้งหมดและแยกออกจากกัน
ส่วนแขนขา	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	1.1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	2.1 พบมีการตกของเม็ดเลือดแดงตามแรงโน้มถ่วงและการแข็งตัวของกล้ามเนื้อ
	2.2 ผิวหนังสีน้ำตาล โดยเฉพาะที่ข้อมือและนิ้วเท้าจะแห้ง
3	3.1 ผิวหนังเป็นตุ่มพอง และ/หรือ ผิวหนังหลุดลอก และ/หรือ ผิวหนังเป็นลายหินอ่อน
	3.2 ผิวหนังสีเทาถึงเขียว
	3.3 ผิวหนังสีน้ำตาลถึงดำ
4	4.1 ผิวหนังมีลักษณะคล้ายหนัง
	4.2 โครงกระดูกและข้อต่อบางส่วนยังอยู่ติดกัน
5	5.1 โครงกระดูกและข้อต่อบางส่วนไม่อยู่ติดกัน
6	6.1 เห็นกระดูกทั้งหมดและแยกออกจากกัน

ที่มา: (Gelderman et al., 2018)

ตารางที่ 7 สมการสำหรับประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิตสำหรับศพที่พบในร่มและกลางแจ้ง โดย Gelderman และคณะ

ลักษณะของศพที่พบ	สมการ	R ²	SE	p-value
ในร่ม	PMI = 10 ^(-1.18 + 0.22TDS)	0.670	1.6 days	0.000
	ADD = 10 ^(-0.05 + 0.23TDS)	0.658	29.6 ADD	0.000
กลางแจ้ง	PMI = 10 ^(-0.93 + 0.18TDS)	0.803	2.9 days	0.000
	ADD = 10 ^(-0.03 + 0.19TDS)	0.557	52 ADD	0.005

หมายเหตุ: PMI = ช่วงเวลาการเสียชีวิต; TDS = คะแนนการเน่าสลายรวม; ADD = อุณหภูมิสะสมรายวัน; R² = ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด; SE = ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน; p-value = ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ที่มา: (Gelderman et al., 2018)

(2) ศพที่พบในน้ำ

คะแนนการเน่าของศพจมน้ำหรือในน้ำ โดย Heaton และคณะ

กระบวนการเน่าสลายของศพในน้ำจะแตกต่างกันอย่างมากจากการเน่าสลายของศพบนบก จึงต้องใช้รูปแบบจำลองแยกต่างหากสำหรับการประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิตของศพที่จมน้ำ (Dix, 1987) วิธีการนี้ถูกพัฒนาโดย Heaton และคณะ ซึ่งรวมการเน่าสลายของศพในน้ำกับอุณหภูมิสะสมรายวัน (Accumulated-degree days, ADD) เพื่อสร้างคะแนนการเน่าสลายของศพในน้ำรวม (Heaton et al., 2010) ในกรณีของศพที่จมน้ำช่วงเวลาการเสียชีวิต ไม่ใช่แค่ช่วงจมน้ำหลังเสียชีวิต แต่เป็นช่วงเวลาที่บ่งบอกถึงช่วงเวลาระหว่างเสียชีวิตกับช่วงเวลาพบศพในน้ำ เนื่องจากอุณหภูมิแวดล้อมเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการเน่าสลายของศพ Heaton และคณะ ศึกษาตามแนวคิดของ Megyesi และคณะ (M.S. Megyesi et al., 2005) ในการออกแบบวิธีการคิดคะแนนสำหรับการเน่าสลายของศพในน้ำและรวมสมการเข้ากับอุณหภูมิสะสมรายวัน (Accumulated-degree days, ADD) ดังตารางที่ 8 (Heaton et al., 2010) ได้แบ่งส่วนของร่างกายออกเป็น 3 ส่วนทางกายวิภาคศาสตร์ ได้แก่ คะแนนการเน่าสลายของศพในน้ำส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขา (Heaton et al., 2010) หมวดหมู่ที่กำหนดจะแตกต่างจากการออกแบบการศึกษาของ Megyesi และคณะ เนื่องจากเป็นไปตามปรากฏการณ์การเน่าสลายเฉพาะเจาะจงของศพในน้ำเท่านั้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ คือ รูปแบบจำลองสมการถดถอยเชิงเส้นที่ระบุคะแนนการเน่าสลายรวมของศพในน้ำ เพื่อประมาณอุณหภูมิสะสมรายวัน (Accumulated degree-day, ADD) และช่วงเวลาการเสียชีวิตของศพในน้ำ การจัดหมวดหมู่ของ Heaton เพื่อประเมินขั้นตอนของการเน่าของศพในน้ำ

ตารางที่ 8 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขาของศพในน้ำ โดย Heaton และคณะ

ส่วนใบหน้า	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	ผิวหนังสีอมชมพูเล็กน้อย ปากคล้ำ ขนลุกตั้ง
3	ใบหน้าและคอเป็นสีแดง ผงหนังใบหน้าเป็นลายหินอ่อน
4	ใบหน้าขึ้นอืด ผิวน้ำสีเขียว เริ่มหลุดลอก
5	เส้นผมเริ่มหลุดร่วง สมองอ่อนตัวและกลายเป็นของเหลว เนื้อเยื่อเริ่มเปิดบนใบหน้าและคอ ผิวน้ำสีเขียวถึงดำ
6	เริ่มเห็นกระดูกบริเวณหน้าผากและด้านข้างขมับ บางส่วนของขากรรไกรบนและล่าง เริ่มมีการรวมตัวของไขมัน
7	เห็นกระดูกมากขึ้นบริเวณกะโหลกศีรษะ กระดูกขากรรไกรเริ่มแยกออกจากกัน
8	เห็นกระดูกทั้งหมดและแยกออกจากกัน

ตารางที่ 8 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขาของศพในน้ำ โดย Heaton และคณะ (ต่อ)

ส่วนลำตัว	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	ผิวหนังสีอมชมพูเล็กน้อย ปากคล้ำ ขนลุกตั้ง
3	ช่องท้องและหน้าอกส่วนบนเปลี่ยนเป็นสีเขียว ผิวหนังมีลายหินอ่อนปานกลาง อวัยวะภายในเริ่มเน่าสลาย
4	ผิวหนังส่วนท้องสีเขียวเข้ม ขึ้นอืดปานกลาง เริ่มมีผิวหนังหลุดลอก
5	ผิวหนังสีเขียว/ม่วง บวมอืดมากขึ้น
6	ผิวหนังสีดำ บวมอืดเริ่มอ่อนตัวลง เริ่มเห็นอวัยวะภายในและกระดูก
7	สูญเสียเนื้อเยื่อและอวัยวะมากขึ้น เห็นกระดูกมากขึ้น เริ่มมรการรวมตัวของไขมัน
8	เห็นกระดูกทั้งหมดและแยกออกจากกัน
ส่วนแขนขา	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	ผิวหนังมือและ/หรือเท้า มีรอยย่นเล็กน้อย อาจมีขนลุกตั้ง
3	ผิวหนังบนฝ่ามือและ/หรือฝ่าเท้ากลายเป็นสีขาว มีรอยย่นและหนาขึ้น แขนและขาเปลี่ยนเป็นสีอมชมพูเล็กน้อย
4	ผิวหนังบนฝ่ามือและ/หรือฝ่าเท้าเริ่มหลุดลอก ผิวหนังแขนขามีลายหินอ่อน
5	ผิวหนังบนฝ่ามือและ/หรือฝ่าเท้าหลุดลอก ผิวหนังที่แขนและขาเป็นสีเหลือง/เขียว ถึง เขียว/ดำ
6	ผิวหนังที่มือและ/หรือเท้าเห็นกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นเป็นบริเวณกว้าง และหลุดลอกเป็นหย่อมๆ
7	เห็นกระดูกที่มือและ/หรือเท้ามากขึ้น และเห็นกล้ามเนื้อ เส้นเอ็น และกระดูกส่วนเล็กๆ ที่ส่วนล่างของแขนและ/หรือขา
8	กระดูกที่มือและ/หรือเท้าเริ่มแยกออกจากกัน เริ่มเห็นกระดูกส่วนบนของแขนและ/หรือขา
9	เห็นกระดูกทั้งหมดและแยกออกจากกัน

ที่มา: (Heaton et al., 2010)

สมการของ Heaton และคณะ (Heaton et al., 2010) เพื่อแปลงคะแนนการเน่ารวมของศพในน้ำต่ออุณหภูมิสะสมรายวันวัน:

$$TDS = -3.706 + 7.778 \times \log_{10}ADD$$

เมื่อ

TDS = คะแนนเน่าสลายรวมของศพที่พบในน้ำ

ADD = อุณหภูมิสะสมรายวัน

คะแนนการเน่าของศพในน้ำ โดย Van Daalen

อีกวิธีหนึ่งสำหรับการประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิตของศพในน้ำ พัฒนาโดย Van Daalen และคณะ ซึ่งคะแนนการเน่าของศพในน้ำที่แตกต่างกัน (Van Daalen et al., 2017) โดยใช้วิธีการให้คะแนนบนพื้นฐานทางกายวิภาคเดียวกันกับ Heaton และคณะ (Heaton et al., 2010) โดยใช้คำอธิบายที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 9 (Van Daalen et al., 2017) แต่ไม่ได้แยกค่าหมวดหมู่ย่อยที่สามารถเกิดขึ้นพร้อมกันได้เช่นเดียวกับของ Gelderman และคณะ นำคะแนนการเน่าสลายของศพจาก 3 ส่วนมารวมกัน เพื่อสร้างสมการคะแนนการเน่าสลายของศพในน้ำ

ตารางที่ 9 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขาของศพในน้ำ โดย Van Daalen และคณะ

ส่วนใบหน้า	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	1.1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	2.1 ผิวหนังเป็นลายหินอ่อน และ/หรือ
	2.2 ผิวหนังหลุดลอก และ/หรือ
	2.3 เส้นผมหลุดร่วง
3	3.1 เปลือกตาบวมอืด และ/หรือ
	3.2 ปากบวมอืด
4	4.1 ผิวหนังสีเทา เป็นขุย
5	5.1 เห็นกระดูกบางส่วน
6	6.1 เห็นกระดูกทั้งหมด
ส่วนลำตัว	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	1.1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	2.1 ผิวหนังลำตัวส่วนบนเป็นลายหินอ่อน และ/หรือ
	2.2 ผิวหนังลำตัวส่วนล่างเป็นลายหินอ่อน และ/หรือ
	2.3 ผิวหนังหลุดลอก และ/หรือ
	2.4 เส้นผมหลุดร่วง
3	3.1 บริเวณท้องบวมอืด และ/หรือ
	3.2 อวัยวะสืบพันธุ์บวมอืด
4	4.1 ผิวหนังสีเทา เป็นขุย
5	5.1 เห็นกระดูกบางส่วน
6	6.1 เห็นกระดูกทั้งหมด

ตารางที่ 9 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขาของศพในน้ำ โดย Van Daalen และคณะ (ต่อ)

ส่วนแขนขา	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	1.1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	2.1 มีรอยย่น และ/หรือ ผิวหนังของมือและ/หรือเท้ามีลักษณะซีดขาว
3	3.1 ผิวหนังเป็นลายหินอ่อน และ/หรือ
	3.2 ผิวหนังหลุดลอก และ/หรือ
	3.3 เส้นผมหลุดร่วง
	3.4 หนังถลอกออก และ/หรือ
	3.5 ไม่มีเล็บ
4	4.1 ผิวหนังสีเทา เป็นขุย
	4.2 เห็นกระดูกบางส่วนและ/หรือส่วนใหญ่ของแขนขาส่วนปลาย
	4.3 เห็นกระดูกบางส่วนของแขนขาส่วนต้น
5	5.1 เห็นกระดูกบางส่วน
6	6.1 เห็นกระดูกทั้งหมด

ที่มา: (Van Daalen et al., 2017)

(3) ศพที่ถูกฝังดิน

จากการศึกษาของ Rodriguez และคณะ (Rodriguez & Bass, 1985) พบว่า ยิ่งฝังศพลึกมากเท่าไรก็จะสามารถรักษาศพของได้ดียิ่งขึ้น (Troutman, Moffatt, & Simmons, 2014) เนื่องจากถูกปิดกั้นด้านการเข้าถึงของแมลงและสัตว์ที่กินซากศพ อีกปัจจัยหนึ่งน่าจะเป็นเพราะอุณหภูมิโดยรอบที่เย็นกว่า ซึ่งสัมพันธ์กับความลึกของการฝังศพเมื่อเทียบกับสถานะบนพื้นดิน อย่างไรก็ตามยังไม่พบรูปแบบจำลองที่จะช่วยประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิต ตามขั้นตอนของการเน่าสลายโดยเฉพาะสำหรับซากศพที่ถูกฝัง (Buekenhout, Cravo, Vieira, Cunha, & Ferreira, 2018) การศึกษาซากศพที่ถูกฝังมีค่อนข้างจำกัด

(4) ศพถูกเผาหรือถูกไฟไหม้

Gruenthal และคณะ (Gruenthal et al., 2012) ตั้งสมมติฐานว่าศพถูกไฟไหม้มีผลต่ออัตราการเน่าสลายของศพ จึงได้ออกแบบรูปแบบจำลองเพื่อประเมินเวลาการเสียชีวิต อ่างอิงระบบการให้คะแนนร่างกายรวมของศพตาม Megyesi และคณะ (M S. Megyesi et al., 2005) ความแตกต่างที่สำคัญของวิธีการให้คะแนน คือ สร้างขึ้นเฉพาะศพที่ถูกไฟไหม้ (Gruenthal et al., 2012) โดยใช้ซากสุกรเป็นตัวแทนของมนุษย์ และเปรียบเทียบกระบวนการเน่าสลายในซากศพที่

ไหม้เกี่ยวข้องกับซากศพที่ไม่ได้ถูกเผาไหม้ สร้างคะแนนร่างกายรวมของศพถูกไฟไหม้ (Charred body scale, CBS) ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับอุณหภูมิสะสมรายวัน (Accumulated-degree days, ADD) เพื่อประมาณช่วงเวลาการเสียชีวิต ดังตารางที่ 10 และได้ออกแบบสมการเพิ่มเติมเพื่อแปลงค่าขนาดร่างกายของศพถูกไฟไหม้ (Charred Body Scale, CBS) เป็นคะแนนร่างกายรวมของศพ (Total Body Score, TBS) มาตรฐานของร่างกายถูกไฟไหม้ เพื่อประเมินระยะของการเน่าของศพถูกไฟไหม้

ตารางที่ 10 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขาของศพถูกไฟไหม้ โดย Gruenthal และคณะ

ส่วนหัวและคอ	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	ลักษณะศพที่ไหม้ใหม่: ผิวตึง แห้ง มีตุ่มพอง (อาจมีสีต่างกัน)
2	คอบวมอืด ผิวหน้าตึง ซึ่งพบความชื้นและเป็นตุ่มพองเด่นชัด; ผิวหนังมีจุดดำดำไม่สม่ำเสมอ และอาจมีการของเหลวไหลออกจากจมูก
3	คอบวมอืดและตุ่มพอง ใบหน้าแห้งและจุดดำดำ
4	คอบวมอืดและตุ่มพอง คราบถ่านและผิวหนังแตก
5	คอบวมและตุ่มพอง สีสม่ำเสมอและหูแห้ง ปากอาจมีสีเขียว
6	คอบวมอืดและตุ่มพอง ใบหน้าแห้งและ ผิวหนังที่คออาจพบว่าหย่อนหรือเป็นรู
7	คอบวมอืดหายไปและผิวหนังใบหน้าที่มีลักษณะเป็นหน้ากาก เนื้อเยื่อคอที่แห้ง/มีรู พบการเน่าสลายตัวบริเวณคอ
8	เห็นกระดูกกะโหลกและคอน้อยกว่า 50% พบการเน่าสลายตัวบริเวณคอ ผิวหนังใบหน้าที่มีลักษณะเป็นหน้ากาก เนื้อเยื่อแห้ง บาง สีดำ
ส่วนลำตัว	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	ลักษณะศพที่ไหม้ใหม่: ผิวตึง, ตุ่มพองเด่นชัด; ผิวหนังแห้งและเนื้อไม่เรียบ
2	บวมอืด มีตุ่มพองเด่นชัด และรอยไหม้
3	ลักษณะก่อนหน้านี้ยังพบอยู่ เพิ่มมีผิวหนังแตกและเนื้อเยื่อสีเทาภายใต้รอยไหม้และผิวหนังมีลายหินอ่อน/สีเขียว
4	ลักษณะก่อนหน้านี้ยังพบอยู่ เพิ่มมีฟองภายใต้รอยไหม้ ผิวหนังแตกลึกในเนื้อเยื่อที่ไหม้เกรียมและมีการหลุดลอกของรอยไหม้/ผิวหนัง
5	ผิวหนังแห้ง ไม่พบการบวมอืด
6	ลำไส้เลื่อนผ่านบริเวณที่มีการไหม้มากที่สุด ลำไส้มีสีดำแห้ง การบวมอืดยังคงมีอยู่
7	ลักษณะก่อนหน้านี้ยังพบอยู่ พบลำไส้แห้ง กระดูกซี่โครงยุบตัวและเปิดประมาณ 50% และมีแมลงเพิ่มขึ้น
8	ลำตัวยุบตัวและเปิด ผิวหนังแห้งมากขึ้น และมองเห็นกระดูกซี่โครงมากกว่า 50%

ตารางที่ 10 คะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนใบหน้า ลำตัว และแขนขาของศพถูกไฟไหม้ โดย Gruenthal และคณะ (ต่อ)

9	ลำตัวเปิด พบหนอง เห็นกระดูกซี่โครง กระดูกเชิงกราน และกระดูกสันหลังน้อยกว่า 50%
10	ลำตัวเน่าน้อยกว่า 50% พบแมลง เห็นกระดูกเชิงกราน และกระดูกสันหลังน้อยกว่า 50%
11	ลำตัวเน่ามากกว่า 50% พบหนองเฉพาะบริเวณ เห็นกระดูกเชิงกราน และกระดูกสันหลังมากกว่า 50%
12	กระดูกแห้ง
ส่วนแขนขา	การเปลี่ยนแปลงของศพ
1	ลักษณะศพไหม้ไหม – ลักษณะไหม้เกรียมและแห้ง แขนขาตั้ง มีตุ่มน้ำพอง สีผิวไม่สม่ำเสมอ
2	ตึงมากขึ้น ตุ่มน้ำพองเด่นชัด ผิวกระดูกดำกระด้าง หนังกำพืดหลุดลอก
3	ตึงและเกิดการแตกของเนื้อเยื่อ ผิวหนังหลุดลอกเป็นรอยย่นหรือเป็นขุย อาจยังคงพบวงพุพอง
4	แขนขาเหี่ยวลีบ สีพื้นผิวมีลักษณะคล้ายหนังมากกว่า 50% วงพุพองไม่เด่นชัด
5	แขนขาแห้ง โดยเฉพาะเท้า ผิวหนังส่วนบนของขามีลักษณะเหมือนหนังแต่มิมี
6	แขนขาแห้ง โดยเฉพาะเท้า ผิวหนังส่วนบนของขามีลักษณะเหมือนหนังนิ่ม มีรูพรุน แขนขาสามารถแยกออกจากลำตัวได้
7	เห็นกระดูกน้อยกว่า 50% แขนขาอาจถูกแยกออกจากลำตัวและมีเนื้อเยื่อแห้งเกาะติด
8	เห็นกระดูกมากกว่า 50% อาจมีเนื้อเยื่อแห้งเกาะติด
9	กระดูกแห้ง

ที่มา: (Gruenthal et al., 2012)

สมการของ Gruenthal แปลง Charred Body Scale (CBD) ให้เป็นตัวเลขเหมือนคะแนนร่างกายรวมของ Megyesi (Gruenthal et al., 2012) (M S. Megyesi et al., 2005)

$$SC = \frac{(SC - Min_C) \times Range_U + Min_U}{Range_C}$$

เมื่อ

S_C = charred body scale

S_U = uncharred body scale (= total body score)

Min = minimum value

Range = maximum - minimum

1.2.3 การประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิตตามประสบการณ์ (PMI estimation by experience)

นอกเหนือจากวิธีที่ใช้ในการประมาณเวลาการเสียชีวิตแล้ว ในทางปฏิบัติการประมาณเวลาการเสียชีวิตมักอาศัยประสบการณ์จากกรณีศึกษาก่อนหน้านี้และการฝึกอบรมของผู้ตรวจสอบทางนิติเวชศาสตร์เท่านั้น มีหลายปัจจัยที่นำมาพิจารณารวมถึงลักษณะของผู้เสียชีวิต เช่น ชนิดเสื้อผ้าที่สวมใส่ จำนวนเสื้อผ้าสวมใส่ น้ำหนักตัว สถานที่ที่พบศพ อุณหภูมิร่างกาย และอุณหภูมิแวดล้อม แม้ว่าจะมีวิธีอื่นๆ ที่ถูกต้องแล้วก็ตาม (Gelderman et al., 2018) (Van Daalen et al., 2017) แต่สิ่งเหล่านี้เป็นหนึ่งในแนวทางที่ถูกนำไปใช้จริงและได้รับการอนุมัติในบางระบบกระบวนการยุติธรรมของแต่ละประเทศ เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ การประมาณช่วงเวลาการเสียชีวิตถูกประเมินโดยแพทย์นิติเวชศาสตร์ ผู้ประกอบวิชาชีพต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของร่างกายและการเกิดสภาวะที่แตกต่างกันของการเน่าสลาย เช่น การตกของเม็ดเลือดตามแรงโน้มถ่วง (Livor mortis) และการแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อ (Rigor mortis) เนื่องจากอุณหภูมิของร่างกายลดลงเป็นเส้นโค้งเมื่อเวลาผ่านไปจนกว่าจะเท่ากับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมโดยรอบ จึงใช้เพื่อประมาณค่าช่วงเวลาการเสียชีวิตในช่วงชั่วโมงแรกและเป็นวันหลังการเสียชีวิตเท่านั้น ตัวอย่างเช่น เมื่อรวมอุณหภูมิของร่างกาย น้ำหนักตัว และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมโดยรอบ สามารถใช้โนโมแกรมของ Henssge ได้ (Henssge, 1988)

2.2 แนวทางการศึกษาในประเทศไทย

2.2.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเซลล์และสารชีวเคมีในร่างกาย

การเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของเซลล์

การประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตของศพจากการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของเซลล์เม็ดเลือดขาว (ปิยฉัตร พรหมเพชร, 2553) โดยวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของเซลล์เม็ดเลือดขาวในศพ เพื่อหาความสัมพันธ์กับระยะเวลาการตายที่แท้จริงด้วยวิธีการสเมียร์เลือด ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องแสง พบว่าสามารถจำแนกชนิดของเม็ดเลือดขาวได้เป็นนิวโทรฟิล และลิมโฟไซต์ ภายใน 6 ชั่วโมงหลังตาย จำแนกโมโนไซต์ ได้ภายใน 12 ชั่วโมงหลังตาย ส่วนการจำแนกอีโอซิโนฟิล ประมาณ 6 ชั่วโมงภายหลังตาย ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเซลล์เม็ดเลือดขาวดังกล่าวสามารถนำมาใช้ประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตได้ในช่วง 6-12 ชั่วโมง

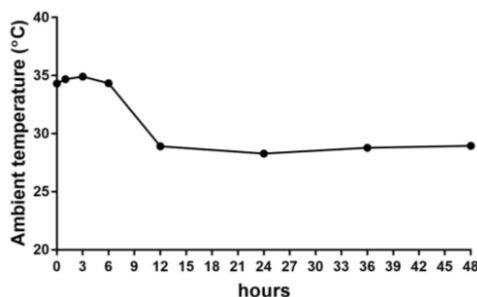
การเปลี่ยนแปลงของอิเล็กโทรไลต์

การศึกษาของ ดร.พญ.ปานใจ โวหารดี (ปานใจ โวหารดี, 2562) จากเล่มรายงานวิจัยเรื่อง “การตรวจวัดปริมาณโลหะหนักหลายชนิดในน้ำอุ่นลูกตาเพื่อใช้ในการประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิต” ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2560 ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างหมู่มาก จำนวน 20 ราย ณ สุสานมูลนิธิสว่างจริยธรรม จังหวัดนครนายก โดย

มีกรอบแนวคิดในการวิจัย คือ เพื่อศึกษาแบบแผนความสัมพันธ์ของอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโลหะหนักชนิดต่างๆ ในน้ำวุ้นลูกตา โดยเฉพาะอย่างยิ่งโพแทสเซียมไอออนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาภายหลังการเสียชีวิตที่มากขึ้น โดยได้รายงานข้อมูลการวิจัยดังนี้

การเปลี่ยนแปลงสภาพของซากหมูหลังการเสียชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงไปสู่สภาพเน่า โดยตัวหมูอืดขึ้น ลูกตาบวมพอง ร่วมกับมีลักษณะนิ่มและมากขึ้น ตามมาด้วยลูกตายุบแห้ง และพบว่า น้ำวุ้นลูกตามีความหนืดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งแห้งไปเกือบหมดภายในช่วงระยะเวลาเพียง 48 ชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงหลังการเสียชีวิตของซากหมู ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนก่อนเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งอยู่ในระยะซากหมูที่ยังสดใหม่ และช่วงแรกของการเน่าสลายเกิดขึ้นหลังจากระยะเวลา 12 ชั่วโมง ซากหมูเริ่มส่งกลิ่นเหม็น ผิวหนังมีสีคล้ำขึ้น ดูน้ำวุ้นลูกตาทำได้ยากขึ้น หลังจากเวลาผ่านไปหนึ่งวัน ซากหมูมีกลิ่นเหม็นแรงขึ้น ท้องบวมพอง ลูกนัยน์ตาเริ่มยุบแฟบ ซึ่งเกิดจากกระบวนการเน่า การระเหยของของเหลวจากลูกนัยน์ตามีการปนเปื้อนของตัวอย่างน้ำวุ้นลูกตา มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม อาจเกิดจากการหลุดลอกของจอตา และอาจร่วมกับกระบวนการเน่าที่เวลา 36 ชั่วโมง มีกลิ่นเหม็นรุนแรงมากขึ้น ใบหน้าเปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำ ลูกนัยน์ตาบวมถลอกและถูกดันทะลักออกจากเบ้าตา เห็นลายของหลอดเลือดในชั้นใต้ผิวหนังบริเวณหน้าท้องเป็นลายคล้ายลายหินอ่อน เมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง เน่ามากขึ้น โดยลำตัวบวมพองขึ้นทั้งหมด ผิวหนังเป็นเปลี่ยนสีเขียวคล้ำ โดยเฉพาะบริเวณหน้าท้องมีตุ่มน้ำเกิดขึ้นตามผิวหนัง ลูกนัยน์ตามีสภาพและและแฟบ (ปานใจ โวหารดี, 2562)

ผลอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม พบว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในเดือนพฤษภาคมและกรกฎาคมอยู่ในช่วงประมาณ 28 องศาเซลเซียสถึง 35 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดที่วัดได้อยู่ที่ 27.5 องศาเซลเซียสที่เวลา 12 ชั่วโมง และอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดที่วัดได้อยู่ที่ 35.4 องศาเซลเซียสที่เวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย ณ เวลา 0 ชั่วโมง ซึ่งเป็นระยะเวลาประมาณ 7-9 นาฬิกาอยู่ที่ 34.32 ± 0.53 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในวันแรกเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่ช่วงกลางวัน และค่อยลดต่ำลงในเวลากลางคืน



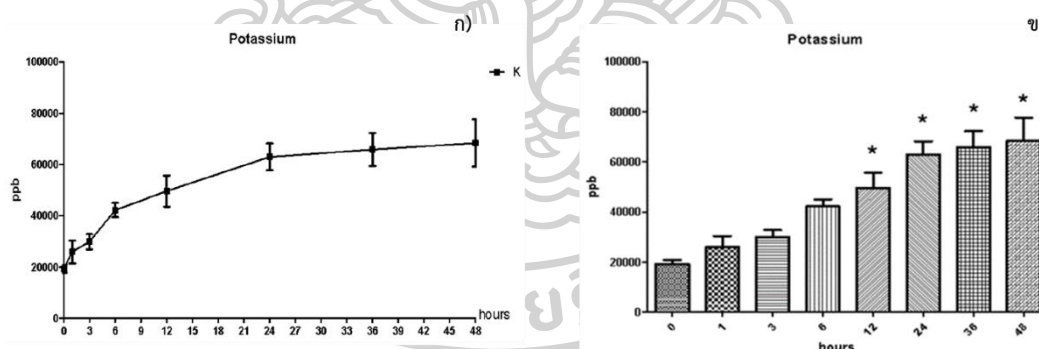
ภาพที่ 7 กราฟอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยในเดือนพฤษภาคมและกรกฎาคม พ.ศ. 2561 ระยะเวลาที่ 0 ชั่วโมง เป็นช่วงระยะเวลาตอนเช้าของวัน ที่เวลาประมาณ 7-9 นาฬิกา ที่มา: (ปานใจ โวหารดี, 2562)

ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาซากหมูในช่วงระยะเวลา 48 ชั่วโมง โดยใช้เครื่อง ICP-MS ตารางที่ 11 และระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาซากสุกรกับช่วงระยะเวลาภายหลังการเสียชีวิต ดังภาพที่ 8

ตารางที่ 11 ความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาซากหมู โดยใช้เครื่อง ICP-MS

เวลาการตาย (ชั่วโมง)	โพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตา (ppb) (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
0	31,309 \pm 52,741.43
1	33,634 \pm 37,128.94
3	38,514 \pm 48,430.54
6	46,753 \pm 52,576.82
12	53,970 \pm 41,424.07
24	65,739 \pm 58,630.66
36	70,321 \pm 37,361.93
48	69,927 \pm 29,618.68

ที่มา: ข้อมูลเวลาการตายและความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาซากหมูจากงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ ไหวหารดี (ปานใจ ไหวหารดี, 2562)



ภาพที่ 8 กราฟความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาซากสุกรกับเวลาหลังการเสียชีวิต

ก) กราฟเส้นความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนกับเวลาเสียชีวิต ข) กราฟแท่งความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนกับเวลาเสียชีวิต

ที่มา: (ปานใจ ไหวหารดี, 2562)

ผลสรุปการศึกษาวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ ไหวหารดี (ปานใจ ไหวหารดี, 2562) พบว่าผลจากการวัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิร่างกายซากหมูมีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิร่างกายซากหมูเข้าสู่ภาวะสมดุลกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอย่างรวดเร็ว เนื่องจากอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนไม่ได้แตกต่างกันมากในช่วงเดือน

พฤษภาคมถึงกรกฎาคม ขณะที่ประเทศเซนต์เฮนาวหรือเซนต์ทะเลทรายอุณหภูมิระหว่างช่วงเวลากลางวันและกลางคืนอาจแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งอุณหภูมิที่สูงคงที่ในเขตประเทศร้อนขึ้นนี้อาจจะส่งผลให้การประมาณระยะเวลาภายหลังการเสียชีวิตแตกต่างจากของประเทศเซนต์เฮนาวหรือเซนต์ทะเลทราย

ผลการตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของธาตุในน้ำวุ้นลูกตา ไม่พบข้อบ่งชี้ถึงจุดเริ่มต้นของกระบวนการเน่าเปื่อยที่เกิดจากแบคทีเรียในช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลองศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุโลหะหนักหลายชนิดในน้ำวุ้นลูกตา ทั้งนี้ผลการศึกษาวิจัยหลายเรื่องได้ใช้โพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาเป็นเครื่องบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพในการประมาณระยะเวลาหลังเสียชีวิต ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับระยะเวลาหลังตายแบบเป็นเส้นตรง อย่างไรก็ตาม พบว่าความสัมพันธ์จากการศึกษาวิจัยต่างชิ้นกันมีข้อแตกต่างกันมาก ซึ่งน่าจะเป็นผลสะท้อนจากอิทธิพลของตัวแปรหลายชนิดที่สำคัญมาก คือ ธรรมชาติที่แท้จริงของความสัมพันธ์ที่ไม่ได้มีรูปแบบเป็นเส้นตรง (ปานใจ โวหารดี, 2562)

ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้ คือ เป็นการศึกษาเบื้องต้นในสิ่งทดลองที่ไม่ใช่มนุษย์ ผลจากการวิจัยมีแนวโน้มที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประมาณระยะเวลาหลังเสียชีวิตในสถานการณ์จริงได้ โดยควรมีการศึกษาต่อยอดในผู้เสียชีวิต ซึ่งอาจทำได้โดยการออกแบบระเบียบวิธีวิจัยให้เก็บน้ำวุ้นลูกตาจากผู้เสียชีวิตที่มีบันทึกหรือปรากฏเวลาที่เสียชีวิตแน่นอน แล้วนำค่าความเข้มข้นของธาตุโลหะหนักในน้ำวุ้นลูกตาที่ตรวจวัดได้มาคำนวณหาความสัมพันธ์ นอกจากนี้ผู้วิจัยไม่ได้รวมตัวแปรอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเสียชีวิตในงานวิจัยชิ้นนี้ เช่น อายุ เพศ น้ำหนักตัว สาเหตุและพฤติกรรมการตาย ความชื้น อุณหภูมิ เป็นต้น (ปานใจ โวหารดี, 2562)

จากข้อมูลผลงานวิจัยนี้ของ ดร.พญ.ปานใจ โวหารดี จึงขอใช้ข้อมูลการตรวจวัดอุณหภูมิ แวดล้อม ปริมาณโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตา และเวลาการเสียชีวิตในข้อมูลรายงานการวิจัย เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมกับเวลาตาย และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมกับเวลาตาย เพื่อให้ได้สมการรูปแบบใหม่ที่มีความสัมพันธ์ที่ดีและสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับประมาณเวลาการเสียชีวิตในศพมนุษย์ต่อไป

การศึกษาของนางสาวภัทรฤทัย สุนทร (ภัทรฤทัย สุนทร, 2557) วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2557 เรื่อง “การประมาณเวลาเสียชีวิตของศพจากระดับอิเล็กโทรไลต์จากน้ำวุ้นลูกตา” โดยมีระเบียบวิธีวิจัย คือ ใช้ตัวอย่างศพที่ทราบเวลาตายที่แน่นอน จำนวน 50 ศพ ที่ไม่ได้รับสารพิษ ในขณะที่ตายและไม่ได้แช่แข็งเพื่อการรักษาสภาพศพ โดยเปรียบเทียบกับค่าปกติในซีรัมหรือพลาสมา จากนั้นตรวจวัดปริมาณของโพแทสเซียม โซเดียม และคลอไรด์ไอออนในน้ำวุ้นลูกตา ด้วยวิธี Ion

Selective Electrode (ISE) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอออนในน้ำวุ้นลูกตาศพมนุษย์ และเวลาตั้งแต่เสียชีวิต โดยผลการวิจัยของนางสาวภัทรฤทัย สุนทร ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ปริมาณของโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ไอออนในน้ำวุ้นลูกตา

ช่วงเวลาหลังการเสียชีวิต (ชั่วโมง)	โซเดียม (mmol/L)		โพแทสเซียม (mmol/L)		คลอไรด์ (mmol/L)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
0-2	146	33.67	4.7	3.40	124	28.04
2-4	150	25.83	5.0	1.56	125	33.46
4-6	120	25.96	6.3	1.10	97	16.70
6-8	119	25.28	7.2	0.99	91	20.38
8-10	113	18.50	8.5	1.34	87	19.39
10-12	109	22.99	9.4	3.58	87	16.73
12-14	90	20.50	7.4	2.54	82	4.24
>15	75	7.07	9.3	1.40	70	4.95

ที่มา: (ภัทรฤทัย สุนทร, 2557)

ผลการศึกษาวิจัย พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมไอออนมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปัจจัยด้านอายุและเพศของผู้ตายมีผลต่อปริมาณไอออนต่างๆ จากข้อมูลผลงานวิจัยนี้ของนางสาวภัทรฤทัย สุนทร (ภัทรฤทัย สุนทร, 2557) จึงขอใช้ข้อมูลปริมาณโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาและเวลาการเสียชีวิตในข้อมูลรายงานการวิจัย เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมกับเวลาตาย เพื่อให้ได้สมการรูปแบบใหม่ที่มีความสัมพันธ์ที่ดีและสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับประมาณเวลาการเสียชีวิตในศพมนุษย์ต่อไป

การศึกษาของนางสาวสัณห์ลักษณ์ ส้ารวย (สัณห์ลักษณ์ ส้ารวย, 2551) เรื่อง “การประมาณเวลาการเสียชีวิตของศพจากระดับโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ในเลือด” วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2551 โดยมีจุดประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ในเลือดที่ช่วงเวลาต่างๆ หลังจากเสียชีวิต สำหรับนำไปใช้ในการประมาณเวลาตายของศพ ขอบเขตของการวิจัยเป็นการศึกษาการประมาณเวลาการตายของศพจากระดับโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ในเลือด โดยเก็บตัวอย่างจากบุคลากรของโรงพยาบาลบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 30 ราย เพื่อศึกษาช่วงค่าปกติของอิเล็กโทรไลต์ในคน และเลือดที่เก็บจากหัวใจศพจากสถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ จำนวน 30 ราย ที่ทราบเวลาตายที่ชัดเจนและศพยังไม่ถูกแช่แข็ง โดยตัวอย่างที่มีความไม่สมดุลของปริมาณอิเล็กโทรไลต์ก่อนเสียชีวิตจะไม่นำมาใช้ในการศึกษา ผลการทดลองวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

พบว่าระยะเวลาเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสมการถดถอยเชิงเส้น $Y = 0.7717X + 19.697$ และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) = 0.424

รายงานผลการวิจัยของนางสาวสัญญาลักษณ์ สำรวย (สัญญาลักษณ์ สำรวย, 2551) ตรวจสอบวิเคราะห์ความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในเลือดของคนปกติ จำนวน 30 คน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเท่ากับ 4.14 ± 0.46 mmol/L แยกเป็นเพศหญิงจำนวน 16 คน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในเลือดเท่ากับ 4.13 ± 0.57 mmol/L และเพศชายจำนวน 14 คน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในเลือดเท่ากับ 4.15 ± 0.36 mmol/L

จากผลการศึกษาวิจัยของนางสาวสัญญาลักษณ์ สำรวย (สัญญาลักษณ์ สำรวย, 2551) สรุปว่ามีความสัมพันธ์กันที่เด่นชัดระหว่างความเข้มข้นของโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ในเลือดมนุษย์กับเวลาเสียชีวิต และมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าในการศึกษาของต่างประเทศ อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่ต่างกันและจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์น้อยเกินไป แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของค่าอิเล็กโทรไลต์ที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเสียชีวิต ซึ่งสามารถนำไปขยายผลต่อได้ แต่ต้องใช้ความระมัดระวังเรื่องสภาพแวดล้อมสาเหตุการเสียชีวิต และเครื่องมือวิธีที่ใช้ตรวจวิเคราะห์ มีข้อเสนอแนะในการวิจัยนี้ คือ **ควรมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลง เช่น อัตราการแตกของเม็ดเลือดแดง อุณหภูมิที่มีผลต่อระดับโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ในเลือดศพ ควรมีการศึกษวิจัยในกลุ่มอายุเพศ** เพื่อใช้ในการประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตที่แม่นยำ

จากข้อมูลผลงานวิจัยนี้ของนางสาวสัญญาลักษณ์ สำรวย (สัญญาลักษณ์ สำรวย, 2551) จึงขอใช้ข้อมูลปริมาณโพแทสเซียมในเลือดและเวลาการเสียชีวิตในข้อมูลรายงานการวิจัย เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมกับเวลาตาย เพื่อให้ได้สมการรูปแบบใหม่ที่มีความสัมพันธ์ที่ดีและสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตในศพมนุษย์ต่อไป

การเปลี่ยนแปลงกระบวนการเน่าสลายของร่างกายศพ

การศึกษากการประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนร่างกายรวมของศพของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) จากวารสารงานวิจัย เรื่อง “การประเมินเวลาตายในศพเน่าบริเวณภูมิภาคเขตร้อนจากสมการคะแนน” ในวารสารสมาคมแพทย์นิติเวชแห่งประเทศไทย ปีที่ 08 ฉบับที่ 02 กรกฎาคม - ธันวาคม 2557 หน้า 112-126 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำผลการศึกษานี้ไปใช้เป็นต้นแบบในการประเมินระยะเวลาการเสียชีวิตของศพเน่าในประเทศเขตร้อน วิธีการศึกษา คือ ใช้ข้อมูลลักษณะการเน่าที่พบในศพที่

เสียชีวิตจากเหตุธรณีพิบัติ จำนวน 818 ตัวอย่าง และแบ่งเป็นกลุ่มตามระยะเวลาหลังตายออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 48-72, 96-120, 120-144, 144-168 ชม. ตามลำดับ แล้วนำมาให้คะแนนตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของศพ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีของผิวหนัง บริเวณศีรษะ ลำตัว แขนขา การบวมอืดของศพ การเกิดตุ่มน้ำบริเวณผิวหนังและผิวหนังหลุดลอก การหลุดร่วงของเส้นผม การหลุดลอกของเนื้อเยื่อออกจากกระดูก และการพบหนองแมลง ดังตารางที่ 13 (กฤติน มีวุฒิสม & นิตกร โปริสวานิชย์, 2557) ผลรวมคะแนนนำมาใช้เป็นต้นแบบของเกณฑ์การประเมินช่วงเวลาภายหลังเสียชีวิต

ตารางที่ 13 รูปแบบของปัจจัยของกระบวนการเน่าแบบต่างๆ ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

คะแนน	คำอธิบาย
a คะแนนและการเปลี่ยนแปลงสีของผิวหนังส่วนศีรษะ (aH) ลำตัว (aT) และแขนขา (aL)	
1	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (None)
2	สีของผิวหนังออกสีชมพู (Pink)
3	ลักษณะเป็นลายหินอ่อน (Marbling)
4	สีของผิวหนังออกสีเขียว (Green)
5	สีของผิวหนังออกสีเขียวเข้ม (Green/Black)
6	สีของผิวหนังออกสีดำ และสภาพชื้น (Black and moist)
7	สีของผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีเทา และสภาพชื้น (Beyond black 1 (grey and moist))
8	สีของผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน และสภาพแห้ง (Beyond black 2 (light brown and dry))
b คะแนนและลักษณะการบวมอืดของศพ (Bloating)	
1	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (None)
2	เริ่มบวมอืด (Begin bloat)
3	บวมอืดเต็มที่ (Full bloat)
4	แฟบบางส่วน (Partial deflate)
5	แฟบสมบูรณ์ (Fully deflate)
c คะแนนและลักษณะการเกิดตุ่มน้ำและผิวหนังหลุดลอกและการให้คะแนนโดยเทียบกับพื้นที่ผิวหนังทั้งหมด	
1	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (None)
2	เกิดตุ่มน้ำเล็กน้อย (Minimal bleb)
3	เกิดตุ่มน้ำมากและผิวหนังหลุดลอกเล็กน้อย (More bleb, minimal slippage (<50%))
4	ผิวหนังหลุดลอกมาก 50-75% (Most slippage (50-75%))
5	ผิวหนังหลุดลอกเกือบทั้งหมด >75-100% (Nearly all slippage (>75-100%))
1	เส้นผมไม่หลุดร่วง (No)
2	เส้นผมหลุดร่วง (Hair loss)
e คะแนนและลักษณะของการหลุดลอกของเนื้อเยื่อออกจากกระดูก	
1	ไม่มีการหลุดลอกของเนื้อเยื่อ (No)

ตารางที่ 13 รูปแบบของปัจจัยของกระบวนการเน่าแบบต่างๆ ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

คะแนน	คำอธิบาย
2	เนื้อเยื่อหลุดลอกออกจากกระดูก เห็นกระดูกใบหน้า 25% (Facial bone 25%)
3	เนื้อเยื่อหลุดลอกออกจากกระดูก เห็นกระดูกใบหน้า 50% (Facial bone 50%)
4	เนื้อเยื่อหลุดลอกออกจากกระดูก เห็นกระดูกใบหน้า 75% (Facial bone 75%)
5	เนื้อเยื่อหลุดลอกออกจากกระดูก เห็นกระดูกใบหน้า 100% (Facial bone 100%)
6	เห็นเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง (Extremity - subcutaneous exposed)
7	เห็นกล้ามเนื้อและเส้นเอ็น (Extremity - muscle and tendon exposed)
8	เห็นเอ็นและเอ็นยึดเกาะ (Extremity - ligament and tenure structure preserved)
9	เห็นกระดูก (Extremity - bone exposed)
10	เห็นกระดูกทั้งหมด (Bare bone)
ลักษณะของ Insect activity	
1	ไม่พบแมลง (No)
2	พบแมลง (Yes)

ที่มา: รายงานวิจัยของ นพ.กฤติน และคณะ (กฤติน มีวุฒิสมา & นิตกร โปริสวาณิชย์, 2557)

สมการ Decomposition score (DS) คือ ผลรวมของปัจจัยของกระบวนการเน่า (a-e) ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดสมการดังนี้

$$DS = (aH) + (aT) + (aL) + b + c + d + e$$

เก็บบันทึกอุณหภูมิที่เกิดเหตุระหว่างวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 ถึง 1 มกราคม พ.ศ. 2548 มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24.7-31.6 องศาเซลเซียส ซึ่งมีรายละเอียดของอุณหภูมิในแต่ละวันดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 อุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 26 ธ.ค. พ.ศ. 2547 ถึง 1 ม.ค. พ.ศ. 2548

วันที่	เวลาทำการตรวจ (น.)								
	01.00	04.00	07.00	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00	เฉลี่ย
26/12/2547	25.5	25.0	24.7	28.5	31.0	31.8	29.5	28.0	28.0
27/12/2547	26.5	25.4	25.5	29.2	30.0	31.5	29.5	28.0	28.2
28/12/2547	26.5	25.2	25.2	29.5	30.7	31.1	28.5	27.7	28.0
29/12/2547	26.5	25.5	25.5	29.0	31.3	31.5	29.5	28.0	28.4
30/12/2547	26.5	25.5	25.2	28.7	31.2	29.5	28.0	28.1	27.8
31/12/2547	26.2	25.7	26.0	28.5	31.6	32.0	30.0	28.8	28.5
01/01/2548	27.3	27.0	26.3	30.0	30.5	29.4	27.2	27.0	28.1

ที่มา: รายงานวิจัยของ นพ.กฤติน และคณะ (กฤติน มีวุฒิสมา & นิตกร โปริสวาณิชย์, 2557)

จากข้อมูลการรายงานวิจัยของ นพ.กฤติน และคณะ (กฤติน มีวุฒิสม & นิตกร โปริสวาณิชย์, 2557) แบ่งกลุ่มตามระยะเวลาหลังการเสียชีวิตจากเวลาตั้งแต่เสียชีวิต (ตามเวลาเกิดเหตุ) จนถึงระยะเวลาที่ตรวจศพ แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ระยะเวลาหลังตาย 48-72 ชั่วโมง กลุ่มที่ 2 ระยะเวลาหลังตาย 96-120 ชั่วโมง กลุ่มที่ 3 ระยะเวลาหลังตาย 120-144 ชั่วโมง และกลุ่มที่ 4 ระยะเวลาหลังตาย 144-168 ชั่วโมง พบว่า กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 187 ราย มีค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (95% confidence interval, CI) เท่ากับ 22.20 ± 4.263 (21.58-22.81) กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 259 ราย มีค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 31.91 ± 1.153 (31.77-32.05) กลุ่มที่ 3 มีจำนวน 224 ราย มีค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 35.47 ± 1.451 (35.28-35.66) และกลุ่มที่ 4 มีจำนวน 148 ราย มีค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 37.19 ± 0.777 (37.06-37.32) ดังตารางที่ 15 ซึ่งผลรายงานการวิจัยไม่มีข้อมูลศพช่วงระยะเวลาการเสียชีวิตที่ 72-96 ชั่วโมง เนื่องจากมีการเปลี่ยนทีมแพทย์นิติเวชการตรวจชันสูตรศพ

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการเน่า (Decomposition score) ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

ช่วงระยะเวลาหลังตาย (ชั่วโมง)	จำนวน	Mean	SD	SE	95% confidence interval for mean	
					Lower bound	Upper bound
48-72	187	22.20	4.263	0.312	21.58	22.81
96-120	259	31.91	1.153	0.072	31.77	32.05
>120-144	224	35.47	1.451	0.097	35.28	35.66
>144-168	148	37.19	0.777	0.064	37.06	37.32

หมายเหตุ: SD = standard deviation, SE = standard error

ที่มา: (กฤติน มีวุฒิสม & นิตกร โปริสวาณิชย์, 2557)

ผลการศึกษารายงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิตกร โปริสวาณิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิตกร โปริสวาณิชย์, 2557) พบการเปลี่ยนแปลงสีของผิวหนังบริเวณศีรษะจะมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าผิวหนังบริเวณลำตัวและแขนขา โดยในช่วง 48-72 ชั่วโมง ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีของผิวหนังบริเวณลำตัว แขนขา จะเปลี่ยนแปลงช้าจนเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่หลากหลายรูปแบบ แต่หลังจาก 96 ชั่วโมงขึ้นไปจะเปลี่ยนแปลงอย่างคงที่จนกระทั่งเปลี่ยนแปลงเต็มที่ ซึ่งผลการศึกษาของงานวิจัยนี้พบว่าสอดคล้องกับข้อมูลของ DiMaio (DiMaio & DiMaio, 2001) และข้อมูลในประเทศไทย (ธวัชชัย วัฒนเขจร & อุดมศักดิ์ หุ่นวิจิตร, 2542; มาโนช โชคแจ่มใส, 2542)

การบวมอืดของศพเวลาหลังตาย 48-72 ชั่วโมง จะเริ่มพบศพบวมอืดไปจนถึงศพบวมอืดเต็มที่ และเมื่อเวลาหลังตายผ่านไป 96 ชั่วโมง ศพจะค่อยๆ ยุบตัวลงเป็นลำดับอย่างช้าๆ จนยุบเต็มตัวที่ ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับข้อมูลในประเทศไทย ส่วนผลการศึกษาในต่างประเทศจะมีระยะเวลาการบวมพองของศพนานและช้ากว่า (DiMaio & DiMaio, 2001; Galloway, 1997; Parks, 2011) ซึ่งน่าจะเกิดจากต่างประเทศมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าประเทศไทย

การเกิดตุ่มน้ำและการหลุดลอกของผิวหนังเวลาหลังตาย 48-72 ชั่วโมง จะเริ่มพบตุ่มน้ำบริเวณผิวหนังและเริ่มมีผิวหนังบางส่วนหลุดลอก เวลาหลังตายหลังตั้งแต่ 96 ชั่วโมง พบว่าผิวหนังจะหลุดลอกอย่างเห็นได้ชัด ผลการศึกษาสอดคล้องกับข้อมูลของต่างประเทศ (Clark, Worrell, & Pless, 1997; DiMaio & DiMaio, 2001; Parks, 2011) และข้อมูลภายในประเทศไทย (ธวัชชัย วัฒนเขจร & อุดมศักดิ์ หุ่นวิจิตร, 2542; มาโนช โชคแจ่มใส, 2542)

การหลุดร่วงของเส้นผม พบว่าเริ่มพบการหลุดร่วงของเส้นผมที่ระยะเวลาหลังเสียชีวิตตั้งแต่ 96-120 ชั่วโมงขึ้นไป ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Parks และ DiMaio (DiMaio & DiMaio, 2001; Parks, 2011) แต่หลายๆ การศึกษามักพบว่าเกิดที่ประมาณ 72 ชั่วโมง อาจเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ไม่มีตัวอย่างที่อยู่ในระยะเวลาหลังเสียชีวิตในช่วงระยะเวลาดังกล่าวมากนัก

นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) สรุปว่าการประเมินระยะเวลาหลังเสียชีวิตซึ่งอยู่ในบริเวณภูมิอากาศเขตร้อนอาจใช้ผลการศึกษาวิจัยชิ้นนี้ โดยดูจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆ และคะแนนการเน่าสลายของศพเป็นต้นแบบในการประมาณเวลาหลังการเสียชีวิต เพื่อใช้ประกอบในการประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิตร่วมกับวิธีการอื่นๆ แต่อาจมีความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากปัจจัยต่างๆ หากมีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้ดีขึ้นในอนาคต อาจทำให้ผลการศึกษาดีขึ้น

จากผลงานวิจัยนี้ของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) จึงขอใช้ข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อม คะแนนร่างกายรวม และเวลาการเสียชีวิตในข้อมูลรายงานการวิจัย เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของคะแนนร่างกายรวมกับเวลาตาย อุณหภูมิแวดล้อมกับเวลาตาย เพื่อให้ได้สมการรูปแบบใหม่ที่มีความสัมพันธ์ที่ดีและสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับประมาณเวลาการเสียชีวิตในศพมนุษย์ต่อไป

การทบทวนวรรณกรรม พบว่า การศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่นำมาใช้ในการประมาณเวลาการเสียชีวิต มีข้อจำกัดที่ส่งผลกระทบต่อการใช้ในการประมาณเวลาการเสียชีวิต ได้แก่ การลดลงของอุณหภูมิร่างกาย (Algor mortis) ซึ่งไม่สามารถใช้อุณหภูมิร่างกายศพเพื่อคำนวณเวลาเสียชีวิตได้ เนื่องจากไม่ทราบว่าผู้เสียชีวิตรายนั้นๆ ได้รับปัจจัยที่มีผลรบกวนการใช้อุณหภูมิคำนวณเวลาเสียชีวิต คือ กิจกรรมก่อนเสียชีวิต, โรค, สภาพลม, อุณหภูมิแวดล้อม, เสื้อผ้า, อุณหภูมิตอน

เสียชีวิต, และอัตราการลดของอุณหภูมิ การตกของเม็ดเลือดแดงตามแรงโน้มถ่วง (Livor mortis) ปัจจัยที่มีผลรบกวนการใช้ livor mortis คำนวณเวลาเสียชีวิต คือ โรคหัวใจวายระยะสุดท้าย และมีอาการหัวใจหยุดเต้นเป็นครั้งคราว และเสียเลือดออกกว้างกายมาก การแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (Rigor mortis) ปัจจัยที่มีผลรบกวนการใช้ rigor mortis คำนวณเวลาเสียชีวิต คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และระดับการทำงานของกล้ามเนื้อก่อนเสียชีวิต การเน่าสลายตัว (Decomposition) ปฏิกริยาทางเคมีจึงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ปัจจัยที่มีผลรบกวนการใช้การเปลี่ยนแปลงของร่างกายศพ คำนวณเวลาเสียชีวิต คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และความชื้นสิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อสถานะเร่งหรือชะลอการเปลี่ยนแปลงของร่างกายศพได้ การเจริญเติบโตของตัวหนอน (Insect activity) การสังเกตตัวแก่ที่สุดเป็นชนิดใดอาจจะช่วยบอกเวลาตายได้ อย่างไรก็ตามถ้าศพไม่มีแมลงวันตอมก็ไม่มีตัวหนอนให้พบได้ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีต่างๆ ของร่างกายหลังตาย (Chemical changes after death) ปัจจัยที่มีผลรบกวนการใช้การเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมี คำนวณเวลาตาย คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของสารนั้นหลังตาย, ปริมาณที่มีก่อนตาย รวมถึงสถานะอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้น

การศึกษาถึงรูปแบบและวิธีการที่นำมาใช้ประมาณเวลาการเสียชีวิต จึงเกิดงานวิจัยที่มีการเผยแพร่ทั้งในประเทศและต่างประเทศในหลายรูปแบบที่น่าสนใจ โดยเฉพาะปัจจัยทางด้านอุณหภูมิแวดล้อมที่ส่งผลต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารชีวเคมีในร่างกาย และการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเน่าสลายของศพที่แตกต่างกันไปตามอุณหภูมิท้องถิ่นหรือภูมิภาคและภูมิประเทศ ซึ่งส่งผลให้แพทย์นิติเวช นักนิติวิทยาศาสตร์ พนักงานสอบสวน ทนาย อัยการ และผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องสามารถที่จะนำข้อมูลดังกล่าวเหล่านี้เพื่อมาประยุกต์ใช้ในการสำหรับการระบุเวลาการเสียชีวิตต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษารูปแบบสมการสำหรับการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากปัจจัยอุณหภูมิต่อ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีและการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเน่าของศพ เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ขั้นตอนการวิจัยแบ่งเป็น 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 แบบจำลองสมการถดถอยสำหรับการประมาณเวลาการเสียชีวิต โดยใช้อุณหภูมิชั่วโมงสะสมและโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาและเลือด ตอนที่ 2 รูปแบบสมการสำหรับการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อและคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมของศพ ตอนที่ 3 รูปแบบสมการทำนายเพื่อประเมินเวลาการตายโดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพ และตอนที่ 4 เปรียบเทียบเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากการคำนวณคะแนนร่างกายรวม อุณหภูมิรายวัน และอุณหภูมิรายชั่วโมง กับเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน

ตอนที่ 1 แบบจำลองสมการถดถอยสำหรับการประเมินเวลาการเสียชีวิต โดยใช้อุณหภูมิสะสมและโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาและเลือด

การสืบค้นระบบข้อมูลทุติยภูมิจากรายงานวิจัยที่เผยแพร่ตีพิมพ์ เล่มรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ที่เผยแพร่ตีพิมพ์ กรณีศึกษาหรือบทความวิจัยที่เผยแพร่ตีพิมพ์ และงานอื่นๆ ที่มีการเผยแพร่ในประเทศไทย โดยมีการรายงานรายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิต่อ ระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาและเลือดจากสัตว์ทดลองและศพมนุษย์ และเวลาการเสียชีวิต เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์เส้นแนวโน้มจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงกับระยะเวลาการเสียชีวิต ณ เวลาที่ทำการศึกษาร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อที่มีอยู่ในรายงานวิจัย และ/หรือ ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิต่อหลังจากการมอดูนิยมนิเวศวิทยา โดยใช้รูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตากับเวลาการเสียชีวิตของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015)

การสืบค้นฐานข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี คำสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อระดับโพแทสเซียมและเวลาการเสียชีวิตของศพจากเอกสารต่างๆ ที่เผยแพร่ตีพิมพ์ในวารสารลักษณะที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยนี้ พบข้อมูลจำนวน 3 งานวิจัยในประเทศไทยมีการเผยแพร่ตีพิมพ์ คือ 1) รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของ ดร.พญ.ปานใจ โวหารดี (ปานใจ โวหารดี, 2562) ที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2560 เรื่อง การตรวจวัดปริมาณโลหะหนักหลายชนิดในน้ำวุ้นลูกตาเพื่อใช้ในการประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิต 2) งานวิจัยของนางสาวภัทรฤทัย สุนทร (ภัทรฤทัย สุนทร, 2557) วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศา

ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2557 เรื่อง การประมาณเวลาเสียชีวิตของศพจากระดับอิเล็กโตรไลต์จากน้ำวุ้นลูกตา และ 3) งานวิจัยของนางสาวสัญญาลักษณ์ สำรวย (สัญญาลักษณ์ สำรวย, 2551) วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2551 เรื่อง การประมาณเวลาการเสียชีวิตของศพจากระดับโซเดียม โปแทสเซียม และคลอไรด์ในเลือด

โดยนำข้อมูลทุติยภูมิจาก 3 บทความที่เผยแพร่ตีพิมพ์ในประเทศไทยนี้มาวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ ซึ่งข้อมูลในบทความวิจัยประกอบด้วย รายงานเวลาและวันที่ตาย อุณหภูมิแวดล้อม และระดับโปแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาและเลือด

เก็บข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อม

เก็บและขอข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อม สูง-ต่ำ ย้อนหลังในแต่ละพื้นที่และแต่ละภูมิภาคของงานวิจัยจากรายงานของกรมอุตุนิยมวิทยา และ/หรือ www.accuweather.com เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นอุณหภูมิสะสมรายวันและอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงเปรียบเทียบกับข้อมูลอุณหภูมิที่ได้ในรายงานวิจัย และเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิแวดล้อมในแต่ละภูมิภาค

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ระดับโปแทสเซียม และเวลาการเสียชีวิต ในน้ำวุ้นลูกตาซากหมู

จากรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างระดับโปแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตากับเวลาการเสียชีวิตของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015) ข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อม ระดับโปแทสเซียม และเวลาการตายงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ โวหารดี (ปานใจ โวหารดี, 2562) นำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับโปแทสเซียมกับเวลาการตาย และความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับเวลาการตาย

จากข้อมูลงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ โวหารดี (ปานใจ โวหารดี, 2562) นำระยะเวลาภายหลังเสียชีวิต ระดับความเข้มข้นของโปแทสเซียมไอออนที่เปลี่ยนหน่วยเป็น mmol/L และอุณหภูมิแวดล้อมนำไปคำนวณเป็นอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง ดังตารางที่ 16 เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบสมการความสัมพันธ์ที่จะนำไปใช้เพื่อประมาณเวลาการตายต่อไป

ตารางที่ 16 ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาซากหมูกับเวลาการเสียชีวิต และอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง

ระยะเวลาภายหลังการเสียชีวิต (ชั่วโมง)	ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน (mmol/L)	อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ชั่วโมง)
0	0.49±0.05	0.00
1	0.67±0.11	6.60
3	0.77±0.08	19.80
6	1.08±0.07	39.60
12	1.26±0.16	79.20
24	1.62±0.13	158.40
36	1.69±0.18	237.60
48	1.75±0.23	316.80

ที่มา: ข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อม ระดับโพแทสเซียม และเวลาการตายงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ โวหารดี (ปานใจ โวหารดี, 2562)

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาศพมนุษย์และเวลาการตาย

จากรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตากับเวลาการเสียชีวิตของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015) ข้อมูลระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นศพและเวลาการตายงานวิจัยของ นางสาวภัทรฤทัย สุนทร (ภัทรฤทัย สุนทร, 2557) นำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับโพแทสเซียมกับเวลาการตาย

จากข้อมูลงานวิจัยของ นางสาวภัทรฤทัย สุนทร (ภัทรฤทัย สุนทร, 2557) นำระยะเวลาภายหลังเสียชีวิต ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน ดังตารางที่ 17 เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบสมการความสัมพันธ์ที่จะนำไปใช้เพื่อประมาณเวลาการตายต่อไป

ตารางที่ 17 ปริมาณของระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตากับช่วงเวลาภายหลังการเสียชีวิต

ช่วงเวลาภายหลังการเสียชีวิต (ชั่วโมง)	โพแทสเซียมไอออน (mmol/L)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0-2	4.7	3.40
2-4	5.0	1.56
4-6	6.3	1.10
6-8	7.2	0.99
8-10	8.5	1.34
10-12	9.4	3.58
12-14	7.4	2.54
>15	9.3	1.40

ที่มา: ข้อมูลระดับโพแทสเซียม และเวลาการตายงานวิจัยของนางสาวภัทรฤทัย สุนทร (ภัทรฤทัย สุนทร, 2557)

วิเคราะห์ระดับโพแทสเซียมไอออนในเลือดศพมนุษย์และเวลาการตาย

จากรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างระดับโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตากับเวลาการเสียชีวิตของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015) ข้อมูลระดับโพแทสเซียมไอออนในเลือดศพและเวลาการตายงานวิจัยของนางสาวสัณห์ลักษณ์ ส้ารวย (สัณห์ลักษณ์ ส้ารวย, 2551) ตารางที่ 18 นำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับโพแทสเซียมกับเวลาการตาย สร้างรูปแบบสมการความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพเนนเชียลของระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมกับระยะเวลาภายหลังการเสียชีวิต

ตารางที่ 18 ความเข้มข้นโพแทสเซียมในเลือดและเวลาการเสียชีวิต

ช่วงเวลาภายหลังการเสียชีวิต (ชั่วโมง)	โพแทสเซียมไอออน (mmol/L)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2	2.50	0.00
4	23.25	8.56
6	19.83	8.79
8	22.27	4.31
10	22.80	0.00
12	16.00	0.00
14	36.20	11.89
18	40.35	8.29
20	34.50	0.00

ตารางที่ 18 ความเข้มข้นโพแทสเซียมในเลือดและเวลาการเสียชีวิต (ต่อ)

ช่วงเวลาภายหลังการเสียชีวิต (ชั่วโมง)	โพแทสเซียมไอออน (mmol/L)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
22	43.13	9.12
24	36.40	0.00
26	38.70	0.00
28	26.00	0.00
34	39.60	0.00
52	50.00	0.00

ที่มา: ข้อมูลระดับโพแทสเซียม และเวลาการตายงานวิจัยของนางสาวสัณห์ลักษณ์ สำรวย (สัณห์ลักษณ์ สำรวย, 2551)

ตอนที่ 2 รูปแบบสมการสำหรับการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แวดล้อมและคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมศพ

สืบค้นระบบข้อมูลทุติยภูมิจากรายงานวิจัยที่เผยแพร่ตีพิมพ์ เล่มรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ที่เผยแพร่ตีพิมพ์ กรณีศึกษาหรือวารสารบทความวิจัยที่เผยแพร่ตีพิมพ์ และงานอื่นๆ ที่มีการเผยแพร่ในประเทศไทย โดยมีการรายงานรายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงการเน่าของศพ ช่วงเวลาการเสียชีวิต และภูมิอากาศเขตร้อน เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์แนวโน้มจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงของศพกับระยะเวลาการเสียชีวิต ณ เวลาที่ทำการศึกษาร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมที่มีอยู่ในรายงานวิจัย และ/หรือ เก็บและขอความอนุเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมีย้อนหลังจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยใช้รูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างคะแนนการเน่าสลายของศพกับเวลาการเสียชีวิตของ Megyesi และคณะ (Megyesi et al., 2005) รูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิตะสมกับเวลาการเสียชีวิต และรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิตะสมกับคะแนนการเน่าสลายของศพของ Gelderman และคณะ (Gelderman et al., 2018)

การสืบค้นฐานข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี คำสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงการเน่าของศพ ช่วงเวลาการเสียชีวิต และภูมิอากาศเขตร้อนของศพจากเอกสารต่างๆ ที่เผยแพร่ตีพิมพ์ในวารสารลักษณะที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยนี้ พบข้อมูลจำนวน 1 งานวิจัยในประเทศไทยมีการเผยแพร่ตีพิมพ์ คือ วารสารสมาคมแพทย์นิติเวชแห่งประเทศไทย ปีที่ 08 ฉบับที่ 01 กรกฎาคม - ธันวาคม 2557 เรื่อง การประเมินเวลาตายในศพเน่าบริเวณภูมิอากาศเขตร้อนจากสมการคะแนนของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557)

โดยนำข้อมูลเหตุยุงมีมาจากวารสารที่เผยแพร่ตีพิมพ์ในประเทศไทยนี้มาวิเคราะห์รูปแบบสมการความสัมพันธ์ใหม่ ซึ่งข้อมูลในบทความวิจัยประกอบด้วย เวลาการเสียชีวิต อุณหภูมิแวดล้อม และคะแนนการเปลี่ยนแปลงของศพ

เก็บข้อมูลอุณหภูมิของจังหวัดภูเก็ต

เก็บข้อมูลอุณหภูมิจังหวัดภูเก็ต ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 ถึงมกราคม พ.ศ. 2548 ตามวันเวลาที่เกิดเหตุ โดยขอความอนุเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังจากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับการศึกษาการประเมินเวลาตายในศพเน่าบริเวณภูมิอากาศเขตร้อนจากสมการคะแนนของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) ซึ่งได้รายงานอุณหภูมิช่วงวันเกิดเหตุและวันที่ตรวจชันสูตรศพ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิที่รายงานเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่มีการศึกษาวิจัยของงานวิจัยที่อ้างอิง

หาสมการความสัมพันธ์คะแนนร่างกายรวมของศพกับช่วงเวลาการเสียชีวิต

จากรูปแบบการศึกษาระหว่างคะแนนการเน่าสลายของศพกับเวลาการเสียชีวิตของ Megyesi และคณะ (Megyesi et al., 2005) ข้อมูลคะแนนการเปลี่ยนแปลงของศพและระยะเวลาการเสียชีวิตตายวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงของศพกับระยะเวลาการเสียชีวิต เพื่อให้ได้รูปแบบสมการสำหรับการประมาณเวลาการเสียชีวิต และนำไปประยุกต์ใช้ในตอนที่ 3 โดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพจากรายงานผลการชันสูตรพลิกศพของแพทย์นิติเวช

หาสมการเวลาการเสียชีวิตกับคะแนนร่างกายรวมของศพและอุณหภูมิสะสม

จากรูปแบบการศึกษาระหว่างอุณหภูมิสะสมกับเวลาการเสียชีวิต และรูปแบบการศึกษาระหว่างอุณหภูมิสะสมกับคะแนนการเน่าสลายของศพของ Gelderman และคณะ (Gelderman et al., 2018) ข้อมูลคะแนนการเปลี่ยนแปลงของศพและอุณหภูมิแวดล้อมงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงของศพกับอุณหภูมิแวดล้อม เพื่อให้ได้รูปแบบสมการสำหรับการประมาณเวลาการเสียชีวิต และนำไปประยุกต์ใช้ในตอนที่ 3 โดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพจากรายงานผลการชันสูตรพลิกศพของแพทย์นิติเวช

ตอนที่ 3 รูปแบบสมการทำนายเพื่อประเมินช่วงเวลาหลังการตายโดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพ

สมการที่ได้จากรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างคะแนนการเน่าสลายของศพกับเวลาการเสียชีวิตของ Megyesi และคณะ (Megyesi et al., 2005) ข้อมูลคะแนนการเปลี่ยนแปลงของศพและระยะเวลาการเสียชีวิตงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) และสมการที่ได้จากรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิสะสมกับเวลาการเสียชีวิต และรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิสะสมกับคะแนนการเน่าสลายของศพของ Gelderman และคณะ (Gelderman et al., 2018) ข้อมูลคะแนนการเปลี่ยนแปลงของศพและอุณหภูมิแวดล้อมงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) โดยมีคะแนนการประเมินการเปลี่ยนแปลงของร่างกายรวมของศพทั้งหมด 48 คะแนน นำมาใช้เป็นเกณฑ์การให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายศพในรายงานผลการตรวจชันสูตรพลิกศพทางด้านนิติเวชศาสตร์ของนายแพทย์กำพล เครือคำขาว แพทย์นิติเวช โรงพยาบาลศูนย์ลำปาง และรายงานผลการตรวจชันสูตรพลิกศพของนายแพทย์วิระชัย สมัย อาจารย์ประจำหน่วยนิติเวชศาสตร์และพิษวิทยา สาขาวิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์กรอกข้อมูลผลการผ่าชันสูตรพลิกศพ

การเก็บข้อมูลอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลง

การเก็บข้อมูลอุณหภูมิจังหวัดลำปาง ช่วงเดือนมิถุนายน ถึง กันยายน พ.ศ. 2563 จากการเก็บ และ/หรือ ขอความอนุเคราะห์ของกรมอุตุนิยมวิทยาและ/หรือ www.accuweather.com ย้อนหลัง เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นอุณหภูมิสะสมรายวันและอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง และนำมาใช้หาเวลาการเสียชีวิตจากความสัมพันธ์อุณหภูมิสะสมและคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมของศพ

การเก็บข้อมูลจากรายงานการชันสูตรพลิกศพ

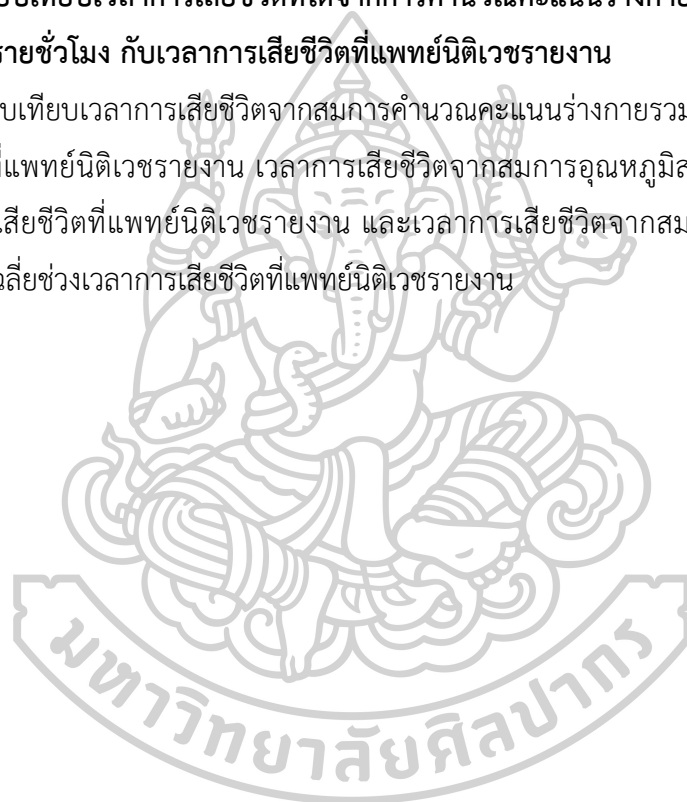
การป้องกันการเข้าถึงข้อมูลส่วนบุคคลที่มาของศพและเอกสารทางกฎหมายต่างๆ ผู้วิจัยได้สร้างแบบฟอร์มการกรอกข้อมูลในรูปแบบไฟล์ตารางบันทึกข้อมูลเพื่อส่งไปให้แพทย์นิติเวชเจ้าของรายงานผลการผ่าชันสูตรพลิกศพให้ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของร่างกายศพ โดยระบุข้อมูลที่ต้องให้กรอก ได้แก่ วันเวลาที่เกิดเหตุ วันเวลาที่ตรวจศพ สถานที่พบศพ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของศพหลังเสียชีวิต และค่าช่วงเวลาประมาณเวลาการเสียชีวิตของแพทย์นิติเวช โดยใช้เกณฑ์คะแนนการเปลี่ยนแปลงของร่างกายรวมของศพทั้งหมด 48 คะแนน จากงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม GraphPad Prism 6 version 6.01 (GraphPad Software Inc. La Jolla, CA. USA) ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน กราฟเส้น กราฟแท่ง และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างระดับโพแทสเซียม อุณหภูมิสะสมรายวันและ/หรืออุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง และช่วงเวลาการเสียชีวิต ในรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้นและสมการเอกซ์โพเนนเชียล สำหรับใช้คำนวณเวลาการเสียชีวิต

ตอนที่ 4 เปรียบเทียบเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากการคำนวณคะแนนร่างกายรวม อุณหภูมิรายวัน และอุณหภูมิรายชั่วโมง กับเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน

เปรียบเทียบเวลาการเสียชีวิตจากสมการคำนวณคะแนนร่างกายรวมศพกับค่าเฉลี่ยช่วงเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน เวลาการเสียชีวิตจากสมการอุณหภูมิสะสมรายวันกับค่าเฉลี่ยช่วงเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน และเวลาการเสียชีวิตจากสมการอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับค่าเฉลี่ยช่วงเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน



บทที่ 4

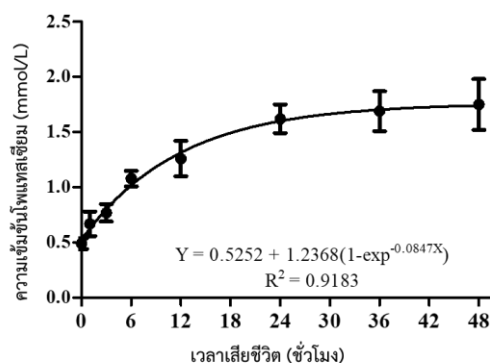
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์

การศึกษาปัจจัยอุณหภูมิต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีและการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเน่าของศพ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดขั้นตอนการวิจัยแบ่งเป็น 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 แบบจำลองสมการถดถอยสำหรับการประมาณเวลาการตาย โดยใช้อุณหภูมิสะสมและโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาและเลือด ตอนที่ 2 รูปแบบสมการสำหรับการประเมินเวลาการตายจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อมต่อคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวม ตอนที่ 3 รูปแบบสมการทำนายเพื่อประเมินเวลาการตายโดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพ และตอนที่ 4 เปรียบเทียบเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากการคำนวณคะแนนร่างกายรวม อุณหภูมิรายวัน และอุณหภูมिरายชั่วโมง กับเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน

ตอนที่ 1 แบบจำลองสมการถดถอยสำหรับการประมาณเวลาการเสียชีวิต โดยใช้อุณหภูมิสะสมและโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาและเลือด

ผลการตรวจวิเคราะห์ระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาของซากหมู

จากรูปแบบการศึกษาวิจัยหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตากับเวลาการเสียชีวิตของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015) และนำข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อม ระดับโพแทสเซียม และเวลาการตายงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ ไหวหารดี (ปานใจ ไหวหารดี, 2562) จากการทบทวนวรรณกรรม เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับโพแทสเซียมกับเวลาการตาย โดยเปลี่ยนหน่วยความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนให้เป็นหน่วยสากล (International unit, SI) จากหน่วย part per billion (ppb) เป็น millimole per liter (mmol/L) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับโพแทสเซียมดังกล่าว สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับโพแทสเซียมไอออนกับระยะเวลาการเสียชีวิต ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพเนนเชียลระหว่างระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาซากสุกรกับเวลาการเสียชีวิต

ที่มา: ความเข้มข้นโพแทสเซียมและเวลาการเสียชีวิตจากข้อมูลงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ ไวหารดี

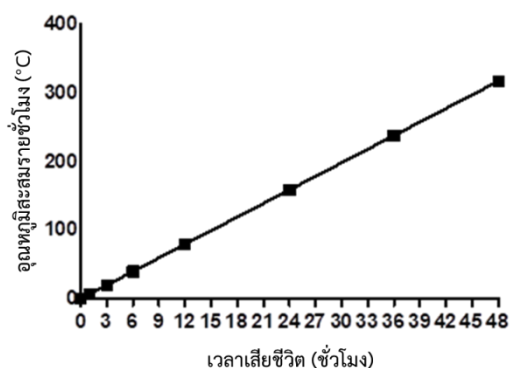
จากภาพที่ 9 กราฟความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพเนนเชียลของระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาซากหมูและระยะเวลาการเสียชีวิต จากข้อมูลงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ ไวหารดี สามารถใช้รูปแบบสมการนี้ได้เมื่อรู้ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาเพียงจากสมการเส้นโค้งเพื่อหาเวลาการเสียชีวิต มีข้อควรระวังในการใช้เนื่องจากรูปแบบสมการนี้มาจากระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาสุกร ซึ่งมีระดับโพแทสเซียมไอออนต่ำกว่าที่พบในมนุษย์ ดังสมการ

$$Y = 0.5252 + 1.2368(1 - \exp^{-0.0847X}), R^2 = 0.9183 \quad \text{----- (1)}$$

เมื่อ Y = ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน หน่วยเป็น mmol/L

X = เวลาเสียชีวิต หน่วยเป็น ชั่วโมง

จากรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตากับเวลาการเสียชีวิตของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015) ข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อมและเวลาการตายของ ดร.พญ.ปานใจ ไวหารดี (ปานใจ ไวหารดี, 2562) นำมาวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับเวลาการตาย โดยนำค่าอุณหภูมิจากข้อมูลงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ ไวหารดี มาคิดเป็นอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง เปรียบเทียบกับเวลาการตายจากข้อมูลงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ ไวหารดี จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าว สร้างรูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับเวลาการตาย ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับช่วงระยะเวลาการเสียชีวิต

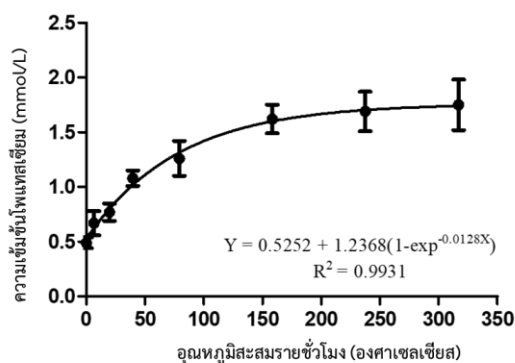
ที่มา: อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและเวลาการเสียชีวิตจากข้อมูลงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ โวหารดี

จากภาพที่ 10 ข้อมูลอุณหภูมิขณะทำการศึกษาวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ โวหารดี นำไปคิดเป็นอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับเวลาการเสียชีวิตจากงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ โวหารดี สร้างกราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับระยะเวลาการเสียชีวิต สามารถใช้รูปแบบสมการนี้ได้เมื่อรู้อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงเทียบจากสมการเชิงเส้นเพื่อหาเวลาการเสียชีวิต มีข้อควรระวังในการใช้เนื่องจากรูปแบบสมการนี้มาจากอุณหภูมิเฉพาะพื้นที่เท่านั้น อาจมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ดังสมการ

$$Y = 6.6000X, R^2 = 1.0000 \quad \text{-----} \quad (2)$$

เมื่อ $Y =$ อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง หน่วยเป็น องศาเซลเซียส
 $X =$ เวลาเสียชีวิต หน่วยเป็น ชั่วโมง

จากรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างระดับโพแทสเซียมในน้ำอุ่นลูกตากับเวลาการเสียชีวิตของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015) ข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อมและระดับโพแทสเซียมงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ โวหารดี (ปานใจ โวหารดี, 2562) นำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับระดับโพแทสเซียมไอออน โดยนำค่าอุณหภูมิมาคิดเป็นอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงและเวลาการตายจากข้อมูลงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ โวหารดี จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวข้างต้นสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับเวลาการตาย ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนกับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง
ที่มา: อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนจากข้อมูลงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ ไหวหารดี

จากภาพที่ 11 ข้อมูลอุณหภูมิขณะทำงานศึกษาวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ ไหวหารดี นำไปคิดเป็นอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงและความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนของ ดร.พญ.ปานใจ ไหวหารดี สร้างกราฟความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนกับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงสามารถใช้รูปแบบสมการนี้เมื่อรู้อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงเพื่อคำนวณหาระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน ดังสมการเส้นโค้ง

$$Y = 0.5252 + 1.2368(1 - \exp^{-0.01283X}), R^2 = 0.9931 \quad \text{----- (3)}$$

เมื่อ Y = ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน หน่วยเป็น mmol/L

X = อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง หน่วยเป็น องศาเซลเซียส

ดังนั้น สรุปสมการสำหรับประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตจากระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนและอุณหภูมิรายชั่วโมงสะสมที่ได้จากข้อมูลงานวิจัยของ ดร.พญ.ปานใจ ไหวหารดี ได้สมการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ 3 สมการ เพื่อเปรียบเทียบกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมที่พบในศพมนุษย์ ดังตารางที่ 19

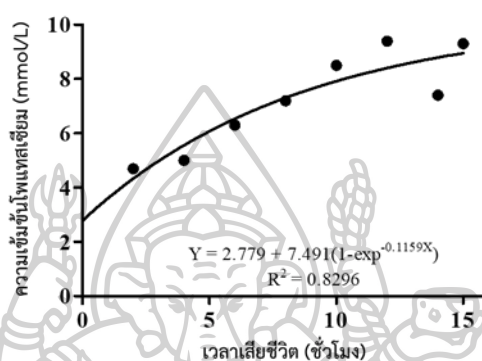
ตารางที่ 19 สมการสำหรับประเมินระยะเวลาการเสียชีวิตจากความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนและอุณหภูมิรายชั่วโมงสะสม

ความสัมพันธ์	สมการ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)
PMI (แกน X) - K^+ (แกน Y)	$Y = 0.5252 + 1.2368(1 - \exp^{-0.0847X})$	0.9182
PMI (แกน X) - ADH (แกน Y)	$Y = 6.6000X$	1.0000
ADH (แกน X) - K^+ (แกน Y)	$Y = 0.5252 + 1.2368(1 - \exp^{-0.0128X})$	0.9931

PMI = Postmortem interval, K^+ = Potassium ion, ADH = Accumulated degree hour

ผลการตรวจวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาของศพมนุษย์

จากรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างระดับโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตากับเวลาการเสียชีวิตของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015) ข้อมูลระดับโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาศพ และเวลาการตายงานวิจัยของ นางสาวภัทรฤทัย สุนทร (ภัทรฤทัย สุนทร, 2557) นำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับโพแทสเซียมไอออนกับเวลาการตาย จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวข้างต้นสร้างรูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับโพแทสเซียมกับเวลาการตาย ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 8 ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาของศพกับเวลาการเสียชีวิต

ที่มา: ความเข้มข้นโพแทสเซียมและเวลาการเสียชีวิตจากข้อมูลงานวิจัยของ นางสาวภัทรฤทัย สุนทร

จากภาพที่ 12 ข้อมูลความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตากับระยะเวลาการเสียชีวิตของ นางสาวภัทรฤทัย สุนทร สร้างกราฟความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพเนนเชียลของระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาศพมนุษย์กับระยะเวลาการเสียชีวิต ได้สมการเส้นโค้งที่สามารถนำไปใช้ประมาณเวลาการเสียชีวิตได้เมื่อรู้ความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาศพ ดังสมการ

$$Y = 2.779 + 7.491(1 - \exp^{-0.1159X}) \quad \text{----- (4)}$$

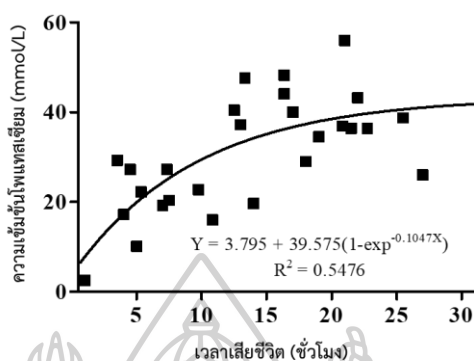
เมื่อ Y = ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน หน่วยเป็น mmol/L

X = เวลาเสียชีวิต หน่วยเป็น ชั่วโมง

ผลการตรวจวิเคราะห์ระดับโพแทสเซียมไอออนในเลือดของมนุษย์

จากรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตากับเวลาการเสียชีวิตของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015) ข้อมูลระดับโพแทสเซียมในเลือดศพและเวลาการตายงานวิจัยของ

นางสาวสัญญาลักษณ์ สำรวย (สัญญาลักษณ์ สำรวย, 2551) นำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับโพแทสเซียมไอออนกับเวลาการตาย จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวข้างต้น สร้างรูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับโพแทสเซียมกับเวลาการตาย ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 9 ระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในเลือดของศพกับเวลาการเสียชีวิต

ที่มา: ความเข้มข้นโพแทสเซียมและเวลาการเสียชีวิตจากข้อมูลงานวิจัยของ นางสาวสัญญาลักษณ์ สำรวย

จากภาพที่ 13 ข้อมูลความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในเลือดกับระยะเวลาการเสียชีวิตของนางสาวสัญญาลักษณ์ สำรวย สร้างกราฟความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพเนนเชียลของระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนในเลือดและระยะเวลาการเสียชีวิต ได้สมการเส้นโค้งที่สามารถนำไปใช้ประมาณเวลาการเสียชีวิตได้เมื่อรู้ความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมในเลือดศพ ดังสมการ

$$Y = 3.795 + 39.575(1 - \exp^{-0.1047X}), R^2 = 0.5476 \quad \text{----- (5)}$$

เมื่อ Y = ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน หน่วยเป็น mmol/L

X = เวลาเสียชีวิต หน่วยเป็น ชั่วโมง

การรายงานผลการวิจัยของนางสาวสัญญาลักษณ์ สำรวย (สัญญาลักษณ์ สำรวย, 2551) พบว่าระยะเวลาเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และได้สมการถดถอยเชิงเส้น คือ $Y = 0.7717X + 19.697$, $R^2 = 0.424$ เมื่อ Y = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน และ X = เวลาการเสียชีวิต เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า ข้อมูลความเข้มข้นโพแทสเซียมและเวลาการเสียชีวิตจากข้อมูลงานวิจัยของนางสาวสัญญาลักษณ์ สำรวย เมื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์แบบเส้นโค้งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ดีกว่าที่ได้จากสมการเส้นตรง

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออนและระยะเวลาการเสียชีวิตใหม่ของทั้ง 3 ผลงานวิจัย มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมไอออนช่วงแรกที่มีลักษณะเพิ่มสูงขึ้นและค่อยลดชันลงเมื่อเวลาการเสียชีวิตนานขึ้น ซึ่งเหมือนกับลักษณะรูปแบบการศึกษาของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015) รูปแบบสมการที่คำนวณจากอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงควรทำการศึกษาเฉพาะในแต่ละพื้นที่ตามภูมิภาคและฤดูกาล เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้การคำนวณระดับโพแทสเซียมไอออนและระยะเวลาการเสียชีวิตไม่เที่ยงตรงและแม่นยำ และการใช้รูปแบบสมการที่มาจากโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาสุกรกับศพมนุษย์ อาจทำให้ได้เวลาการเสียชีวิตที่สูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาสุกรที่เวลาการตายที่ 0 ชั่วโมง มีค่าต่ำกว่าระดับโพแทสเซียมที่อยู่ในน้ำวุ้นลูกและเลือดมนุษย์

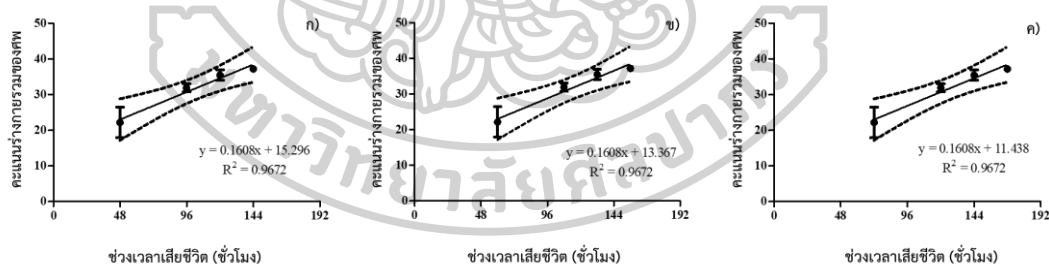
ตอนที่ 2 รูปแบบสมการสำหรับการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แวดล้อมและคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวม

จากรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างคะแนนการเน่าสลายของศพกับเวลาการเสียชีวิตของ Megyesi และคณะ (Megyesi et al., 2005) รูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิสะสมกับเวลาการเสียชีวิต และรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิสะสมกับคะแนนการเน่าสลายของศพของ Gelderman และคณะ (Gelderman et al., 2018) ข้อมูลและอุณหภูมิแวดล้อม คะแนนการเปลี่ยนแปลงของศพ และระยะเวลาการเสียชีวิตงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงของศพกับระยะเวลาการเสียชีวิต และนำรูปแบบสมการไปประยุกต์ใช้ในตอนที่ 3 โดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพจากรายงานผลการชันสูตรพลิกศพของแพทย์นิติเวช

ข้อมูลการรายงานผลการวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) แบ่งกลุ่มตามระยะเวลาหลังการเสียชีวิตจากเวลาตั้งแต่เสียชีวิต (ตามเวลาเกิดเหตุ) จนถึงระยะเวลาที่ตรวจศพ แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ระยะเวลาหลังตาย 48-72 ชั่วโมง กลุ่มที่ 2 ระยะเวลาหลังตาย 96-120 ชั่วโมง กลุ่มที่ 3 ระยะเวลาหลังตาย 120-144 ชั่วโมง และกลุ่มที่ 4 ระยะเวลาหลังตาย 144-168 ชั่วโมง พบว่า กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 187 ราย มีค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (95% confidence interval, CI) เท่ากับ 22.20 ± 4.263 (21.58-22.81) กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 259 ราย มีค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 31.91 ± 1.153 (31.77-32.05) กลุ่มที่ 3 มีจำนวน 224 ราย มีค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 35.47 ± 37.19 (35.28-35.66) และกลุ่มที่ 4 มีจำนวน 148 ราย มีค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 37.19 ± 0.777

(37.06-37.32) ซึ่งผลรายงานการวิจัยไม่มีข้อมูลศพช่วงระยะเวลาการเสียชีวิตที่ 72-96 ชั่วโมง เนื่องจากมีการเปลี่ยนทีมแพทย์นิติเวชการตรวจชันสูตรศพ ดังกล่าวในการทบทวนวรรณกรรม

เมื่อนำข้อมูลช่วงเวลาเสียชีวิตและค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน งานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวาณิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวาณิชย์, 2557) โดยแบ่งเป็นช่วงขอบต่ำ กลาง และสูง ของช่วงเวลาการตายกลุ่มต่างๆ แต่ละกลุ่มตัวอย่างมีช่วงเวลากว้างจึงนำข้อมูลมาทดสอบเปรียบเทียบเวลาการเสียชีวิตกับคะแนนร่างกายรวม พร้อมกับช่วงระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 (95% confident interval, CI) พบว่าที่เวลาการเสียชีวิตช่วงต่ำของกลุ่มตัวอย่างได้สมการเชิงเส้น สัมประสิทธิ์การกำหนด (95% CI) คือ $Y = 0.1608X + 15.296$, $R^2 = 0.9672$, (95% CI = 5.575-25.02) เมื่อ $Y =$ คะแนนร่างกายรวมของศพ และ $X =$ ช่วงเวลาเสียชีวิต เวลาการเสียชีวิตช่วงกลางของกลุ่มตัวอย่างได้สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนด (95% CI) คือ $Y = 0.1608X + 13.367$, $R^2 = 0.9672$, (95% CI = 2.620-24.11) เมื่อ $Y =$ คะแนนร่างกายรวมของศพ และ $X =$ ช่วงเวลาเสียชีวิต และเวลาการเสียชีวิตช่วงสูงของกลุ่มตัวอย่างได้สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนด (95% CI) คือ $Y = 0.1608X + 11.438$, $R^2 = 0.9672$, (95% CI = -0.3445-23.22) เมื่อ $Y =$ คะแนนร่างกายรวมของศพ และ $X =$ ช่วงเวลาเสียชีวิต โดยเปรียบเทียบตามรูปแบบงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวาณิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวาณิชย์, 2557) ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการเน่าของกลุ่มตัวอย่างในบททบทวนวรรณกรรม หน้า 65 ได้สมการเชิงเส้นดังภาพที่ 14



ภาพที่ 10 สมการเชิงเส้นคะแนนร่างกายรวมกับช่วงเวลาหลังเสียชีวิตช่วงต่ำ กลาง และสูง

ก) เวลาการเสียชีวิตช่วงต่ำของกลุ่มตัวอย่าง ข) เวลาการเสียชีวิตช่วงกลางของกลุ่มตัวอย่าง ค) เวลาการเสียชีวิตช่วงสูงของกลุ่มตัวอย่าง

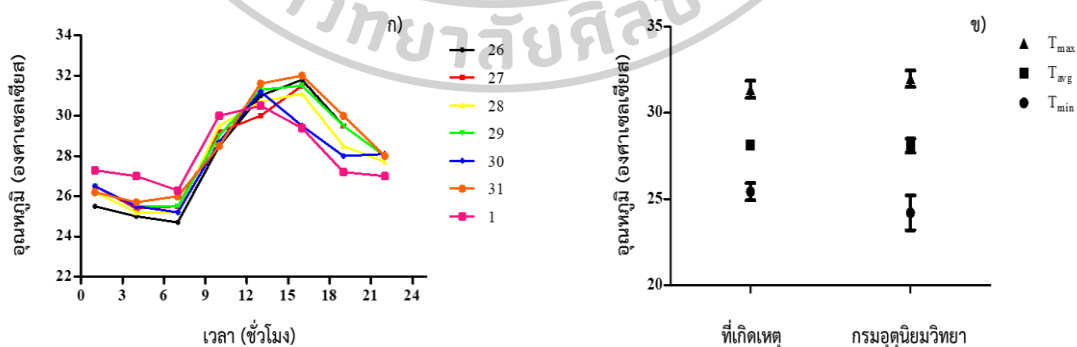
ที่มา: ช่วงเวลาหลังตาย ค่าเฉลี่ยและช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากข้อมูลงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวาณิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวาณิชย์, 2557)

ผลการประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายศพกับ อุณหภูมิแวดล้อมสะสม

จากรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างคะแนนการเน่าสลายของศพกับระยะเวลาการเสียชีวิตของ Megyesi และคณะ (Megyesi et al., 2005) รูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิสะสมกับเวลาการเสียชีวิต และรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิสะสมกับคะแนนการเน่าสลายของศพของ Gelderman และคณะ (Gelderman et al., 2018) ข้อมูลและอุณหภูมิแวดล้อม คะแนนการเปลี่ยนแปลงของศพ และระยะเวลาการเสียชีวิตงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวาณิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวาณิชย์, 2557) นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงของศพกับระยะเวลาการเสียชีวิต และนำไปใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบกับอุณหภูมิสะสมรายวันและอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตามเวลาเกิดเหตุ

ข้อมูลตามวันเวลาเกิดเหตุภัยพิบัติสึนามิในประเทศไทย ช่วงวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ถึง 1 มกราคม 2548 (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวาณิชย์, 2557) โดยมีการบันทึกรายละเอียดของอุณหภูมิแวดล้อมตามเวลาเกิดเหตุเปรียบเทียบกับข้อมูลอุณหภูมิจากกรมอุตุนิยมวิทยา สรุปตั้งตารางที่ 20-21 และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละวันที่ชั้นสุตรศพ ดังภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เกิดเหตุอยู่ในช่วง 24.70-32.00 °C และมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.84-28.50 °C โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิวัน (DD) เท่ากับ 5.94±0.87 °C ข้อมูลอุณหภูมิจากกรมอุตุนิยมวิทยาช่วงวันเวลาดังกล่าวอยู่ในช่วง 23.40-32.60 °C และมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.75-28.70 °C โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิวัน (DD) เท่ากับ 7.77±1.36 °C



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในวันที่ชั้นสุตรศพ

ก) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามวันเวลาเกิดเหตุ ข) เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เกิดเหตุกับอุณหภูมิจากกรมอุตุนิยมวิทยา

ที่มา: ข้อมูลอุณหภูมิที่เกิดเหตุจากงานวิจัยของนพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวาณิชย์

อุณหภูมิต่ำ เฉลี่ย สูง ในพื้นที่เกิดเหตุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่รายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยอุณหภูมิต่ำ เฉลี่ย สูง ในพื้นที่เกิดเหตุ เท่ากับ 25.43 ± 0.50 , 28.14 ± 0.23 และ 31.37 ± 0.50 °C ตามลำดับ (ตารางที่ 20) อุณหภูมิที่รายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา เท่ากับ 24.21 ± 1.01 , 28.10 ± 0.41 และ 31.99 ± 0.48 °C ตามลำดับ (ตารางที่ 21) มีความแตกต่างกันเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากจุดวัดอุณหภูมิของกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นการวัดอุณหภูมิเฉพาะบางพื้นที่ ซึ่งไม่ได้ครอบคลุมอุณหภูมิพื้นที่ต่างๆ ในจังหวัด



ตารางที่ 20 อุณหภูมิต่ำ-เฉลี่ย-สูง อุณหภูมิสะสมรายวัน อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงจากพื้นที่เกิดเหตุ เพื่อใช้ประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิต

วันที่เกิดเหตุ	อุณหภูมิ (ที่เกิดเหตุ)			อุณหภูมิวัน (DD)	อุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD)	อุณหภูมิชั่วโมง (DH) (DD x 24 h)	อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH)
	สูง (°C)	ต่ำ (°C)	เฉลี่ย (°C)				
26/12/2547	31.80	24.70	28.00	7.10	7.10	170.40	170.40
27/12/2547	31.50	25.40	28.20	6.10	13.20	146.40	316.80
28/12/2547	31.10	25.20	28.01	5.90	19.10	141.60	458.40
29/12/2547	31.50	25.50	28.35	6.00	25.10	144.00	602.40
30/12/2547	31.20	25.20	27.84	6.00	31.10	144.00	746.40
31/12/2547	32.00	25.70	28.50	6.30	37.40	151.20	897.60
01/01/2548	30.50	26.30	28.09	4.20	41.60	100.80	998.40
ค่าเฉลี่ย				5.94		142.63	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				0.87		20.87	

หมายเหตุ: DD = Degree Day; ADD = Accumulated Degree Day; DH = Degree Hour; ADH = Accumulated Degree Hour

ที่มา: ข้อมูลอุณหภูมิที่เกิดเหตุจากงานวิจัยของนพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์

ตารางที่ 21 อุณหภูมิต่ำ-สูง-เฉลี่ย อุณหภูมิสะสมรายวัน อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง จากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อใช้ประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิต

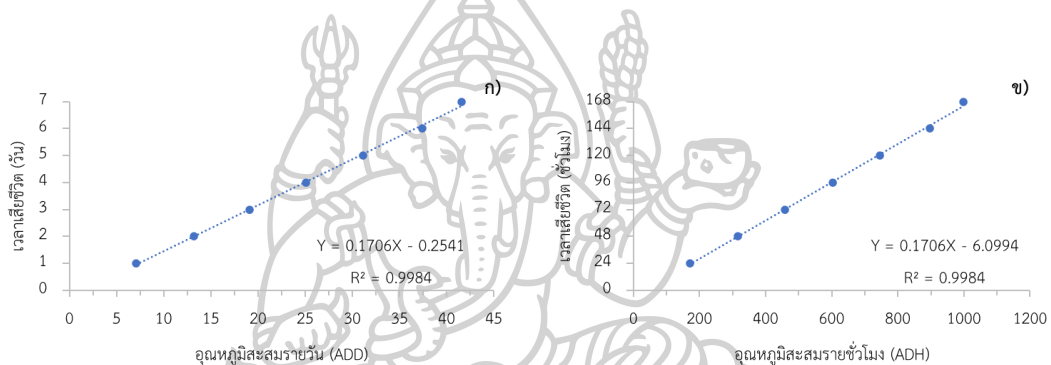
วันที่เกิดเหตุ	อุณหภูมิ (ที่เกิดเหตุ)			อุณหภูมิวัน (DD)	อุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD)	อุณหภูมิชั่วโมง (DH) (DD x 24 h)	อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH)
	สูง (°C)	ต่ำ (°C)	เฉลี่ย (°C)				
26/12/2547	32.50	24.80	28.65	7.70	7.70	184.80	184.80
27/12/2547	32.00	23.50	27.75	8.50	16.20	204.00	388.80
28/12/2547	31.80	23.80	27.80	8.00	24.20	192.00	580.80
29/12/2547	32.10	23.50	27.80	8.60	32.80	206.40	787.20
30/12/2547	31.70	24.30	28.00	7.40	40.20	177.60	964.80
31/12/2547	32.60	23.40	28.00	9.20	49.40	220.80	1185.60
01/01/2548	31.20	26.20	28.70	5.00	54.40	120.00	1305.60
			ค่าเฉลี่ย	7.77			
			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.36			
						186.51	
						32.69	

หมายเหตุ: DD = Degree Day; ADD = Accumulated Degree Day; DH = Degree Hour; ADH = Accumulated Degree Hour

ที่มา: ข้อมูลอุณหภูมิจากกรมอุตุนิยมวิทยา

อุณหภูมิสะสมรายวันและรายชั่วโมงในพื้นที่ที่เกิดเหตุกับเวลาการเสียชีวิต

ข้อมูลอุณหภูมิในงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) นำไปคิดเป็นอุณหภูมิวัน (Degree-day; DD) อุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) และอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) พบว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิวันและอุณหภูมิชั่วโมง เท่ากับ 5.94 ± 0.87 และ 142.63 ± 20.87 ตามลำดับ สมการเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) กับเวลาเสียชีวิต (PMI) และสมการเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) กับเวลาเสียชีวิต (PMI) คือ $PMI = 0.1706ADD - 0.2541$ และ $PMI = 0.1760ADH - 6.0994$ ตามลำดับ ดังภาพที่ 16 โดยทั้งสองสมการมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.9984 ดังตารางที่ 22



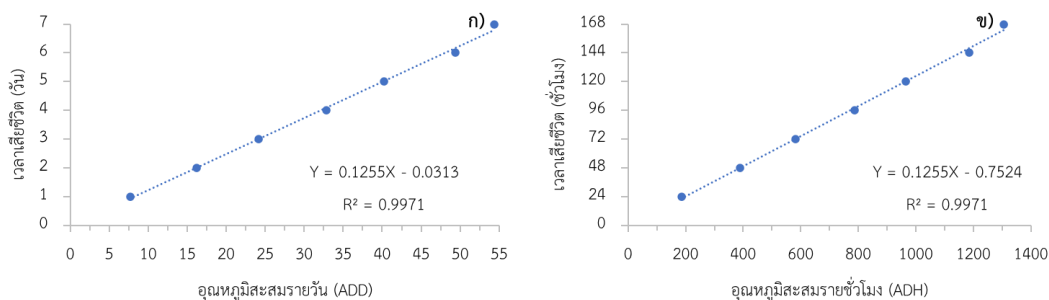
ภาพที่ 12 เปรียบเทียบอุณหภูมิแวดล้อมในพื้นที่เกิดเหตุ

ก) อุณหภูมิสะสมรายวัน, ข) อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง

ที่มา: ข้อมูลอุณหภูมิและเวลาเสียชีวิตจากงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์

อุณหภูมิสะสมรายวันและรายชั่วโมงจากกรมอุตุนิยมวิทยากับเวลาการเสียชีวิต

จากข้อมูลอุณหภูมิของกรมอุตุนิยมวิทยา นำไปคิดเป็นอุณหภูมิวัน (Degree-day; DD) อุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) และอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) พบว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิวันและอุณหภูมิชั่วโมง เท่ากับ 7.77 ± 1.36 และ 186.51 ± 32.69 ตามลำดับ สมการเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) กับเวลาเสียชีวิต (PMI) และสมการเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) กับเวลาเสียชีวิต (PMI) คือ $PMI = 0.1255ADD - 0.0313$ และ $PMI = 0.1255ADH - 0.7524$ ตามลำดับ ดังภาพที่ 17 โดยทั้งสองสมการมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.9971 ดังตารางที่ 22



ภาพที่ 13 เปรียบเทียบอุณหภูมิแวดล้อมจากกรมอุตุนิยมวิทยา

ก) อุณหภูมิสะสมรายวัน, ข) อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง

ที่มา: ข้อมูลอุณหภูมิจากกรมอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลเวลาเสียชีวิตจากงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์

ตารางที่ 22 สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวันและรายชั่วโมงของพื้นที่เกิดเหตุและกรมอุตุนิยมวิทยากับเวลาเสียชีวิต

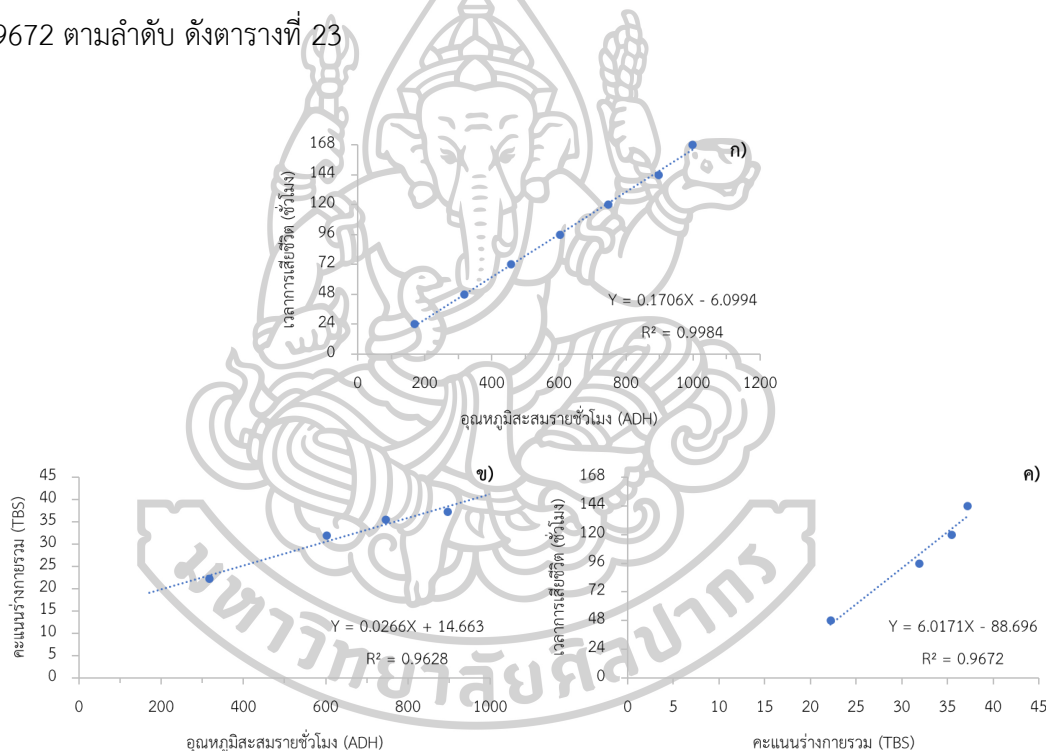
ข้อมูลอุณหภูมิ	ความสัมพันธ์	สมการ	R ²
ที่เกิดเหตุ	เวลาเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD)	PMI = 0.1706ADD - 0.2541	0.9984
	เวลาเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH)	PMI = 0.1760ADH - 6.0994	0.9984
กรมอุตุนิยมวิทยา	เวลาเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD)	PMI = 0.1255ADD - 0.0313	0.9971
	เวลาเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH)	PMI = 0.1255ADH - 0.7524	0.9971

หมายเหตุ: PMI = Postmortem interval; ADD = Accumulated Degree Day; ADH = Accumulated Degree Hour

อุณหภูมิในรายงานที่เกิดเหตุงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) และข้อมูลอุณหภูมีย้อนหลังจากกรมอุตุนิยมวิทยา เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวันและอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับเวลาเสียชีวิตมีความสัมพันธ์ที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลอุณหภูมิที่เกิดเหตุสามารถใช้ อุณหภูมิที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ณ พื้นที่นั้นๆ กับรูปแบบสมการในตารางที่ 22 เพื่อคำนวณเวลา การเสียชีวิตได้

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงและคะแนนร่างกายรวมของศพกับเวลา
การเสียชีวิต

ข้อมูลอุณหภูมิในพื้นที่เกิดเหตุและคะแนนร่างกายรวมของศพจากงานวิจัยของ นพ. กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิตกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิตกร โปริสวานิชย์, 2557) ได้
สมการเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) กับเวลาเสียชีวิต (PMI) สมการเชิงเส้นระหว่าง
อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) กับคะแนนร่างกายรวมของศพ (TBS) และสมการเชิงเส้นระหว่าง
เวลาเสียชีวิต (PMI) กับคะแนนร่างกายรวมของศพ (TBS) คือ $PMI = 0.1706ADH - 6.0994$, $TBS = 0.0266ADH + 14.663$ และ $PMI = 6.0171TBS - 88.696$ ตามลำดับ ดังภาพที่ 18 มีค่า
สัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.9984, 0.9628 และ
0.9672 ตามลำดับ ดังตารางที่ 23



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ของคะแนนร่างกายรวม เวลาการเสียชีวิต และอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงใน
พื้นที่เกิดเหตุ

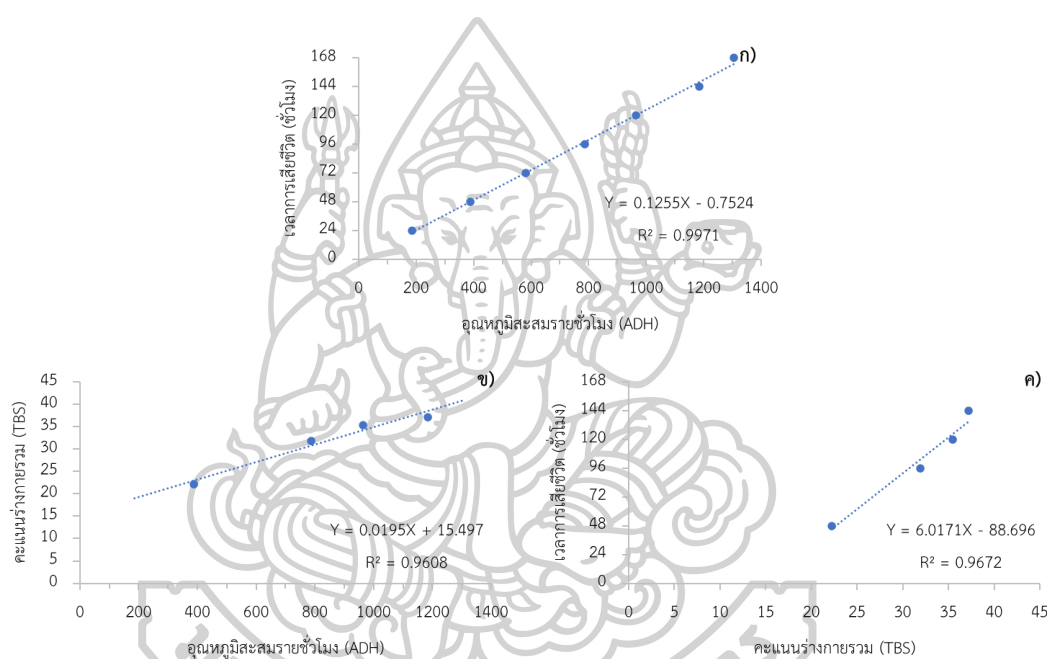
ก) เวลาการเสียชีวิตกับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง ข) คะแนนร่างกายรวมกับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง

ค) เวลาการเสียชีวิตกับคะแนนร่างกายรวม

ที่มา: ข้อมูลอุณหภูมิและคะแนนร่างกายรวมศพจากงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิตกร โปริสวานิชย์

ข้อมูลอุณหภูมิจากกรมอุตุนิยมวิทยา และคะแนนร่างกายรวมของศพจากงานวิจัยของ
นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิตกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิตกร โปริสวานิชย์, 2557) ได้

สมการเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) กับเวลาเสียชีวิต (PMI) สมการเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) กับคะแนนร่างกายรวมของศพ (TBS) และสมการเชิงเส้นระหว่างเวลาเสียชีวิต (PMI) กับคะแนนร่างกายรวมของศพ (TBS) คือ $PMI = 0.1255ADH - 0.7524$, $TBS = 0.0266ADH + 14.663$ และ $PMI = 6.0171TBS - 88.696$ ตามลำดับ ดังภาพที่ 19 มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.9971, 0.9608 และ 0.9672 ตามลำดับ ดังตารางที่ 23



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ของคะแนนร่างกายรวม เวลาการเสียชีวิต และอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงจาก
กรมอุตุฯ นิมยวิทยา

ก) เวลาการเสียชีวิตกับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง ข) คะแนนร่างกายรวมกับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง

ค) เวลาการเสียชีวิตกับคะแนนร่างกายรวม

ที่มา: ข้อมูลอุณหภูมิจากกรมอุตุฯ นิมยวิทยา และข้อมูลคะแนนร่างกายรวมศพจากงานวิจัยของนพ.กฤติน มีวุฒินิม
และ นพ.นิติกร ไบริสวานิชย์

ตารางที่ 23 สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง ของพื้นที่เกิดเหตุ และกรมอู่ศูนย์มวิทยา

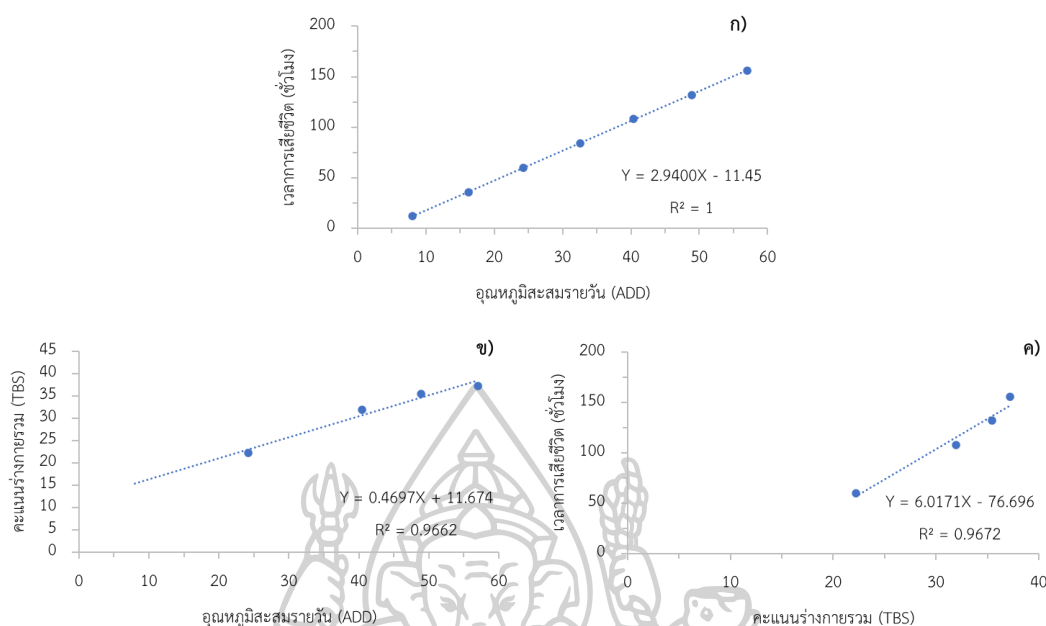
ข้อมูลอุณหภูมิ	ความสัมพันธ์	สมการ	R ²
	เวลาเสียชีวิต (PMI) กับคะแนนร่างกายรวม (TBS)	PMI = 6.0171TBS - 88.696	0.9672
ที่เกิดเหตุ	เวลาเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADH)	PMI = 0.1706ADH - 6.0994	0.9984
	คะแนนร่างกายรวม (TBS) กับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH)	TBS = 0.0266ADH + 14.663	0.9628
กรมอู่ศูนย์มวิทยา	เวลาเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADH)	PMI = 0.1255ADH - 0.7524	0.9971
	คะแนนร่างกายรวม (TBS) กับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH)	TBS = 0.0195ADH + 15.497	0.9608

หมายเหตุ: PMI = Postmortem interval; ADH = Accumulated Degree Hour; TBS = Total Body Score

อุณหภูมิในรายงานที่เกิดเหตุงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) และข้อมูลอุณหภูมีย้อนหลังจากกรมอู่ศูนย์มวิทยา เมื่อนำมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับคะแนนร่างกายรวมมีความสัมพันธ์ที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลอุณหภูมิที่เกิดเหตุสามารถใช้อุณหภูมิที่ได้จากกรมอู่ศูนย์มวิทยา ณ พื้นที่นั้นๆ กับรูปแบบสมการในตารางที่ 23 เพื่อคำนวณเวลาการเสียชีวิตได้

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวันและคะแนนร่างกายรวมของศพกับช่วงเวลาการเสียชีวิต

ข้อมูลอุณหภูมิในพื้นที่เกิดเหตุและคะแนนร่างกายรวมของศพในงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) ได้สมการเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) กับเวลาเสียชีวิต (PMI) สมการเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) กับคะแนนร่างกายรวมของศพ (TBS) และสมการเชิงเส้นระหว่างเวลาเสียชีวิต (PMI) กับ คะแนนร่างกายรวมของศพ (TBS) คือ $PMI = 2.9400ADD - 11.45$, $TBS = 0.4697ADD + 11.674$ และ $PMI = 6.0171TBS - 76.696$ ตามลำดับ ดังภาพที่ 20 มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination, R²) เท่ากับ 1, 0.9662 และ 0.9672 ตามลำดับ ดังตารางที่ 24

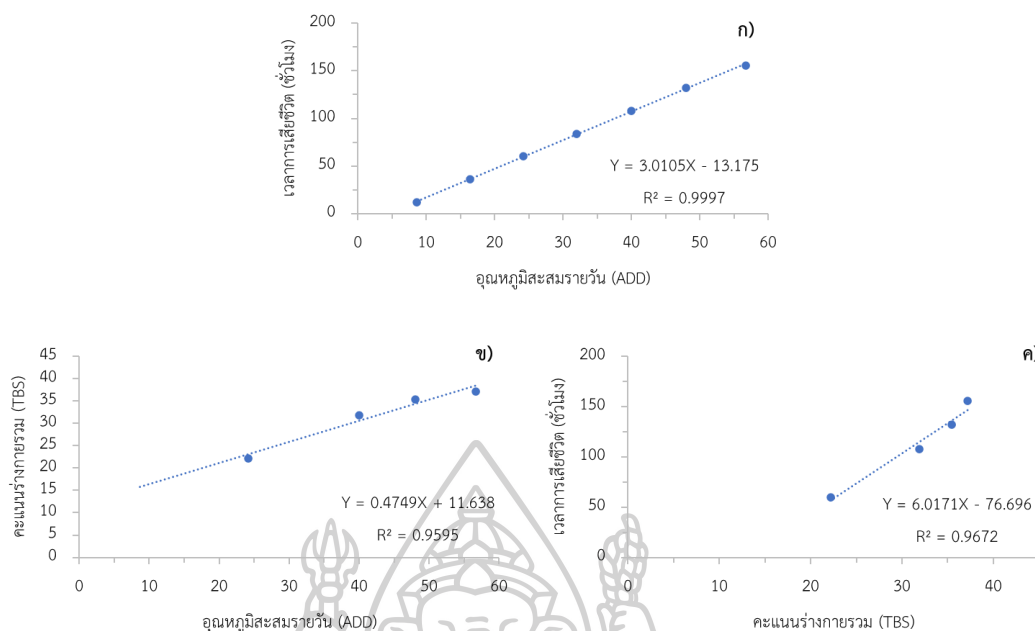


ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ของคะแนนร่างกายรวม ช่วงเวลาหลังการเสียชีวิต และอุณหภูมิตะสมรายวัน
 พื้นที่เกิดเหตุ

ก) เวลาการเสียชีวิตกับอุณหภูมิตะสมรายวัน ข) คะแนนร่างกายรวมกับอุณหภูมิตะสมรายวัน ค)
 เวลาการเสียชีวิตกับคะแนนร่างกายรวม

ที่มา: ข้อมูลอุณหภูมิตะสมและคะแนนร่างกายรวมศพจากงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์

ข้อมูลอุณหภูมิตะสมจากรายงานกรมอู่คดีนิคมวิทยา และคะแนนร่างกายรวมของศพในงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) ได้สมการเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิตะสมรายวัน (ADD) กับเวลาเสียชีวิต (PMI) สมการเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิตะสมรายวัน (ADD) กับคะแนนร่างกายรวมของศพ (TBS) และสมการเชิงเส้นระหว่างเวลาเสียชีวิต (PMI) กับคะแนนร่างกายรวมของศพ (TBS) คือ $PMI = 3.0105ADD - 13.175$, $TBS = 0.4749ADD + 11.638$ และ $PMI = 6.0171TBS - 76.696$ ตามลำดับ ดังภาพที่ 21 มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.9997, 0.9595 และ 0.9672 ตามลำดับ ดังตารางที่ 24



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ของคะแนนร่างกายรวม ช่วงเวลาหลังการเสียชีวิต และอุณหภูมิสะสมรายวัน จากกรมอุตุนิยมวิทยา

ก) เวลาการเสียชีวิตกับอุณหภูมิสะสมรายวัน ข) คะแนนร่างกายรวมกับอุณหภูมิสะสมรายวัน ค) เวลาการเสียชีวิตกับคะแนนร่างกายรวม

ที่มา: ข้อมูลคะแนนร่างกายรวมศพจากงานวิจัยของนพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวาณิชช์

ตารางที่ 24 สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดอุณหภูมิสะสมรายวันของพื้นที่เกิดเหตุและกรมอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลอุณหภูมิ	ความสัมพันธ์	สมการ	R ²
	เวลาเสียชีวิต (PMI) กับคะแนนร่างกายรวม (TBS)	$PMI = 6.0171TBS - 76.696$	0.9672
ที่เกิดเหตุ	เวลาเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD)	$PMI = 2.9400ADD - 11.45$	1.0000
	คะแนนร่างกายรวม (TBS) กับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADD)	$TBS = 0.4697ADD + 11.674$	0.9662
กรมอุตุนิยมวิทยา	เวลาเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD)	$PMI = 3.0105ADD - 13.175$	0.9997
	คะแนนร่างกายรวม (TBS) กับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADD)	$TBS = 0.4749ADD + 11.638$	0.9595

หมายเหตุ: PMI = Postmortem interval; ADD = Accumulated Degree Day; TBS = Total Body Score

อุณหภูมิในรายงานที่เกิดเหตุงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557) และข้อมูลอุณหภูมีย้อนหลังจากกรมอุตุนิยมวิทยา เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวันกับคะแนนร่างกายรวมมีความสัมพันธ์ที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลอุณหภูมิที่เกิดเหตุสามารถใช้อุณหภูมิที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ณ พื้นที่นั้นๆ กับรูปแบบสมการในตารางที่ 24 เพื่อคำนวณเวลาการเสียชีวิตได้

สมการที่ได้จากตอนที่ 2 นี้ นำรูปแบบสมการ $PMI = 0.1255ADH - 0.7524$, $PMI = 3.0105ADD - 13.175$ เพื่อประเมินเวลาการตายโดยใช้อุณหภูมิสะสมรายวันและอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง ส่วนรูปแบบสมการ $PMI = 4.5389TBS - 27.833$, $R^2 = 0.9596$ เพื่อประเมินเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนร่างกายรวม ได้มาจากการปรับแก้สมการโดยกำหนดคะแนนร่างกายรวมต่ำสุดเท่ากับ 7 ซึ่งยังไม่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสภาพศพและยังสามารถพบได้จนถึงภายใน 12 ชั่วโมง เทียบกับค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการเสียชีวิตที่กำหนดในแต่ละกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวานิชย์ (กฤติน มีวุฒิสม & นิติกร โปริสวานิชย์, 2557)

ตอนที่ 3 รูปแบบสมการทำนายเพื่อประเมินเวลาการตายโดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการรายงานผลการชันสูตรพลิกศพของนายแพทย์กำพล เครือคำขาว แพทย์นิติเวช โรงพยาบาลศูนย์ลำปาง จำนวน 19 ราย (รายที่ 1-19) และรายงานผลการชันสูตรพลิกศพของนายแพทย์วิระชัย สมัย อาจารย์ประจำหน่วยนิติเวชศาสตร์และพิษวิทยา สาขาวิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จำนวน 3 ราย (รายที่ 37-39) ช่วงเดือนมิถุนายน ถึง กันยายน พ.ศ. 2563 รวมเป็น 22 ราย ดังตารางที่ 25 ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่สามารถเก็บข้อมูลอุณหภูมิจากกรมอุตุนิยมวิทยาได้ พบว่า ศพที่พบในรบบนบกมีจำนวน 17 ราย มีช่วงเวลาการเสียชีวิตตั้งแต่ 0.5-2, 2-5, 5-12 และ 8-24 ชั่วโมง จำนวน 1, 3, 12 และ 1 ราย ตามลำดับ ศพที่พบกลางแจ้งมีช่วงเวลาเสียชีวิต คือ 6-12 ชั่วโมง จำนวน 1 ราย และศพที่พบจมน้ำมีจำนวน 4 ราย แบ่งเป็นช่วงเวลาเสียชีวิต 6-12 ชั่วโมง จำนวน 1 ราย ช่วงเวลาเสียชีวิต 8-12 ชั่วโมง จำนวน 1 ราย ช่วงเวลาเสียชีวิต 48-72 ชั่วโมง จำนวน 1 ราย และช่วงเวลาเสียชีวิต 72-96 ชั่วโมง จำนวน 1 ราย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้รูปแบบสมการประมาณระยะเวลาเสียชีวิตจากความสัมพันธ์ของช่วงเวลาการเสียชีวิต (PMI) กับคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมหลังตาย (TBS) จาก 22 รายดังกล่าวข้างต้น (รายที่ 1-19, 37-39) โดยใช้รูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างคะแนนการเน่าสลายของศพกับเวลาการเสียชีวิตของ Megyesi และคณะ (Megyesi et al., 2005) รูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิสะสมกับเวลาการเสียชีวิต และรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิสะสมกับคะแนนการเน่าสลายของศพของ Gelderman และคณะ (Gelderman et al., 2018) พบว่า ศพที่มีลักษณะสดมีคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมหลังตายเท่ากับ 8 มีเวลาการเสียชีวิต

เท่ากับ 8.48 ชั่วโมง คະแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมหลังตายเท่ากับ 9 มีเวลาการเสียชีวิตเท่ากับ 13.02 ชั่วโมง คະแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมหลังตายเท่ากับ 10 มีเวลาการเสียชีวิตเท่ากับ 17.56 ชั่วโมง คະแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมหลังตายเท่ากับ 19 มีเวลาการเสียชีวิตเท่ากับ 58.41 ชั่วโมง และคະแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมหลังตายเท่ากับ 24 มีเวลาการเสียชีวิตเท่ากับ 81.10 ชั่วโมง ดังตารางที่ 25 เมื่อใช้รูปแบบสมการที่เทียบจากคະแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมหลังตายกับเวลาการเสียชีวิต $PMI = 4.5389TBS - 27.833$, $R^2 = 0.9596$ โดยปรับแก้กำหนดให้มีค่าระดับคະแนนร่างกายรวมต่ำสุดเท่ากับ 7 พบว่า **ค่าประมาณเวลาเสียชีวิตอยู่ในช่วงที่แพทย์นิติเวชรายงาน** จำนวน 14 ราย คือ 8.48 ชั่วโมง ซึ่งแพทย์นิติเวชรายงาน 5-12 ชั่วโมง จำนวน 6 ราย, 8.48 ชั่วโมง แพทย์นิติเวชรายงาน 6-12 ชั่วโมง จำนวน 4 ราย, 8.48 ชั่วโมง แพทย์นิติเวชรายงาน 8-12 ชั่วโมง จำนวน 1 ราย, 17.56 ชั่วโมง แพทย์นิติเวชรายงาน 8-24 ชั่วโมง จำนวน 1 ราย, 58.41 ชั่วโมง แพทย์นิติเวชรายงาน 48-72 ชั่วโมง จำนวน 1 ราย และ 81.10 ชั่วโมง แพทย์นิติเวชรายงาน 72-96 ชั่วโมง จำนวน 1 ราย ส่วนศพจำนวน 8 ราย มีค่าประมาณเวลาเสียชีวิตสูงกว่า แพทย์นิติเวชรายงานเพียงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากลักษณะศพสดใหม่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมของศพ ทำให้ได้คະแนนร่างกายรวมเท่ากับ 8 ซึ่งสามารถพบได้ในศพที่เสียชีวิตใหม่ ๆ จนถึง 12 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้รูปแบบสมการประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตจากความสัมพันธ์ของช่วงเวลาการเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) จาก 22 รายดังกล่าวข้างต้น (รายที่ 1-19, 37-39) โดยใช้รูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างคະแนนการเน่าสลายของศพกับเวลาการเสียชีวิตของ Megyesi และคณะ (Megyesi et al., 2005) รูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิสะสมกับเวลาการเสียชีวิต และรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิสะสมกับคະแนนการเน่าสลายของศพของ Gelderman และคณะ (Gelderman et al., 2018) พบว่า ศพที่พบทั้งในร่มกลางแจ้ง และจมน้ำ ตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของศพมีเวลาการเสียชีวิต เริ่มตั้งแต่ -2.64 ถึง 26.86 ชั่วโมง ดังตารางที่ 25 เมื่อใช้สมการเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวันกับเวลาการเสียชีวิต $PMI = 3.0105ADD - 13.175$, $R^2 = 0.9997$ พบว่า**ระยะเวลาการเสียชีวิตใกล้เคียงกับที่แพทย์นิติเวชรายงานเพียง 2 ราย** คือ คำนวนระยะเวลาการเสียชีวิตจากความสัมพันธ์ของช่วงเวลาการเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) เท่ากับ 7.30 ชั่วโมง แพทย์นิติเวชรายงานช่วงเวลาการตาย 5-12 ชั่วโมง และ 8.50 ชั่วโมง แพทย์นิติเวชรายงานช่วงเวลาการตาย 8-12 ชั่วโมง ส่วนศพที่**คำนวณเวลาตายได้ต่ำกว่าแพทย์นิติเวชรายงาน** ในจำนวน 5 ราย เป็นศพจมน้ำจำนวน 2 ราย คำนวนระยะเวลาการเสียชีวิตจากสมการความสัมพันธ์ของช่วงเวลาการเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) ได้เท่ากับ 7.30 ชั่วโมง แพทย์นิติเวชรายงานช่วงเวลาการตาย 48-72 ชั่วโมง มีค่าอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) เท่ากับ $6.80^{\circ}C$ และคำนวณระยะเวลาการเสียชีวิตได้ 18.74 ชั่วโมง

แพทย์นิติเวชรายงานช่วงเวลาการตาย 72-96 ชั่วโมง มีค่าอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) เท่ากับ 10.60°C ซึ่งแพทย์นิติเวชไม่ได้ระบุถึงลักษณะของศพที่พบแช่น้ำหรือจมน้ำตลอดเวลาหรือไม่ อาจเนื่องมาจากมีช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมบนบกที่ไม่สัมพันธ์กับอุณหภูมิตอนศพอยู่ในน้ำ และเป็นศพในร่มบนบกจำนวน 3 ราย คำนวณระยะเวลาการเสียชีวิตจากสมการความสัมพันธ์ของช่วงเวลาการเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) ได้เท่ากับ 0.97 ชั่วโมง แพทย์นิติเวชรายงานช่วงเวลาการตาย 6-12 ชั่วโมง มีค่าอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) เท่ากับ 4.70°C , คำนวณระยะเวลาการเสียชีวิตได้ -2.64 ชั่วโมง แพทย์นิติเวชรายงานช่วงเวลาการตาย 5-12 ชั่วโมง มีค่าอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) เท่ากับ 3.50°C และคำนวณระยะเวลาการเสียชีวิตได้ 6.39 ชั่วโมง แพทย์นิติเวชรายงานช่วงเวลาการตาย 8-24 ชั่วโมง มีค่าอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) เท่ากับ 6.50°C ซึ่งทั้ง 3 รายนี้มีอุณหภูมิสะสมรายวันต่ำกว่าอุณหภูมิสะสมรายวันในการใช้สร้างสมการความสัมพันธ์ศพที่คำนวณเวลาตายได้สูงกว่าแพทย์นิติเวชรายงานจำนวน 15 ราย แบ่งเป็นพบในร่มบนบกจำนวน 12 ราย กลางแจ้งบนบกจำนวน 1 ราย และจมน้ำจำนวน 2 ราย อาจมาจากมีช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมค่อนข้างกว้างกว่าอุณหภูมิสะสมที่ใช้ในสร้างสมการประมาณเวลาตาย และสถานที่ที่พบศพ สภาพภูมิอากาศและความชื้น และลักษณะต่างๆ ของศพมีความแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้รูปแบบสมการประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตจากความสัมพันธ์ของช่วงเวลาการเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) จาก 22 ราย ดังกล่าวข้างต้น (รายที่ 1-19, 37-39) โดยใช้รูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างคะแนนการเน่าสลายของศพกับเวลาการเสียชีวิตของ Megyesi และคณะ (Megyesi et al., 2005) รูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิสะสมกับเวลาการเสียชีวิต และรูปแบบการศึกษาวิจัยระหว่างอุณหภูมิสะสมกับคะแนนการเน่าสลายของศพของ Gelderman และคณะ (Gelderman et al., 2018) พบว่า ศพที่พบทั้งในร่ม กลางแจ้ง และจมน้ำ ตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของศพต่างมีเวลาการเสียชีวิต เริ่มต้นตั้งแต่ 9.79 ถึง 39.31 ชั่วโมง ดังตารางที่ 25 เมื่อใช้สมการจากอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับเวลาการเสียชีวิต $\text{PMI} = 0.1255\text{ADH} - 0.7524$, $R^2 = 0.9971$ พบว่าระยะเวลาการเสียชีวิตใกล้เคียงกับที่แพทย์นิติเวชรายงานเพียง 2 ราย คือ คำนวณระยะเวลาการเสียชีวิตจากความสัมพันธ์ของช่วงเวลาการเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) เท่ากับ 9.79 ชั่วโมง โดยมีอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง 84.00°C แพทย์นิติเวชรายงานช่วงเวลาการตาย 5-12 ชั่วโมง และ 18.83 ชั่วโมง โดยมีอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง 156.00°C แพทย์นิติเวชรายงานช่วงเวลาการตาย 8-24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นศพที่พบในร่มบนบก ส่วนศพที่คำนวณเวลาตายได้ต่ำกว่าแพทย์นิติเวชรายงานเป็นศพจมน้ำจำนวน 2 ราย คำนวณระยะเวลาการเสียชีวิตจากความสัมพันธ์ของช่วงเวลาการเสียชีวิต (PMI) กับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) เท่ากับ 19.73 ชั่วโมง โดยมีอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง 163.20°C แพทย์

นิติเวชรายงานช่วงเวลาการตาย 48-72 ชั่วโมง และ 31.17 ชั่วโมง โดยมีอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง 254.40°C แพทย์นิติเวชรายงานช่วงเวลาการตาย 72-96 ชั่วโมง ซึ่งทั้ง 2 รายนี้มีอุณหภูมิสะสมรายวันต่ำกว่าอุณหภูมิสะสมรายวันในการใช้สร้างสมการความสัมพันธ์ ส่วนศพที่เหลือคำนวณ **เวลาตายได้สูงกว่าแพทย์นิติเวช** รายงานจำนวน 18 ราย อาจเนื่องจากมีช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสะสมสูงกว่าช่วงที่ใช้ในการสร้างสมการประมาณเวลาตาย

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูล พบว่า เวลาการตายที่คำนวณจากคะแนนร่างกายรวมของศพ ส่วนใหญ่อยู่ในค่าช่วงเวลาการตายที่แพทย์นิติเวชรายงาน ในขณะที่ค่าช่วงเวลาการตายที่คำนวณจากอุณหภูมิสะสมรายวัน (PMI & ADD) และค่าช่วงเวลาการตายที่คำนวณจากอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (PMI & ADH) มีค่าสูงกว่ารายงานผลการชันสูตรจากแพทย์นิติเวช ดังนั้น การใช้ค่าช่วงเวลาการตายที่คำนวณจากอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) และอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) เพื่อคำนวณช่วงเวลาการเสียชีวิตยังไม่น่าเชื่อถือ เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลถูกต้องในช่วงรายงานเวลาการเสียชีวิตที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ อาจได้รับผลกระทบจากความแตกต่างของอุณหภูมิแต่ละฤดูกาล และแต่ละจังหวัดตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศ

ข้อมูลรายงานผลการชันสูตรพลิกศพและการคำนวณเวลาการตายจากคะแนนร่างกายรวมศพ อุณหภูมิสะสมรายวัน และอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง จำนวน 103 ราย ดังตารางที่ 25 ศพแบ่งลักษณะตามสถานที่ที่พบ ได้แก่ ในร่มบนบก กลางแจ้งบนบก และจมน้ำ มีจำนวน 59, 33 และ 1 ศพ ตามลำดับ ศพไฟไหม้ถูกคัดออกจำนวน 1 ราย เนื่องจากแพทย์นิติเวชไม่สามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงของร่างกายศพได้ ดังตารางที่ 26 โดยพบว่าศพจำนวน 6 ราย มีค่าช่วงเวลาการตายที่คำนวณจากคะแนนร่างกายรวมของศพสูงกว่าค่ารายงานช่วงเวลาการตายจากแพทย์นิติเวช อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูร้อน มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมสูง ทำให้เร่งอัตราการเปลี่ยนแปลงของศพให้เกิดเร็วขึ้น

ตารางที่ 25 ข้อมูลรายงานผลการขึ้นสู่อุทราพิภพและการประเมินเวลาการเสียชีวิต จำนวน 103 ราย

ลำดับ	วันเวลาที่พบศพ	วันเวลาที่ตรวจ	สถานที่พบศพ	คະແນນ	เวลาการตายจากคะแนน	เวลาการตายจากอุณหภูมิตะสมรายวัน (ชั่วโมง)	เวลาการตายจากอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ชั่วโมง)	เวลาการตายที่แพทย์
1	01/06/2563, 12:00 น.	01/06/2563, 13:30 น.	ในร่มบนบก	ศพ	8.48	25.96	38.40	6-12
2	30/06/2563, 08:00 น.	30/06/2563, 08:37 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	16.93	29.37	6-12
3	03/07/2563, 07:00 น.	03/07/2563, 08:30 น.	กลางแจ้งบนบก	9	13.02	15.42	27.86	6-12
4	03/07/2563, 10:00 น.	03/07/2563, 11:39 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	15.42	27.86	6-12
5	11/07/2563, 14:00 น.	11/07/2563, 15:00 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	15.42	27.86	5-12
6	15/07/2563, 06:07 น.	15/07/2563, 08:40 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	19.04	31.48	2-5
7	28/07/2563, 14:00 น.	28/07/2563, 16:12 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	17.53	29.97	2-5
8	22/08/2563, 00:08 น.	22/08/2563, 08:15 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	0.97	13.40	6-12
9	24/08/2563, 08:00 น.	24/08/2563, 08:30 น.	จมน้ำ	19	58.41	7.30	19.73	48-72
10	25/08/2563 10:15 น.	25/08/2563, 13:30 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	18.74	31.17	5-12
11	25/08/2563, 10:30 น.	25/08/2563, 11:31 น.	จมน้ำ	24	81.10	18.74	31.17	72-96
12	28/08/2563, 06:00 น.	28/08/2563, 10:30 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	26.86	39.31	5-12
13	12/09/2563, 14:50 น.	12/09/2563, 16:10 น.	จมน้ำ	8	8.48	12.72	25.15	0.5-2
14	19/09/2563, 08:10 น.	19/09/2563, 09:48 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	-2.64	9.79	5-12
15	20/09/2563, 20:40 น.	21/09/2563, 10:50 น.	ในร่มบนบก	10	17.56	6.39	18.83	8-24
16	21/09/2563, 18:20 น.	21/09/2563, 19:30 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	7.30	19.73	2-5
17	21/09/2563, 18:30 น.	21/09/2563, 20:30 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	7.30	19.73	5-12
18	22/09/2563, 05:00 น.	22/09/2563, 08:35 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	18.44	30.87	5-12
19	30/09/2563, 15:20 น.	30/09/2563, 18:33 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	13.02	25.45	0.5-2
20	05/03/2563, 10:30 น.	05/03/2563, 11:30 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	ND	ND	1-2

ตารางที่ 25 ข้อมูลรายงานผลงานการขึ้นสู่อุตรพลิกศัพและการประเมินเวลาการเสียชีวิต จำนวน 103 ราย (ต่อ)

ลำดับ	วันเวลาที่พบศพ	วันเวลาที่ตรวจ	สถานที่พบศพ	คະແນນ	เวลาการตายจากคะแนน	เวลาการตายจาก	เวลาการตายจาก	เวลาการตายจาก	เวลาการตายที่แพทย์
				ร่างกายรวม	ร่างกายรวม	อุณหภูมิตะสมรายวัน	อุณหภูมิตะสมรายชั่วโมง	อุณหภูมิตะสมรายชั่วโมง	นิติเวชรายงาน
				ศพ	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง)
21	13/03/2563, 08.16 น.	13/03/2563, 08.38 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	< 1.0
22	15/03/2563, 07.30 น.	15/03/2563, 08.10 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	2-3
23	15/03/2563, 14.50 น.	15/03/2563, 15.20 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	1-2
24	20/03/2563, 11.30 น.	20/03/2563, 12.25 น.	กลางแจ้งชนบท	33	121.95	ND	ND	ND	48-72
25	26/03/2563, 15.00 น.	26/03/2563, 16.00 น.	ในร่มชนบท	28	99.26	ND	ND	ND	24-48
26	07/04/2563, 13.00 น.	07/04/2563, 16.30 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	2-4
27	09/04/2563, 17.00 น.	09/04/2563, 18.18 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	6-10
28	15/04/2563, 10.45 น.	15/04/2563, 12.00 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	8-12
29	16/04/2563, 09.10 น.	16/04/2563, 10.20 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	4-8
30	21/04/2563, 05.30 น.	21/04/2563, 06.45 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	1-2
31	25/04/2563, 19.00 น.	25/04/2563, 20.25 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	1-2
32	04/05/2563, 11.00 น.	04/05/2563, 12.10 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	2-4
33	10/05/2563, 07.00 น.	10/05/2563, 08.35 น.	จมน้ำ	8	8.48	ND	ND	ND	8-10
34	07/06/2563, 08.48 น.	07/06/2563, 10.50 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	2-3
35	09/06/2563, 16.00 น.	09/06/2563, 17.08 น.	ในร่มชนบท	33	121.95	ND	ND	ND	72-96
36	24/06/2563, 07.00 น.	24/06/2563, 08.25 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	3-4
37	09/08/2563, 08.45 น.	09/08/2563, 10.10 น.	จมน้ำ	8	8.48	13.02	25.45	25.45	8-12
38	11/08/2563, 14.00 น.	11/08/2563, 14.53 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	16.93	29.37	29.37	4-8
39	03/09/2563, 17.00 น.	03/09/2563, 19.00 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	8.50	20.93	20.93	8-12
40	12/10/2563, 20.38 น.	12/10/2563, 22.11 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	ND	1-3

ตารางที่ 25 ข้อมูลรายงานผลการขึ้นสู่อุตรพลศึกษาและการประเมินเวลาการเสียชีวิต จำนวน 103 ราย (ต่อ)

ลำดับ	วันเวลาที่พบศพ	วันเวลาที่ตรวจ	สถานที่พบศพ	คະແນນ ร่างกายรวม	เวลาการตายจากคะแนน (ชั่วโมง)	เวลาการตายจาก อุณหภูมิสะสมรายวัน (ชั่วโมง)	เวลาการตายจาก อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ชั่วโมง)	เวลาการตายที่แพทย์ นิติเวชรายงาน (ชั่วโมง)
41	11/12/2563, 18.26 น.	11/12/2563, 19.23 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	ND	ND	10-14
42	25/02/2563, 09.04 น.	25/02/2563, 10.34 น.	จมน้ำ	8	8.48	ND	ND	4-8
43	23/02/2563, 11.55 น.	23/02/2563, 14.00 น.	กลางแจ้งบนบก	8	8.48	ND	ND	6-10
44	18/02/2563, 16.03 น.	18/02/2563, 17.15 น.	กลางแจ้งบนบก	8	8.48	ND	ND	1-2
45	17/02/2563, 23.33 น.	17/02/2563, 00.05 น.	จมน้ำ	8	8.48	ND	ND	1-2
46	14/02/2563, 00.19 น.	14/02/2563, 00.48 น.	กลางแจ้งบนบก	8	8.48	ND	ND	1-2
47	13/02/2563, 14.05 น.	13/02/2563, 19.10 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	ND	ND	8-12
48	11/02/2563, 09.26 น.	11/02/2563, 11.00 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	ND	ND	2-4
49	03/02/2563, 19.20 น.	03/02/2563, 21.14 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	ND	ND	4-6
50	03/02/2563, 17.10 น.	03/02/2563, 18.44 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	ND	ND	2-4
51	11/01/2563, 19.30 น.	11/01/2563, 19.30 น.	จมน้ำ	8	8.48	ND	ND	4-8
52	10/01/2563, 19.15 น.	10/01/2563, 19.40 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	ND	ND	8-10
53	04/01/2563, 12.30 น.	04/01/2563, 13.40 น.	กลางแจ้งบนบก	8	8.48	ND	ND	1-2
54	04/01/2563, 12.30 น.	04/01/2563, 13.40 น.	กลางแจ้งบนบก	8	8.48	ND	ND	1-2
55	04/01/2562, 09.00 น.	04/01/2562, 10.39 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	ND	ND	4-6
56	11/01/2562, 12.30 น.	11/01/2562, 14.20 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	ND	ND	2-4
57	14/01/2562, 09.48 น.	14/01/2562, 11.14 น.	กลางแจ้งบนบก	8	8.48	ND	ND	8-12
58	15/01/2562, 19.12 น.	15/01/2562, 20.22 น.	กลางแจ้งบนบก	8	8.48	ND	ND	4-6
59	18/01/2562, 07.35 น.	18/01/2562, 09.05 น.	กลางแจ้งบนบก	8	8.48	ND	ND	8-12
60	03/03/2562, 05.48 น.	03/03/2562, 06.30 น.	กลางแจ้งบนบก	8	8.48	ND	ND	1-2

ตารางที่ 25 ข้อมูลรายงานผลการขึ้นสู่อุตรพหุคูณและการประเมินเวลาการเสียชีวิต จำนวน 103 ราย (ต่อ)

ลำดับ	วันเวลาที่พบศพ	วันเวลาที่ตรวจ	สถานที่พบศพ	คะแนน ร่างกายรวม	เวลาการตายจากคะแนน (ชั่วโมง)	เวลาการตายจาก อุณหภูมิสะสมรายวัน (ชั่วโมง)	เวลาการตายจาก อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ชั่วโมง)	เวลาการตายที่แพทย์ นิติเวชรายงาน (ชั่วโมง)
61	03/03/2562, 05.48 น.	03/03/2562, 06.45 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	1-2
62	05/03/2562, 08.45 น.	05/03/2562, 10.05 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	1-2
63	12/03/2562, 19.20 น.	12/03/2562, 21.06 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	2-4
64	14/03/2562, 08.35 น.	14/03/2562, 10.35 น.	จมน้ำ	8	8.48	ND	ND	8-12
65	16/03/2562, 09.15 น.	16/03/2562, 10.34 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	8-12
66	17/03/2562, 21.35 น.	17/03/2562, 22.20 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	2-4
67	04/04/2562, 11.47 น.	04/04/2562, 13.55 น.	จมน้ำ	8	8.48	ND	ND	8-12
68	25/04/2562, 04.50 น.	25/04/2562, 05.40 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	2-4
69	27/04/2562, 06.00 น.	27/04/2562, 07.00 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	2-4
70	27/04/2562, 19.15 น.	27/04/2562, 20.58 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	2-4
71	06/05/2562, 07.15 น.	06/05/2562, 09.20 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	2-4
72	10/05/2562, 15.00 น.	10/05/2562, 16.12 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	1-3
73	17/05/2562, 13.10 น.	17/05/2562, 14.30 น.	ในร่มชนบท	33	121.95	ND	ND	96-168
74	22/05/2562, 14.25 น.	22/05/2562, 15.25 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	8-12
75	20/05/2562, 18.30 น.	20/05/2562, 19.30 น.	กลางแจ้งชนบท	28	99.26	ND	ND	48-96
76	10/07/2562, 18.00 น.	10/07/2562, 19.20 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	4-6
77	30/07/2562, 12.00 น.	30/07/2562, 13.10 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	6-8
78	31/07/2562, 10.20 น.	31/07/2562, 11.20 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	6-8
79	11/10/2562, 17.20 น.	11/10/2562, 18.10 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	8-12
80	11/10/2562, 17.35 น.	11/10/2562, 19.20 น.	กลางแจ้งชนบท	9	13.02	ND	ND	12-16

ตารางที่ 25 ข้อมูลรายงานผลงานการขึ้นสู่อุตรพลิกศัพและการประเมินเวลาการเสียชีวิต จำนวน 103 ราย (ต่อ)

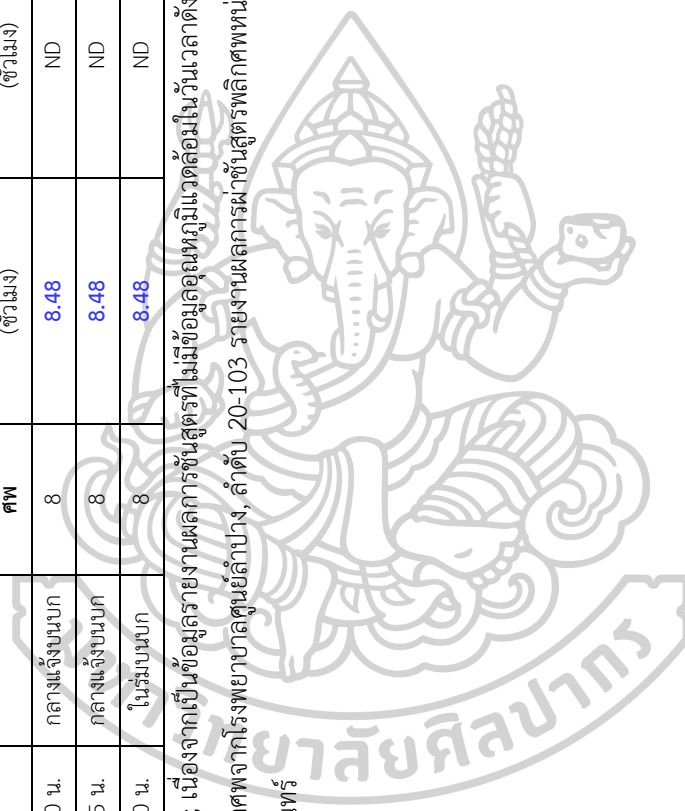
ลำดับ	วันเวลาที่พบศพ	วันเวลาที่ตรวจ	สถานที่พบศพ	คะแนนร่างกายรวมศพ	เวลาการตายจากคะแนนร่างกายรวม (ชั่วโมง)	เวลาการตายจากอุณหภูมิสะสมรายวัน (ชั่วโมง)	เวลาการตายจากอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ชั่วโมง)	เวลาการตายที่แพทย์นิติเวชรายงาน (ชั่วโมง)
81	21/10/2562, 03.10 น.	21/10/2562, 03.30 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	1-2
82	30/10/2562, 16.00 น.	30/10/2562, 17.10 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	2-4
83	16/11/2562, 08.25 น.	16/11/2562, 10.45 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	4-8
84	22/05/2562, 12.15 น.	22/05/2562, 13.40 น.	ในร่มชนบท	26	90.18	ND	ND	48-72
85	17/12/2562, 07.50 น.	17/12/2562, 08.28 น.	หน้า	8	8.48	ND	ND	2-4
86	26/12/2562, 22.30 น.	26/12/2562, 23.42 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	2-4
87	22/02/2561, 09.40 น.	22/02/2561, 10.30 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	2-4
88	10/02/2561, 19.50 น.	10/02/2561, 20.40 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	1-2
89	11/02/2561, 07.00 น.	11/02/2561, 07.26 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	8-12
90	17/02/2561, 10.00 น.	17/02/2561, 10.45 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	1-2
91	06/03/2561, 11.40 น.	06/03/2561, 12.52 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	6-10
92	09/03/2561, 15.10 น.	09/08/2561, 16.10 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	1-2
93	13/03/2561, 15.30 น.	13/03/2561, 16.20 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	1-2
94	07/04/2561, 12.00 น.	07/04/2561, 13.00 น.	กลางแจ้งชนบท	10	17.56	ND	ND	10-24
95	18/04/2561, 16.00 น.	18/04/2561, 18.14 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	2-3
96	02/05/2561, 07.14 น.	02/05/2561, 08.37 น.	ในร่มชนบท	8	8.48	ND	ND	6-8
97	08/05/2561, 14.20 น.	08/05/2561, 15.25 น.	ในร่มชนบท	14	35.71	ND	ND	24-48
98	18/05/2561, 07.30 น.	18/05/2561, 08.30 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	1-2
99	21/05/2561, 18.20 น.	21/05/2561, 20.30 น.	ในร่มชนบท	37	140.11	ND	ND	72-120
100	11/06/2561, 14.30 น.	11/06/2561, 15.00 น.	ในร่มชนบท	10	17.56	ND	ND	12-24

ตารางที่ 25 ข้อมูลรายงานผลการชันสูตรพลิกศพและการประเมินเวลาการเสียชีวิต จำนวน 103 ราย (ต่อ)

ลำดับ	วันเวลาที่พบศพ	วันเวลาที่ตรวจ	สถานที่พบศพ	คะแนน ร่างกายรวม	เวลาการตายจากคะแนน ร่างกายรวม (ชั่วโมง)	เวลาการตายจาก อุณหภูมิสะสมรายวัน (ชั่วโมง)	เวลาการตายจาก อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ชั่วโมง)	เวลาการตายที่แพทย์ นิติเวชรายงาน (ชั่วโมง)
101	01/07/2561, 18.20 น.	01/07/2561, 19.40 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	1-3
102	04/07/2561, 03.30 น.	04/07/2561, 04.45 น.	กลางแจ้งชนบท	8	8.48	ND	ND	2-4
103	17/07/2561, 13.15 น.	17/07/2561, 14.30 น.	ในร่มบนบก	8	8.48	ND	ND	2-4

หมายเหตุ: ND = Not detectable; เนื่องจากเป็นข้อมูลรายงานผลการชันสูตรที่ไม่มีข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อมในวันเวลาดังกล่าว

ลำดับ 1-19 รายงานผลการตรวจชันสูตรพลิกศพจากโรงพยาบาลตุงนาค, ลำดับ 20-103 รายงานผลการชันสูตรพลิกศพที่นิติเวชศาสตร์และพิษวิทยา สาขาวิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

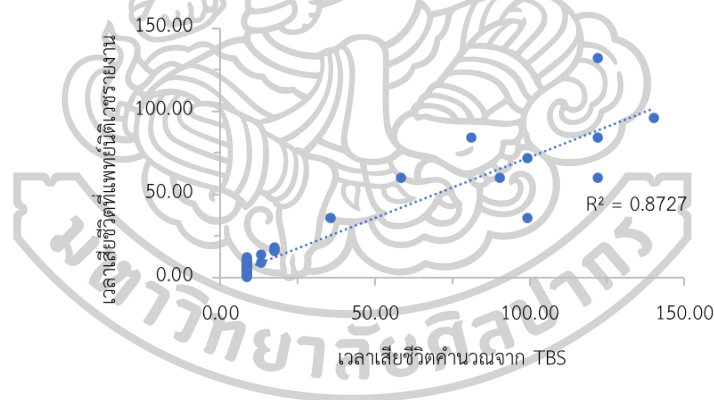


ตารางที่ 26 การเปรียบเทียบคะแนนร่างกายของศพกับเวลาการเสียชีวิต จำนวน 103 ราย

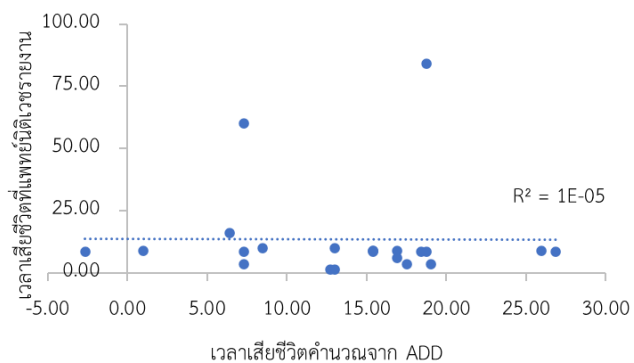
คะแนนร่างกายศพ	เวลาการตายจากคะแนนร่างกายรวม (ชั่วโมง)	เวลาการตายที่แพทย์นิติเวชรายงาน (ชั่วโมง)	สถานที่พบศพ (จำนวน)
8	8.48	0.5-12	ในร่มบนบก (51), กลางแจ้งบนบก (28), จมน้ำ (9)
9	13.02	6-16	กลางแจ้งบนบก (2)
10	17.56	8-24	ในร่มบนบก (2), กลางแจ้งบนบก (1)
14	35.71	24-48	ในร่มบนบก (1)
19	58.41	48-72	จมน้ำ (1)
24	81.10	72-96	จมน้ำ (1)
26	90.18	48-72	ในร่มบนบก (1)
28	99.26	24-96	ในร่มบนบก (1), กลางแจ้งบนบก (1)
33	121.95	48-168	ในร่มบนบก (2), กลางแจ้งบนบก (1)
37	140.11	72-120	ในร่มบนบก (1)

ตอนที่ 4 เปรียบเทียบเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากการคำนวณคะแนนร่างกายรวม อุณหภูมิรายวัน และอุณหภูมิรายชั่วโมง กับเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน

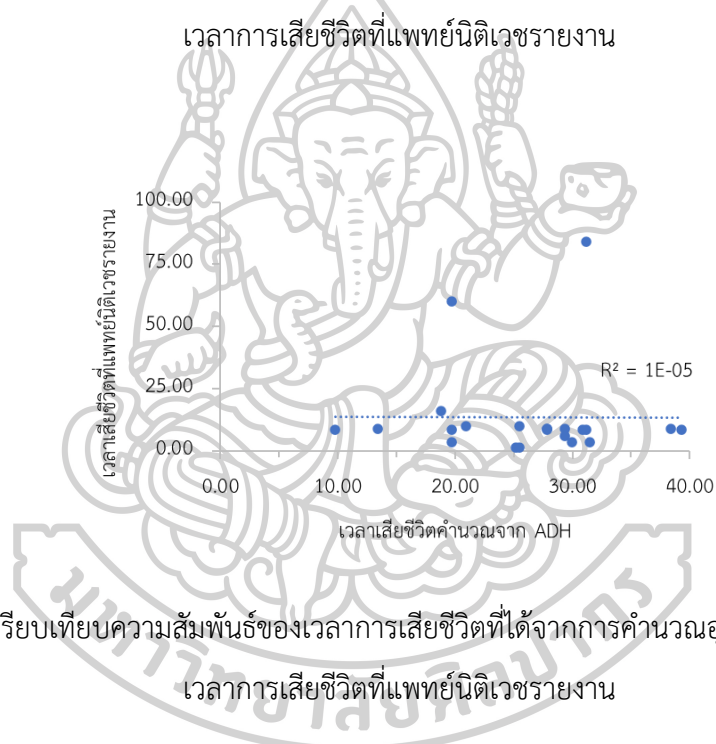
ผลการเปรียบเทียบเวลาการเสียชีวิตจากสมการคำนวณคะแนนร่างกายรวมศพกับค่าเฉลี่ยช่วงเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน เวลาการเสียชีวิตจากสมการอุณหภูมิสะสมรายวันกับค่าเฉลี่ยช่วงเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน และเวลาการเสียชีวิตจากสมการอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับค่าเฉลี่ยช่วงเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน ข้อมูลจากตารางที่ 25 พบว่า การใช้เวลาการเสียชีวิตจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนร่างกายรวมศพกับเวลาเสียชีวิตมีความสัมพันธ์ที่ดีกว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวันกับเวลาเสียชีวิต และสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับเวลาเสียชีวิต ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.8727 ในขณะที่สมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวันกับเวลาเสียชีวิต และสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงกับเวลาเสียชีวิตไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่าความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.00001 ดังภาพที่ 22-24



ภาพที่ 18 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากการคำนวณคะแนนร่างกายรวมกับเวลาการเสียชีวิตที่แพทย์นิติเวชรายงาน



ภาพที่ 19 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากการคำนวณอุณหภูมิตายวันกับ



ภาพที่ 20 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของเวลาการเสียชีวิตที่ได้จากการคำนวณอุณหภูมิตายชั่วโมงกับ

เวลาการเสียชีวิตที่แพทย์วินิจฉัยเวรารายงาน

สามารถนำรูปแบบสมการ $PMI = 4.5389TBS - 27.833$ จากความสัมพันธ์เวลาการเสียชีวิตกับคะแนนร่างกายรวมไปใช้ประมาณเวลาการเสียชีวิตของศพได้

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การประมาณเวลาตายยังไม่มีวิธีใดวิธีหนึ่งที่แม่นยำเที่ยงตรง การตายของศพผิดธรรมชาติที่ไม่มีผู้พบเห็น ไม่รู้เวลาการเสียชีวิต แพทย์นิติเวชจะประเมินเวลาเสียชีวิตจากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงหลังตายของศพจะขึ้นอยู่กับปัจจัย น้ำหนักตัว ชนิดของเสื้อผ้า จำนวนเสื้อผ้า บริเวณหรือสถานที่เกิดเหตุ บริเวณหรือสถานที่พบศพ สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ และความชื้น ถ้ามีปัจจัยสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงของร่างกายศพจะมีความแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ดังนั้น การประเมินเวลาการเสียชีวิตจึงต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงหลังการเสียชีวิตกับความสัมพันธ์กับปัจจัยสภาพแวดล้อมหลังการเสียชีวิตประกอบกัน เพื่อให้ได้ระยะเวลาการเสียชีวิตที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์จากปัจจัยสภาวะแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมไอออนในเลือด และน้ำอุ่นลูกตา การเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมของศพกับระยะเวลาการเสียชีวิต จากข้อมูลงานวิจัยที่มีการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการแล้วนำมาวิเคราะห์และปรับแก้ตามความเหมาะสมของสถานการณ์ เพื่อให้ได้รูปแบบสมการสำหรับการประเมินระยะเวลาการเสียชีวิตไปใช้ทดสอบเปรียบเทียบระยะเวลาการเสียชีวิตจากรายงานผลการชันสูตรของแพทย์นิติเวช

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในประเทศไทยย้อนหลัง 5 ปี มีอัตราแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2558 หลายพื้นที่มีอุณหภูมิสูงสุดซึ่งสูงกว่าสถิติเดิมที่เคยตรวจวัดได้ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงกว่าค่าปกติของทุกเดือน โดยเฉพาะเดือนธันวาคมและพฤศจิกายนสูงกว่าค่าปกติ 2.1 และ 1.9°C ตามลำดับ สภาวะอากาศทั่วไปในรอบปี พ.ศ. 2559 อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีของประเทศไทยสูงกว่าค่าปกติ 1.0°C และสูงกว่าปี พ.ศ. 2558 ที่ผ่านมาซึ่งสูงกว่าค่าปกติ 0.8°C โดยอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงกว่าค่าปกติเกือบทุกเดือน โดยเฉพาะเดือนเมษายนและพฤษภาคมสูงกว่าค่าปกติ 2.2 และ 1.8°C ตามลำดับ สภาวะอากาศทั่วไปในรอบปี พ.ศ. 2560 อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีสูงกว่าค่าปกติ 0.4°C แต่ต่ำกว่าปี พ.ศ. 2559 ที่ผ่านมา ซึ่งสูงกว่าค่าปกติ 1.0°C สภาวะอากาศทั่วไปในรอบปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีฝนดี โดยเฉพาะในช่วงเดือนมกราคมต่อเนื่องถึงเดือนกรกฎาคมและเดือนธันวาคม

พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีปริมาณฝนสูงกว่าปกติ ทำให้ปริมาณฝนรวมปีนี้สูงกว่าค่าปกติประมาณร้อยละ 5 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปีที่ผ่านมาปรากฏว่าปีนี้มีฝนน้อยกว่าปี 2560 ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติเกือบตลอดปี เว้นแต่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคมที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าปกติ สภาวะอากาศทั่วไปในรอบปี พ.ศ. 2562 มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติในทุกเดือนและหลายพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงสุด โดยเดือนกุมภาพันธ์เป็นเดือนเริ่มต้นของฤดูร้อน มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าปกติมากที่สุด คือ 1.5°C และเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดของปี คือ เดือนเมษายน ส่วนเดือนสิงหาคม และ ธันวาคม มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าปกติน้อยที่สุด คือ 0.4°C ซึ่งมีแนวโน้มของอุณหภูมิพื้นที่ที่สูงขึ้น ทำให้มีอุณหภูมิสะสมรายวันและรายชั่วโมงเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเร่งอัตราการเปลี่ยนแปลงทางสารชีวเคมีและการเปลี่ยนแปลงร่างกายของศพหลังการเสียชีวิต กอปรกับความแตกต่างของฤดู ปริมาณน้ำฝน และความชื้น อาจส่งผลต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงหลังตายได้เช่นกัน

การเปลี่ยนแปลงหลังการตายอาจเป็นอัตราแบบเร่งหรือลดสภาวะการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากปัจจัยทั้งภายในและภายนอกของร่างกาย ปัจจัยภายในที่มีส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการตาย ได้แก่ น้ำหนักตัว มวลกาย พื้นผิวของร่างกาย กิจกรรมที่ทำก่อนเสียชีวิต สาเหตุที่เสียชีวิต รวมถึงโรคที่เป็นก่อนเสียชีวิต ส่วนปัจจัยภายนอกที่มีส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการตาย ได้แก่ ชนิดและจำนวนเสื้อผ้าที่สวมใส่ อุณหภูมิและความชื้นสภาพแวดล้อมของสถานที่เกิดเหตุ สถานที่ที่เสียชีวิต และการเก็บรักษาศพหลังตาย ซึ่งปัจจัยทั้งภายในและภายนอกเหล่านี้ อาจเป็นสาเหตุทั้งเร่งและชะลอการเปลี่ยนแปลงหลังตาย ปัจจัยบางอย่างเร่งอัตราการเปลี่ยนแปลงหลังการตาย เช่น ผู้ที่มีปริมาณไขมันสูง ภาวะติดเชืหรือการติดเชื้อที่เป็นสาเหตุโดยตรงทำให้เสียชีวิต และการมีบาดแผลเปิด ปัจจัยบางอย่างทำให้ชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงหลังตาย เช่น อุณหภูมิแวดล้อมเยือกแข็ง ศพเปลือยกาย และการเก็บรักษาศพไว้ในห้องเย็นหลังจากเสียชีวิต (Adlam & Simmons, 2007) (Sutherland, Myburgh, Steyn, & Becker, 2013) ปัจจัยอุณหภูมิแวดล้อมของประเทศไทยมีความแตกต่างกันออกไปตามภูมิภาค โดยเฉพาะพื้นที่บนยอดเขาสูงจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าค่าตลอดทั้งปี ส่งผลให้ชะลอปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางสารชีวเคมีในศพและการเปลี่ยนแปลงการเน่าสลายตัวของร่างกายศพ และอุณหภูมิแวดล้อมที่ต่ำกว่า 20°C จะไม่สามารถใช้สมการความสัมพันธ์ของเวลาการเสียชีวิตกับอุณหภูมิสะสมฐาน 20 ได้

การประเมินเวลาการเสียชีวิต โดยใช้อุณหภูมิสะสมและโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาและเลือด

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมไอออนหลังตายทั้งในเลือดและน้ำวุ้นลูกตาพบมีลักษณะความสัมพันธ์ของระดับโพแทสเซียมไอออนที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหลังเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นโค้ง มีความชันของเส้นโค้งแตกต่างกันหลายจุด โดยเส้นความโค้งสูงขึ้นในช่วงแรกและ

ค่อยๆ ลาดชันลงจนคงที่เหมือนกับการศึกษาในน้ำวุ้นลูกตาและเลือดของศพมนุษย์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Zilg, 2015) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาซากหมูของ ดร.พญ.ปานใจ โวหารดี (ปานใจ โวหารดี, 2562) ผู้วิจัยไม่ได้รายงานสมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเสียชีวิตกับระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ได้จากการศึกษาวิจัย แสดงเพียงเส้นกราฟต่อเนื่องของความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหลังการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นโค้ง จากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเวลาการเสียชีวิต (แกน X) กับระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออน (แกน Y) ใหม่ ที่เวลาเริ่มต้น 0 ชั่วโมง หลังตาย ได้ค่าเท่ากับ 0.49 mmol/L ซึ่งเป็นค่าปกติที่พบในน้ำวุ้นลูกตาหมู เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นโพแทสเซียมเริ่มต้นในน้ำวุ้นลูกตาหมูมีระดับต่ำกว่าในน้ำวุ้นลูกตาและเลือดของคน 7-10 เท่า และค่าการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของโพแทสเซียมไอออนที่เวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1.75 mmol/L จะมีระดับต่ำกว่าในน้ำวุ้นลูกตาและเลือดของมนุษย์ 1.99-2.84 เท่า เมื่อเทียบกับค่าปกติคน 3.5-5.0 mmol/L แต่มีลักษณะความชันของเส้นโค้งใกล้เคียงกัน ดังนั้น เมื่อนำรูปแบบการคำนวณนี้ไปใช้ประเมินในศพมนุษย์อาจทำให้ค่าประเมินระยะเวลาการเสียชีวิตที่สูงกว่าความเป็นจริง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในน้ำวุ้นลูกตาศพของนางสาวภัทรฤทัย สุนทร (ภัทรฤทัย สุนทร, 2557) โดยผู้วิจัยไม่ได้รายงานสมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเสียชีวิตกับระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ได้จากการศึกษาวิจัย แสดงเพียงกราฟความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหลังการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรง จากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเวลาการเสียชีวิต (แกน X) กับระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมไอออน (แกน Y) ใหม่ ได้ค่าจุดตัดแกน Y เท่ากับ 2.779 mmol/L และค่าการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของโพแทสเซียมไอออน เท่ากับ 7.491 mmol/L สามารถใช้สมการ $Y = 2.779 + 7.491(1 - \exp^{-0.1159X})$, $R^2 = 0.8296$ สามารถใช้ประเมินเวลาหลังตายได้ในช่วง 15 ชั่วโมง ซึ่งถือว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตาใกล้เคียงกับในเลือด (McCleskey, Dye, & Davis, 2016) และระดับโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นจากการแพร่ผ่านบริเวณใกล้เคียงหลังระยะเวลาเสียชีวิตเพิ่มขึ้นสามารถนำมาใช้ในการประเมินระยะเวลาการเสียชีวิตได้ (A., A., & G., 1997; Adelson, Sunshine, Rushforth, & Mankoff, 1963b; Hansson, Uotila, Lindfors, & Laiho, 1966; Hughes, 1965; Lie, 1967; Madea, Herrmann, & Henssge, 1990; Madea & Rödiger, 2006; H N. Naumann, 1959; Schwarcz, Agur, & Jantz, 2010)

สาเหตุการเสียชีวิตของศพที่นำมาตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน ได้แก่ ปอดฉีกขาด ตกเลือดในช่องอก, ขาดอากาศหายใจ ถูกกดรัดลำคอ, โรคหลอดเลือดสมอง, ขาดอากาศหายใจ จากการสำลักอาหาร, ระบบหายใจไหลเวียนโลหิตล้มเหลว, บาดแผลจากกระสุนปืนทำลายสมอง, สมองฟกช้ำ ปอดฉีกขาด ตับและไตซ้ายฉีกขาด กระดูกคอแตก, กะโหลกศีรษะแตก สมองฉีก

ขาด, เสียเลือดมากจากตับและม้ามปริแตก, กระจกขี้ไครงหัก, กะโหลกศีรษะกระทบกระแทกของแข็ง ไม่มีคม, บาดแผลจากกระสุนปืนทำลายสมอง, ขั้วหัวใจฉีกขาดจากพยาธิสภาพ, ตับและไตฉีกขาด กระดูกคอแตก, ปอดฉีกขาดจากถูกของแข็งกระทบ, ปอดฉีกขาด ตกเลือดในช่องท้อง สาเหตุการเสียชีวิตเหล่านี้ อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมในเลือดได้ (ภัทรฤทธิ์สุนทร, 2557)

การศึกษาความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเลือดมนุษย์ของสัญลักษณ์ สำรวย (สัญลักษณ์ สำรวย, 2551) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 ± 0.46 mmol/L ซึ่งอยู่ในช่วงค่าปกติ (Reference range) คือ 3.5-5.0 mmol/L และผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับระยะเวลาการเสียชีวิต โดยแสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) ได้สมการเชิงเส้น คือ $Y = 0.7717X + 19.697$, $R^2 = 0.424$ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ใหม่พบลักษณะการเพิ่มขึ้นของระดับโพแทสเซียมไอออนกับระยะเวลาการเสียชีวิตแบบเอกซ์โพเนนเชียล คือ $Y = 3.795 + 39.575(1 - \exp^{-0.1047X})$, $R^2 = 0.5476$ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดที่ดีกว่า และเหมาะสำหรับการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมไอออนช่วงแรกที่มีลักษณะเส้นกราฟสูงชันและค่อยๆ ช้าลงเมื่อเวลาการเสียชีวิตผ่านไปนานขึ้นจนใกล้จุดคงที่คล้ายกับการศึกษาของ Zilg และคณะ (Zilg et al., 2015) ซึ่งอธิบายถึงลักษณะเส้นความชันเส้นกราฟที่แตกต่างกันหลายจุด ระดับโพแทสเซียมไอออนเพิ่มขึ้นหลังการเสียชีวิตตามเส้นโค้งที่ไม่ใช่ลักษณะเชิงเส้นตรง โดยอายุและอุณหภูมิแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียมไอออน ส่วนระยะเวลาการได้รับบาดเจ็บและปริมาณแอลกอฮอล์สูงขณะเสียชีวิตมีผลน้อยกว่า 1% และยังพบว่าปัจจัยอื่นๆ ที่ตรวจเพิ่มเติมไม่มีผลต่อการเพิ่มของระดับโพแทสเซียมไอออนในน้ำวุ้นลูกตา จากการศึกษาการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเลือดของศพจำนวน 30 ราย ของสัญลักษณ์ สำรวย (สัญลักษณ์ สำรวย, 2551) ได้รายงานสาเหตุการเสียชีวิตได้แก่ ปอดฉีกขาด ตกเลือดในช่องอก ขาดอากาศหายใจ ถูกกดรัดลำคอ โรคหลอดเลือดสมอง ขาดอากาศหายใจจากการสำลักอาหาร ระบบหายใจไหลเวียนโลหิตล้มเหลว บาดแผลจากกระสุนปืนทำลายสมอง สมองฟกช้ำ ปอดฉีกขาด ตับและไตฉีกขาด สาเหตุการเสียชีวิตเหล่านี้ อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มีระดับโพแทสเซียมผิดปกติในเลือด ซึ่งจะแตกต่างกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเลือด

การประเมินช่วงหลังการเสียชีวิตจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อม ต่อคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมและระยะเวลาการเสียชีวิตของศพ

รายงานคะแนนร่างกายรวมของการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาหลังเสียชีวิตของ นพ.กฤติน และคณะ มีช่วงการรายงานเวลาการเสียชีวิตที่กว้างคาบเกี่ยวช่วงเวลา 1-2 วันต่อกลุ่ม ดังนั้นการ

สร้างสมการเชิงเส้นสำหรับการประเมินเวลาการตายจึงใช้ค่าขอบต่ำ กลาง สูง ของช่วงเวลาการตาย กลุ่มตัวอย่างมาคิดเปรียบเทียบกับคะแนนร่างกายรวมของการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาหลังเสียชีวิต โดยมีช่วงระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95% confident interval) คือ 5.575-25.02, 2.620-24.11 และ -0.3445-23.22 ตามลำดับ สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดของคะแนนร่างกายรวม (TBS) ของการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาหลังเสียชีวิต (PMI) อุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) ของพื้นที่เกิดเหตุและกรมอุตุนิยมวิทยาไม่มีความแตกต่างกันทั้งเส้นความชัน (Slope) จุดตัดแกน Y (Y-intercept when $X = 0.0$) และ สัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination or Goodness of fit) จากช่วงเวลาการเสียชีวิตที่กว้างเมื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับคะแนนการเปลี่ยนแปลงของร่างกายหลังตายและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสะสมรายวันและรายชั่วโมง ทำให้ได้ค่าประเมินเวลาการตายที่ยังไม่แม่นยำเท่าที่ควรจะเป็น อาจเป็นผลมาจากสาเหตุการเสียชีวิตของศพเกิดจากภัยพิบัติทางน้ำและไม่ได้รับการเก็บรักษาศพเป็นอย่างดีก่อนที่จะมีการชันสูตรศพ และปัจจัยอุณหภูมิแวดล้อมอาจส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงร่างกายศพเพิ่มขึ้น

รูปแบบสมการทำนายเพื่อประเมินช่วงเวลาหลังการตายโดยใช้คะแนนร่างกายรวมของศพ

การประเมินเวลาการเสียชีวิตจากศพจากรายงานการชันสูตรศพ โดยใช้รูปแบบสมการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนร่างกายรวมศพจากภัยพิบัติซินามิ เมื่อเทียบกับช่วงเวลาการประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิตจากแพทย์นิติเวชพบว่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันและมีช่วงเวลาการเสียชีวิตที่แคบกว่า ยกเว้นในกรณีที่ศพมีช่วงเวลาการเสียชีวิตน้อยกว่า 2 ชั่วโมง จะไม่มีความถูกต้องของเวลาการเสียชีวิต เนื่องจากตามเกณฑ์การประเมินคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมศพหลังเสียชีวิตในศพลักษณะสดมีคะแนนการประเมินขั้นต่ำสุด คือ 8 คะแนน เมื่อนำมาใช้กับสมการความสัมพันธ์คะแนนร่างกายรวมกับเวลาเสียชีวิตจะได้เวลาการเสียชีวิตต่ำสุดเป็น 8.48 ชั่วโมง ซึ่งจะไม่สามารถนำมาใช้ในกรณีนี้ และลักษณะศพใหม่ยังสามารถพบได้ในช่วงเวลา 10-12 ชั่วโมง ที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงของศพเกิดขึ้น โดยเฉพาะศพที่จมน้ำเนื่องจากมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าและสัมผัสกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมได้น้อยส่งผลให้มีการชะลอการเปลี่ยนแปลงอัตราการเน่าสลาย

การประเมินระยะเวลาการเสียชีวิตจากความสัมพันธ์ของช่วงเวลาการเสียชีวิตจากอุณหภูมิสะสมรายวัน พบว่า อุณหภูมิสะสมรายวันมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันตามวันเวลาที่พบศพและตามการเปลี่ยนแปลงสถานะของศพต่างๆ มีเวลาการเสียชีวิตตั้งแต่ -2.64 ถึง 26.86 ชั่วโมง โดยสมการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากอุณหภูมิสะสมรายวันมีจุดตัดแกน Y ซึ่งเป็นแกนของระยะเวลาการเสียชีวิตอยู่ที่ 13.175 ชั่วโมง และเวลาการเสียชีวิตของศพที่คำนวณได้ต่ำกว่าที่แพทย์นิติเวชรายงานเนื่องมาจากมีอุณหภูมिरายวันต่ำ เมื่อเทียบกับอุณหภูมิสะสมรายวันของวันอื่นๆ ในแต่ละพื้นที่และ

ภูมิภาค ศพรายที่ 8 มีอุณหภูมิสะสมรายวันเท่ากับ 4.70°C อุณหภูมิเฉลี่ย ณ วันนั้นของภูมิภาค เท่ากับ $4.05 \pm 1.43^{\circ}\text{C}$ และในศพรายที่ 14 มีอุณหภูมิสะสมรายวันเท่ากับ 3.50°C อุณหภูมิเฉลี่ย ณ วันนั้นของภูมิภาคเท่ากับ $6.75 \pm 1.43^{\circ}\text{C}$ รวมถึงสถานที่ที่พบศพอาจสัมผัสกับปัจจัยอุณหภูมิแวดล้อม ได้แตกต่างกัน เช่น สถานที่ในร่มบนบกที่เกิดขึ้นในตัวเรือนอาคารอาจจะแตกต่างกับในร่มบนบกที่อยู่ นอกตัวอาคารบ้านเรือน และยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่อาจจะมมีผลกระทบ เช่น ขนาดน้ำหนักร่างกาย ชนิดและ จำนวนเสื้อผ้าที่สวมใส่ โรคประจำตัวหรือโรคที่เป็นก่อนเสียชีวิต รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ในสถานที่ที่เสียชีวิต

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบกับปัจจัยอุณหภูมิแวดล้อมจากข้อมูลงานวิจัยที่มีการเผยแพร่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงหลังการเสียชีวิตของสารชีวเคมีในน้ำวุ้นลูกตาและเลือดที่ระบุ ระยะเวลาการเสียชีวิต และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของร่างกายศพกับระยะเวลาการเสียชีวิตและ อุณหภูมิแวดล้อมที่เชื่อมโยงถึงระยะเวลาการภายหลังเสียชีวิต เพื่อสร้างเป็นรูปแบบสมการสำหรับ ประเมินระยะเวลาการเสียชีวิตของศพในประเทศไทยที่มีลักษณะสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น และยังมี ความแตกต่างของอุณหภูมิตามภูมิภาคและความชื้น ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงปัจจัยความแตกต่างของ อุณหภูมิและความชื้นตามพื้นที่ในแต่ละภูมิภาคของประเทศเพิ่มเติม และศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ การเปลี่ยนแปลงของศพทั้งการกระตุ้นและการชะลอตัวของกระบวนการเน่าสลายของศพ เช่น ชนิด เสื้อผ้า จำนวนชิ้น สถานที่พบศพหรือสถานที่เกิดเหตุ สาเหตุการตาย และอาจรวมถึงพฤติกรรมการ ตายที่จะทำให้ได้สมการประเมินระยะเวลาการตายแม่นยำมากขึ้น

รูปแบบสมการความสัมพันธ์ของอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของ สารชีวเคมีและกระบวนการเน่าสลายของศพ สามารถใช้ได้กับระยะเวลาการเสียชีวิตหลังเริ่มการ เสียชีวิตจนถึง 48 ชั่วโมงเท่านั้น ส่วนความสัมพันธ์ของอุณหภูมิสะสมรายวันต่อลักษณะการ เปลี่ยนแปลงกระบวนการเน่าสลายของศพสามารถใช้ได้กับระยะเวลาการเสียชีวิต 2-8 วัน ดังนั้น รูปแบบการประเมินระยะเวลาการเสียชีวิตสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประเมินระยะเวลาการเสียชีวิตได้ ควร ใช้ความระมัดระวังในกรณีที่มีระยะเวลาการเสียชีวิตที่นานขึ้นและควรศึกษาเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่น เพิ่มเติม อุณหภูมิสะสมรายวันและรายชั่วโมงไม่ได้บ่งบอกถึงความร้อนทั้งหมดที่ศพสัมผัสและมีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงหรือเน่าสลายตัว ซึ่งอาจทำให้ประเมินระยะเวลาการตายไม่มีความถูกต้องและแม่นยำ

ภาคผนวก

ตารางที่ 27 ความเข้มข้นของระดับโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ไอออนในน้ำวุ้นลูกตาศจาก
ห้องนิติเวช โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช จำนวน 50 ราย

ลำดับ	เพศ	อายุ (ปี)	ระยะเวลาหลังจากการเสียชีวิตก่อน เก็บตัวอย่าง (ชั่วโมง)	ผลการตรวจวิเคราะห์		
				โซเดียม (mmol/L)	โพแทสเซียม (mmol/L)	คลอไรด์ (mmol/L)
1	ช	56	2.25	129	5.2	129
2	ช	67	6.35	134	5.8	105
3	ช	67	6	136	6.5	105
4	ญ	77	3.25	230	8.1	176
5	ญ	77	4.06	119	4.9	85
6	ญ	22	3.25	154	7.8	127
7	ช	68	7	135	6.8	102
8	ญ	70	13	75	9.2	85
9	ญ	67	3.3	134	2.9	104
10	ญ	78	7	151	7.2	102
11	ช	59	5	151	5.8	121
12	ญ	77	2.2	182	3.7	159
13	ช	83	2	102	2.3	75
14	ช	53	8	88	9.4	69
15	ญ	85	11	132	8.4	101
16	ช	81	8	102	7.5	78
17	ช	53	7	131	6.8	103
18	ญ	87	7	106	6.4	83
19	ญ	93	15	70	10	65
20	ช	71	5	85	4.4	64
21	ญ	82	8	110	7.4	79
22	ญ	74	12	85	8.4	63
23	ญ	63	4	123	4.8	95
24	ช	78	6	111	6.4	90
25	ช	63	1.3	181	8.6	157
26	ช	76	6	133	8	102
27	ญ	85	7	140	8	105
28	ญ	66	14	85	9.2	82
29	ช	63	11	94	14.6	95
30	ญ	68	8	144	8.2	117
31	ญ	85	3	165	6.9	134

ตารางที่ 27 ความเข้มข้นของระดับโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ไอออนในน้ำจืดจาก
ห้องนิติเวช โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช จำนวน 50 ราย (ต่อ)

32	ช	75	8	164	8.7	129
33	ญ	86	9	92	9.1	65
34	ญ	83	6	132	5.7	103
35	ช	80	8	91	7.1	68
36	NA	NA	NA	NA	NA	NA
37	ญ	92	8	109	7.1	82
38	ญ	64	16	75	10.5	70
39	ญ	83	7	108	7.4	79
40	ช	80	7	76	7.4	54
41	ช	69	12	125	6.3	89
42	ญ	61	9	124	7	100
43	ญ	66	>15	70	7.3	77
44	ญ	63	12	104	5.6	79
45	ญ	69	2	135	3.2	102
46	ญ	69	6	120	6.5	95
47	ญ	59	5	115	5.3	94
48	ญ	70	5	139	5.9	99
49	ญ	87	6	117	7.7	84
50	ญ	77	5	120	5.8	95

NA = Not available

ที่มา: (ภัทรฤทัย สุนทร, 2557)



ตารางที่ 28 ความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ โซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ ของบุคลากร
โรงพยาบาลบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา

ลำดับ	เพศ	อายุ (ปี)	ผลการตรวจวิเคราะห์		
			โซเดียม (mmol/L)	โพแทสเซียม (mmol/L)	คลอไรด์ (mmol/L)
1	ญ	35	128.0	3.17	95.0
2	ช	24	125.0	3.67	88.0
3	ช	46	133.4	4.34	92.2
4	ญ	32	136.5	3.82	101.6
5	ช	44	142.4	3.68	104.0
6	ญ	42	141.7	3.99	107.2
7	ญ	24	142.2	4.20	105.8
8	ญ	28	142.2	3.46	100.8
9	ญ	43	138.0	3.82	100.1
10	ช	24	136.8	3.64	105.0
11	ญ	41	140.6	4.37	103.8
12	ช	20	142.0	4.76	108.0
13	ช	37	140.0	4.26	103.0
14	ญ	24	135.0	4.54	102.0
15	ญ	28	137.5	3.61	101.0
16	ญ	52	140.9	4.56	105.1
17	ญ	38	147.0	5.33	108.8
18	ช	29	136.2	3.97	100.2
19	ญ	35	140.2	4.65	106.8
20	ช	27	141.0	4.30	106.0
21	ช	36	143.5	4.40	105.3
22	ญ	39	138.4	3.37	104.8
23	ญ	46	131.0	4.20	99.0
24	ช	40	128.0	3.90	88.0
25	ช	23	142.0	4.10	106.0
26	ญ	37	136.0	4.30	96.0
27	ช	51	140.6	4.65	98.7
28	ญ	43	137.4	4.61	101.5
29	ช	23	143.0	4.47	103.2
30	ช	55	138.4	3.91	99.2

ที่มา: (สัญญาที่ลักษณะ ส้ารวย, 2551)

ตารางที่ 29 ความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ โซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ ในซีรัมพลาสมาจากสถาบัน
นิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ

ลำดับ	เพศ	เวลาการ เสียชีวิต (ชั่วโมง)	ผลการตรวจวิเคราะห์			สาเหตุการเสียชีวิต
			โซเดียม (mmol/L)	โพแทสเซียม (mmol/L)	คลอไรด์ (mmol/L)	
1	ช	10.83	137	16.0	92	ปอดฉีกขาด ตกเลือดในช่องอก
2	ช	12.50	110	40.4	81	ขาดอากาศหายใจ ถูกกดรัดลำคอ
3	ช	5.00	148	10.1	97	โรคหลอดเลือดสมอง
4	ช	21.00	76	56.0	51	ขาดอากาศหายใจ จากการสำลักอาหาร
5	ช	4.00	131	17.2	88	ระบบหายใจไหลเวียนโลหิตล้มเหลว
6	ญ	14.00	129	19.6	87	บาดเจ็บจากกระสุนปืนทำลายสมอง
7	ญ	33.00	122	39.6	85	สมองฟกช้ำ ปอดฉีกขาด ตับและไตช้ำ ฉีกขาด กระดูกคอแตก
8	ญ	51.00	63	50.0	69	กะโหลกศีรษะแตก สมองฉีกขาด
9	ช	27.00	116	26.0	79	เสียเลือดมากจากตับและม้ามปริแตก
10	ช	13.00	108	37.2	79	ขาดอากาศหายใจ ถูกกดรัดลำคอ
11	ช	19.00	115	34.5	82	โรคหลอดเลือดสมอง
12	ญ	17.00	110	40.0	80	ระบบหายใจไหลเวียนโลหิตล้มเหลว
13	ช	22.00	113	43.2	73	กะโหลกศีรษะแตก สมองฉีกขาด
14	ช	25.50	120	38.7	101	กะโหลกศีรษะแตก สมองฉีกขาด
15	ช	5.33	127	22.2	88	กระดูกซี่โครงหัก
16	ช	16.33	94	48.3	88	กะโหลกศีรษะกระทบกระแทกของแข็งไม่มีคม
17	ช	13.33	106	47.6	104	บาดเจ็บจากกระสุนปืนทำลายสมอง
18	ช	21.50	115	36.4	83	หัวใจฉีกขาดจากพยาธิสภาพ
19	ช	25.50	112	38.7	101	ตับและไตฉีกขาด กระดูกคอแตก
20	ช	16.33	108	44.1	93	โรคหลอดเลือดสมอง
21	ช	22.75	115	36.4	83	บาดเจ็บจากกระสุนปืนทำลายสมอง
22	ช	20.83	116	36.9	89	เสียเลือดมากจากม้ามปริแตก
23	ช	7.33	124	27.2	89	บาดเจ็บจากกระสุนปืนทำลายสมอง
24	ญ	7.50	131	20.4	97	ปอดฉีกขาดจากถูกของแข็งกระทบ
25	ช	18.00	131	29.0	108	ปอดฉีกขาด ตกเลือดในช่องท้อง
26	ญ	9.75	113	22.8	93	ระบบหายใจไหลเวียนโลหิตล้มเหลว
27	ญ	3.50	109	29.3	76.5	กะโหลกแตก เนื้อสมองฉีกขาด

ตารางที่ 29 ความเข้มข้นอิเล็กโทรไลต์ โซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ ในซีรัมศพจากสถาบัน
นิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ (ต่อ)

ลำดับ	เพศ	เวลาการ เสียชีวิต (ชั่วโมง)	ผลการตรวจวิเคราะห์			สาเหตุการเสียชีวิต
			โซเดียม (mmol/L)	โพแทสเซียม (mmol/L)	คลอไรด์ (mmol/L)	
28	ญ	7.00	122	19.2	91.6	ระบบหายใจไหลเวียนโลหิตล้มเหลว
29	ญ	1.00	134	2.5	90	ขาดอากาศหายใจ ถูกกดรัดลำคอ
30	ญ	4.50	124	27.2	89	โรคหลอดเลือดสมอง

ที่มา: (สัญลักษณ์ สำร่วย, 2551)



รายการอ้างอิง

- Adelson, L., Sunshine, I., Rushforth, N. B., & Mankoff, M. (1963). Vitreous potassium concentration as indicator of the postmortem interval. *J Forensic Sci.*, 8(4), 503-514.
- Adjutantis, G., & Coutselinis, A. (1972). Estimation of time of death by potassium levels in the vitreous humor. *J Forensic Sci.*, 1(1), 55-60.
- Ahi, R. S., & Garg, V. (2011). Role of vitreous potassium level in estimating postmortem interval and the factors affecting it. *J Clin Diagnostic Res.*, 5(1), 13-15.
- Amendt, J., Campobasso, C. P., Gaudry, E., Reiter, C., LeBlanc, H. N., & Hall, M. J. R. (2007). Best practice in forensic entomology—standards and guidelines. *Int J Legal Med.*, 121(2), 90-104. doi:doi: 10.1007/s00414-006-0086-x
- Balasoorya, B. A., Hill, C. A., & Williams, A. R. (1984). The biochemistry of vitreous humor. A comparative study of potassium, sodium and urate concentration in the eyes at identical time intervals after death. *Forensic Sci Int.*, 26(2), 85-91. doi:doi: 10.1016/0379-0738(84)90064-1
- Bass, W. M. (1997). *Outdoor Decomposition Rates in Tennessee [in] Forensic Taphonomy: the postmortem fate of human remains in Forensic taphonomy: the postmortem fate of human remains* (M. H. S. William D. Haglund Ed.): CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Blumenfeld, T. A., Mantell, C. H., Catherman, R. L., & Blank, W. A. (1979). Postmortem vitreous humour chemistry in sudden infant death syndrome and in other causes of death in childhood. *Am J Clin Pathol.*, 71(1979), 219-223.
- Brown, C., & Peckmann, T. (2013). Decomposition rates and taphonomic changes associated with the estimation of time since death in a summer climate: a case study from urban Nova Scotia. *Can Soc Forensic Sci.*, 46(4), 209-230.
- Buekenhout, I., Cravo, L., Vieira, D. N., Cunha, E., & Ferreira, M. T. (2018). Applying standardized decomposition stages when estimating the PMI of buried remains: reality or fiction? *Aust J Forensic Sci.*, 50(1), 68-81.
- Cameron, A. C., & Oxenham, M. (2012). Disarticulation sequences and scattering

- patterns in temperate Southeastern Australia. *Aust J Forensic Sci.*, 44(2), 197-211.
doi:doi.org/10.1080/00450618.2011.650206
- Chandrakanth, H. V., Kanchan, T., Balaraj, B. M., Virupaksha, H. S., & Chandrashekar, T. N. (2013). Postmortem vitreous chemistry - An evaluation of sodium, potassium and chloride levels in estimation of time since death (during the first 36 h after death). *J Forensic Leg Med.*, 20(4), 211-216.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jflm.2012.09.001>
- Clark, M. A., Worrell, M. B., & Pless, J. E. (1997). *Postmortem Changes in soft tissues. In: Forensic taphonomy the postmortem fate of human remains* (W. Hugland & M. Sorg Eds.): The United States of America: CRC Press.
- Coe, J. I. (1969). Postmortem chemistries on humor vitreous humor. *Am J Clin Pathol.*, 51(6), 741-750. doi:doi: 10.1093/ajcp/51.6.741
- Coe, J. I. (1973). Some further thoughts and observations on postmortem chemistries. *Forensic Sci Gazette*, 5, 2-6.
- Coe, J. I., & Apple, F. S. (1985). Variation in vitreous humor chemical values as a result of instrumentation. *J Foensic Sci.*, 30(3), 828-835.
- Deokar, R. B., Shendarkar, A. T., & Patil, S. S. (2013). Estimation of time since death by means of changes in the eye-vitreous humour. *IJHBR*, 1(3), 141-146.
- DiMaio, V. J., & DiMaio, D. (2001). *Forensic Pathology* (Second edition ed.): The United States of America: CRC Press.
- Dix, J. D. (1987). Missouri Lakes and the Disposal of Homicide Victims. *J Forensic Sci.*, 32(3), 806-809.
- Donaldson, A., & Lamont, I. (2013). Biochemistry Changes That Occur after Death: Potential Markers for Determining Post-Mortem Interval. *PLOS ONE*, 8(11), 1-10.
- Fitzgerald, C. M., & Oxenham, M. (2009). Modeling time-since-death in Australian temperate conditions. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 41(1), 27-41.
- Forbes, S. (2004). Time since death: a novel approach to dating skeletal remains. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 36(2), 67-72.
- Forbes, S., & Nugent, K. (2009). *Dating of Anthropological Skeletal Remains of Forensic Interest in Handbook of Forensic Anthropology and Archaeology* (D. H. U. Soren Blau Ed.): Left Coast Press, Inc.: Walnut Creek, California.

- Galloway, A. (1997). *The process of decomposition: a model from the Arizona-Sonoran desert*. In: *Forensic taphonomy the postmortem fate of human remains: The United States of America*: CRC Press.
- Galloway, A., Birkby, W., Jones, A., Henry, T., & Parks, B. (1989). Decay Rates of Human Remains in an Arid Environment. *J Forensic Sci.*, 34(3), 607-616.
doi:<https://doi.org/10.1520/JFS12680J>.
- Gelderman, H. T., Boer, L., Naujocks, T., IJzermans, A. C. M., & Duijst, W. L. J. M. (2018). The development of a postmortem interval estimation for human remains found on land in the Netherlands. *Int J Legal Med.*, 132(3), 863-873. doi:doi: 10.1007/s00414-017-1700-9
- Gregora, Z., Kratochvil, J., Vavrova, J., & Oplstil, L. (1978). The proportion of potassium and calcium in the vitreous body in relation to the time of death. *Cesk Patol.*, 14(1), 1-7.
- Gruenthal, A., Moffatt, C., & Simmons, T. (2012). Differential decomposition patterns in charred versus uncharred remains. *J Forensic Sci.*, 57(1), 12-18.
doi:10.1111/j.1556-4029.2011.01909.x
- Heaton, V., Lagden, A., Moffatt, C., & Simmons, T. (2010). Predicting the postmortem submersion interval for human remains recovered from UK waterways. *J Forensic Sci.*, 55(2), 301-307.
- Henssge, C. (1988). Death time estimation in case work. I. The rectal temperature time of death nomogram. *Forensic Sci Int.*, 38(3-4), 209-236.
- Henßge, C., & Madea, B. (2004). Estimation of the time since death in the early post-mortem period. *Forensic Science International*, 144, 167-175.
- Isabel, C., Félix, C., Teresa. Magalhães., Paula, G. d. P., Ricardo, S., & Ricardo Jorge, D.-O. (2015). Promising blood-derived biomarkers for estimation of the postmortem interval. *Toxicol Res.*, 4, 1443-1452.
- Jaffe, F. A. (1962). Chemical post-mortem changes in the intraocular fluid. *J Forensic Sci.*, 7, 231-237.
- Jashnani, K. D., Kale, S. A., & Rupani, A. B. (2010). Vitreous humor: biochemical constituents in estimation of postmortem interval. *J Forensic Sci.*, 55(6), 1523-1527. doi:doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01501.x.

- Klepinger, L. L. (2006). *The Postmortem Period in Fundamentals of Forensic Anthropology*: John Wiley and Sons, Inc.: Hoboken, New Jersey.
- Lee, G. M. (2009). Early postmortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. *Experimental and applied acarology*, 49, 21-36.
- Madea, B., Henßge, C., Reibe, S., Tsokos, M., & Kernbach-Wighton, G. (2014). *Postmortem changes and time since death*. In: Madea B, editor. *Handbook of forensic medicine*: Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons.
- Madea, B., Hermann, N., & Henssge, C. (1990). Calcium concentration in vitreous humor—a means for determining time of death. *Beitr Gerichtl Med.*, 48, 489-499.
- Madea, B., Kaferstein, H., Hermann, N., & Sticht, G. (1994). Hypoxanthine in vitreous humor and cerebrospinal fluid—a marker of postmortem interval and prolonged (vital) hypoxia. Remarks also on hypoxanthine in SIDS. *Forensic Sci Int.*, 65, 19.
- Mann, R. W., Bass, W. M., & Meadows, L. (1990). Time Since Death and Decomposition of the Human Body: Variables and Observations in Case and Experimental Field Studies. *J Forensic Sci.*, 35(1), 103-111.
- Marhoff, S. J. (2013). Using accumulated degree days and a degree of decomposition index to estimate the post-mortem interval of decomposing remains found in the Hawkesbury region: a porcine model (unpublished Honours thesis), in School of Science and Health. *University of Western Sydney: Campbelltown Campus*.
- Marhoff, S. J., Fahey, P., Forbes, S. L., & Green, H. (2016). Estimating post-mortem interval using accumulated degree days and a degree of decomposition index in Australia: a validation study. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 48(1), 24-36.
- Marks, M. K., Love, J. C., & Dadour, I. (2009). *Taphonomy and Time: Estimating the Postmortem Interval in Hard Evidence: Case Studies in Forensic Anthropology* (D. Musslewhite Ed. 2nd ed.): Pearson Education.
- McKoy, C., Choo-Kang, E., & Escoffrey, C. (1983). Vitreous humour analytes in assessing the post-mortem interval and ante-mortem clinical status. *W E Medical J.*, 32, 23-26.
- Megyesi, M. S., Nawrocki, S. P., & Haskell, N. H. (2005). Using accumulated degree-days

- to estimate the postmortem interval from decomposed human remains. *J Forensic Sci.*, 50(3), 618-626.
- Megyesi, M. S., Nawrocki, S. P., & Haskell, N. H. (2005). *Using accumulated degree-days to estimate the postmortem interval from decomposed human remains.*
- Melina, L. (2010). *Physical and chemical analysis of pig carcass decomposition in a fine sand [unpublished Master's thesis on the internet].* Ontario, Canada: University of Ontario Institute of Technology, Retrieved from <http://hdl.handle.net/10155/115>
- Moffatt, C., Simmons, T., & Lynch-Aird, J. (2016). An Improved Equation for TBS and ADD: Establishing a Reliable Postmortem Interval Framework for Casework and Experimental Studies. *J Forensic Sci.*, 61(S1), S201-207.
- Myburgh, J., L'Abbé, E. N., & Steyn, M. (2013). Estimating the post-mortem interval using accumulated degree-days in a South African setting. *Forensic Sci Int.*, 229, 165e.161-166.
- Naumann, H. N. (1959). Postmortem chemistry of the vitreous body in man. *AMA Arch Ophthalmol.*, 63(3), 356-363. doi:doi:10.1001/archopht.1959.04220030012003
- Nishida, A., Funaki, H., Kobayashi, M., Tanaka, Y., Akasaka, Y., Kubo, T., & Ikegaya, H. (2015). Blood creatinine level in postmortem cases. *Science and Justice*, 55(3), 195-199. doi:doi: 10.1016/j.scijus.2014.12.005
- Nowak, R., & Balabanova, S. (1989). Determination of calcium and magnesium in postmortem human vitreous humor as a test to ascertain the cause and time of death. *Zeitschrift für Rechtsmedizin*, 102, 179-183.
- Parks, C. L. (2011). A study of the human decomposition sequence in Central Texas. *J Forensic Sci.*, 56(1), 19-22.
- Pickering, R. B., & Bachman, D. (2009). *Determination of time since death, in The Use of Forensic Anthropology.*
- Poposka, V., Gutevska, A., Stankov, A., Pavlovski, G., Jakovski, Z., & Janeska, B. (2013). Estimation of time since death by using algorithm in early postmortem period. *Global Journals Inc.*, 13(3), 17-26.
- Prasad, B. K., Choudhary, A., & Sincha, T. N. (2003). A study of correlation between vitreous potassium level and postmortem interval. *Kathmandu Univ Med J.*,

1(2), 132-134.

Reed, H. B. (1958). A Study of Dog Carcasses in Tennessee with Special Reference to Insects. *Am Midl Nat.*, 59(1), 213-245.

Reichs, K. J., & Bass, W. M. (1998). *Estimation of time since death in the south western United States in Forensic osteology : advances in the identification of human remains*: Springfield, Illinois: Charles C. Thomas.

Rodriguez, W. C., & Bass, W. M. (1983). Insect Activity and its Relationship to Decay Rates of Human Cadavers in East Tennessee. *J Forensic Sci.*, 28(2), 423-432.

Rodriguez, W. C., & Bass, W. M. (1985). Decomposition of Buried Bodies and Methods That May Aid in Their Location. *J Forensic Sci.*, 30(3), 836-852.

Sachdeva, N., Rani, Y., Singh, R., & Murari, A. (2011). Estimation of postmortem interval from the changes in vitreous biochemistry. *J Indian Acad Forensic Med.*, 33(2), 171-174.

Saugstad, O. D., & Olaisen, B. (1978). Post-mortem hypoxanthine levels in the vitreous humour an introductory report. *Forensic Sci Int.*, 12(1), 33-36.

doi:[https://doi.org/10.1016/0379-0738\(78\)90031-2](https://doi.org/10.1016/0379-0738(78)90031-2)

Sharma, B. R., Harish, D., Sharma, V., & Vij, K. (2002). Poisoning in Northern India: Changing Trends, Causes and Prevention Thereof. *Medicine, Science and the Law*, 42(3), 251-257. doi:doi:10.1177/002580240204200310

Simmons, T., Adlam, R. E., & Moffatt, C. (2010). Debugging decomposition data-- comparative taphonomic studies and the influence of insects and carcass size on decomposition rate. *Journal of Forensic Sciences*, 55(1), 8-13.

doi:10.1111/j.1556-4029.2009.01206.x

Sturner, W. Q. (1963). The vitreous humour: postmortem potassium changes. *Lancet*, 1(7285), 807-808. doi:doi: 10.1016/s0140-6736(63)91509-5.

Sturner, W. Q., & Gantner, J. G. (1964). The postmortem interval - A study of potassium in the vitreous humor. *Am J Clin Pathol.*, 42, 137-144. doi:doi:

10.1093/ajcp/42.2.137

Suckling, J. K., Spradley, M. K., & Godde, K. (2016). A Longitudinal Study on Human Outdoor Decomposition in Central Texas. *Journal of Forensic Sciences*, 61(1), 19-25. doi:10.1111/1556-4029.12892

- Thierauf, A., Musshoff, F., & Madea, B. (2009). Postmortem biochemical investigations of vitreous humor. *Forensic Sci Int.*, 192(1-3), 78-82.
- Troutman, L., Moffatt, C., & Simmons, T. (2014). A preliminary examination of differential decomposition patterns in mass graves. *J Forensic Sci.*, 59(3), 621-626.
- Van Daalen, M. A., De Kat, D. S., Oude Grotebevelsberg, B. F., De Leeuwe, R., Warnaar, J., Oostra, R. J., & Duijst-Heesters, W. L. J. M. (2017). An Aquatic Decomposition Scoring Method to Potentially Predict the Postmortem Submersion Interval of Bodies Recovered from the North Sea. *J Forensic Sci.*, 62(2), 369-373. doi:doi: 10.1111/1556-4029.13258
- Wilson-Taylor, R. J., & Dautartas, A. M. (2013). *Time since death estimation and bone weathering, in Forensic Anthropology: An Introduction, M.T.A. Tersigni-Tarrant and N.R. Shirley, Editors.* (N. R. Langley & M. A. Tersigni-Tarrant Eds. 2 ed.): CRC Press Taylor and Francis Group: Boca Raton, Florida.
- Zilg, B., Bernard, S., Alkass, K., Berg, S., & Druid, H. (2015). A new model for the estimation of time of death from vitreous potassium levels corrected for age and temperature. *Forensic Sci Int.*, 254, 158-166.
- กฤติน มีวุฒิสม, & นิติกร โปริสวานิชย์. (2557). การประเมินเวลาตายในศพเน่าบริเวณภูมิอากาศเขตร้อนจากสมการคะแนน. วารสารสมาคมแพทยนิติเวชแห่งประเทศไทย, 8(2), 112-126.
- ขุนทอง, จ. (2562). ปัญหากฎหมายในการชันสูตรพลิกศพ ตามประมวลกฎหมาย วิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 150. สำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 6 หน้า.
- ธวัชชัย วัฒนเขจร, & อุดมศักดิ์ หุ่นวิจิตร. (2542). การตาย การเปลี่ยนแปลงหลังตาย และการประมาณเวลาตาย: กทม.: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปานใจ โวหารดี. (2562). การตรวจวัดปริมาณโลหะหนักหลายชนิดในน้ำวุ้นลูกตาเพื่อใช้ในการประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิต. from ศูนย์อำนวยการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติปีงบประมาณ 2560
- ปิยฉัตร พรหมเพชร. (2553). การประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตของศพจากการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของเซลล์เม็ดเลือดขาว. (วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์), มหาวิทยาลัยศิลปากร,
- ภัทรฤทัย สุนทร. (2557). การประมาณเวลาเสียชีวิตของศพจากระดับอิเล็กโทรไลต์จากน้ำวุ้นลูกตา. (วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์), มหาวิทยาลัยศิลปากร,
- มาโนช โชคแจ่มใส. (2542). การตายและการเปลี่ยนแปลงภายหลังตาย: ภาควิชานิติเวชศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศักดิ์ดา, ส., & กัณฑ์, ท. ณ. อ. (2557). การประมาณเวลาตาย ในคู่มือการปฏิบัติงานนิติเวช (สำหรับแพทย์และบุคลากรทางการแพทย์) กระทรวงสาธารณสุข: สำนักบริหารการสาธารณสุข สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข.

สัญญาลักษณ์ ส้ารวย. (2551). การประมาณเวลาการเสียชีวิตของศพจากระดับโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ในเลือด. (วิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์), มหาวิทยาลัยศิลปากร,

สุภาวรรณ, น. (2559). การประมาณเวลาตายในเวชปฏิบัติ. *Rama Med J.*, 39, 225-233.

เอกลักษณ์ พงศ์พุทธชาติ, & ธานี วรภัทร. (2559). การตรวจสอบและถ่วงดุลการชันสูตรพลิกศพและการผ่าศพตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา. *วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต*, 5(1), 743-751.





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรเชษฐ์ ขอบใจ
วัน เดือน ปี เกิด	25 สิงหาคม 2519
สถานที่เกิด	จ.อุตรดิตถ์
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2563 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์และงาน ยุติธรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พ.ศ. 2549 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2543 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคนิคการแพทย์ คณะ เทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่ปัจจุบัน	88/167 กุลพันธ์วิลล์ 9 ม.8 ต.บ้านแหวน อ.หางดง จ.เชียงใหม่ 50230

