บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

การศึกษาทางการแพทย์และสัตวแพทย์นั้น ผู้เรียนมีความจำเป็นต้องศึกษากายวิภาคจากร่างกายของมนุษย์หรือสัตว์ที่ผ่านการรักษาสภาพด้วยการดอง (Embalming) ในน้ำยาเคมี โดยคุณภาพการดองศพขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น การเปลี่ยนแปลงหลังการตาย (Postmortem change) ระยะเวลาการตายก่อนการดอง (Postmortem period) สารเคมีที่ใช้ในน้ำยารักษาสภาพ (Embalming chemical) และกระบวนการดอง (Embalming process) เป็นต้น

2.1 กระบวนการตาย (Progression of somatic death)

การตายของสิ่งมีชีวิตมีสองขั้นตอน คือ ร่างกายสูญเสียความสามารถในการดำรงชีวิต (Agonal period) และ การตายของเซลล์ร่างกาย (Somatic death) ซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเริ่มจากการตายทางการแพทย์ (Clinical death) เกิดขึ้นทันทีเมื่อระบบหายใจและการเต้นของหัวใจหยุดทำงาน การตายของสมอง (Brain death) เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อขาดอ๊อกซิเจน โดยสมองส่วนแรกที่ตายคือ cerebral cortex ซึ่งตายภายใน 5-6 นาที (2) จากนั้นจึงเกิดการตายในส่วน mid brain และ brain stem การตายทางชีววิทยา (Biological death) หมายถึงการตายของเซลล์ร่างกายโดยอวัยวะต่างๆ ไม่สามารถทำงานได้ และการตายของเซลล์ (Postmortem cellular death) เกิดเมื่อเซลล์แต่ละเซลล์ตายแล้ว จะใช้เวลาแตกต่างกัน เช่น เซลล์สมองและระบบประสาท ใช้เวลา 5 นาที เซลล์กล้ามเนื้อ ใช้เวลา 3 ชั่วโมง เซลล์กระจกตา (Cornea) ใช้เวลา 6 ชั่วโมง และเซลล์เม็ดเลือด ใช้เวลา 6 ชั่วโมง เป็นต้น (2)

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงของร่างกายในช่วง Agonal period

ภายหลังการสูญเสียความสามารถในการดำรงชีวิตของร่างกายจะเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงขึ้นหลายขั้นตอน ดังนี้ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Temperature changes) การเปลี่ยนแปลงระบบไหลเวียนโลหิต (Circulatory changes) การเปลี่ยนแปลงความชื้น (Moisture changes) และการเปลี่ยนแปลงหลังการตาย (Postmortem change)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.1.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Temperature changes)

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของร่างกายมีสองแบบ แบบที่ 1 เรียกว่า agonal algor หมายถึง การลดลงของอุณหภูมิร่างกาย มักเกิดกับผู้ป่วยที่มีอายุมาก และตายช้าๆ กลไกต่างๆ ค่อยๆ ลดการทำงานลง ระบบไหลเวียนโลหิตช้าลง และแบบที่ 2 เรียกว่า agonal fever หมายถึง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิร่างกาย มักเกิดในรายที่มีการติดเชื้อ หรือได้รับสารพิษ โดยอุณหภูมิสูงจะไปเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่า

2.1.1.2 การเปลี่ยนแปลงระบบไหลเวียนโลหิต (Circulatory changes)

การเปลี่ยนแปลงของระบบไหลเวียนโลหิต มีสามลักษณะ เริ่มจาก agonal hypostasis เป็นการจัดเรียงตัวกันของเลือด เนื่องจากการไหลเวียนของเลือดที่ช้าลงร่วมกับแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้เลือดไหลลงสู่ส่วนล่างของร่างกาย จากนั้นเลือดจะจับตัวกันเป็นก้อน เรียกว่า agonal coagulation ทำให้การไหลเวียนของเลือดช้าลง และเกิดการเปิดออกของผนังของหลอดเลือดฝอย เพื่อต้องการเพิ่มอ๊อกซิเจนให้แก่เซลล์และเนื้อเยื่อต่างๆ เรียกว่า agonal capillary expansion

2.1.1.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้น (Moisture changes)

การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในร่างกายหลังการตายมีสองแบบคือ การบวมน้ำ (Agonal edema) เกิดจากความชื้นหรือของเหลวในเนื้อเยื่อและช่องว่างในลำตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากการติดเชื้อหรือการแตกของหลอดเลือดฝอย ทำให้เกิดการบวมของร่างกาย และการขาดน้ำ (Agonal dehydration) คือการลดลงของความชื้น หรือของเหลวในเนื้อเยื่อหรือช่องว่างของลำตัว ทำให้ร่างกายมีลักษณะแห้ง

2.1.1.4 การเปลี่ยนแปลงหลังการตาย (Postmortem change)

การเปลี่ยนแปลงหลังการตาย แบ่งเป็นสองประเภท คือ การเปลี่ยนแปลงทางสรีระ (Physical change) คือ การเปลี่ยนแปลงทางสรีระที่เกิดขึ้นตามแรงธรรมชาติ (Forces of nature) โดยไม่ได้ทำให้เกิดสารเคมีชนิดใหม่ขึ้นภายในร่างกาย เช่น แรงโน้มถ่วงของโลกทำให้เลือดไหลลงสู่ร่างกายส่วนล่าง เป็นต้น และการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Chemical change) เป็นการเปลี่ยนแปลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกี่ยวกับกิจกรรมของสารเคมี (Chemical activity) ส่งผลให้เกิดสารเคมีชนิดใหม่ขึ้นภายในร่างกาย (2)

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงทางสรีระหลังการตาย (Postmortem physical change)

การเปลี่ยนแปลงทางสรีระหลังการตายมีขั้นตอน ดังนี้ ร่างกายเย็นลง (Algor mortis) เลือดไหลลงสู่ร่างกายส่วนล่าง (Hypostasis) ทำให้เกิดจ้ำเลือด (Livor mortis) การสูญเสียน้ำ (Dehydration) เลือดมีความข้นหรือเหนียวเพิ่มขึ้น (Increase in blood viscosity) และการเคลื่อนย้ายของเชื้อจุลินทรีย์ (Endogenous invasion หรือ Translocation of microorganism) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

2.1.2.1 ร่างกายเย็นลง (Algor mortis)

การลดลงของอุณหภูมิของร่างกายภายหลังจากการตาย โดยทั่วไปอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมจะเย็นกว่าอุณหภูมิของร่างกาย แต่เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิในร่างกายจะลดลงเท่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม โดยการลดลงของอุณหภูมิร่างกายนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในร่างกาย (Intrinsic factors) และ ปัจจัยภายนอกหรือสิ่งแวดล้อมภายนอกร่างกาย (Extrinsic factors)

ปัจจัยภายในร่างกาย เช่น คนอ้วนมีพื้นที่ผิวของร่างกายเยอะจะสูญเสียความร้อนเร็วกว่าคนผอม ส่วนคนที่มีน้ำหนักมากอุณหภูมิจะเย็นช้ากว่าคนน้ำหนักน้อย โดยอัตราส่วนการเย็นลงของศพจะขึ้นกับพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักร่างกาย นอกจากนี้การลดลงของอุณหภูมิร่างกายยังขึ้นอยู่กับสภาวะของร่างกายก่อนตายด้วย เช่น ถ้ามีไข้ หรือมีการทำงานของร่างกายที่ไม่ปกติ จะทำให้ร่างกายเย็นลงช้ากว่าปกติ แต่ถ้าอุณหภูมิร่างการเย็นก่อนตายต์จะทำให้ช่วงเวลาการลดลงของอุณหภูมิภายในร่างกายให้เท่ากับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมยิ่งเร็วขึ้นด้วย พบว่า การลดอุณหภูมิร่างกายอย่างรวดเร็วโดยการแช่เย็นจะช่วยลดการแข็งเกร็ง (Rigor mortis) ของศพ เป็นการช่วยลดการเน่าให้ช้าลง และช่วยให้เลือดยังคงสภาพของเหลวอยู่ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดอง และทำให้ศพไม่เปลี่ยนสี (Livor mortis) ด้วย

ปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อการลดลงของอุณหภูมิร่างกาย เช่น เสื้อผ้า (Body covering) ส่งผลต่อการระบายความร้อนจากร่างกายไปสู่สิ่งแวดล้อม หรือสภาพแวดล้อมรอบๆ ศพ เช่น ศพที่อยู่ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮด์ จะมีอุณหภูมิลดลงเร็วกว่าศพที่อยู่บนบกที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮด์ เนื่องจากน้ำพาความร้อนออกไปจากศพได้ดีกว่าอากาศ (2)

ในสัตว์พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิภายหลังการตายมีหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมและความชื้น สภาพร่างกายก่อนการตายหรืออุณหภูมิของร่างกายก่อนตาย สภาพการทำงานของกล้ามเนื้อก่อนสัตว์ตาย ขนาดของสัตว์ ขนและหนังที่ปกคลุม ความอ้วนของสัตว์ สภาวะที่มีการเสียเลือดมากก่อนตาย และการจัดการซาก โดยถ้าสัตว์มีการใช้กล้ามเนื้อทำงานมากก่อนตาย เช่น การออกกำลังกายในม้าแข่ง หรือสัตว์ที่ตายเพราะกล้ามเนื้อกระตุกจากโรคบาดทะยัก (Tetanus) จะมีการสะสมกรดแลคติกทำให้เน่าเร็วกว่าปกติ ส่วนสัตว์ที่มีขนาดตัวใหญ่ เช่น ช้าง ม้า วัว ควาย เน่าเร็วกว่าสัตว์ขนาดเล็ก เช่น สุนัข แมว (9) เพราะขนาดใหญ่ผนังลำตัวหนา จะมีความร้อนสะสมอยู่ได้นาน การเน่าจะเกิดขึ้นเร็วกว่า ส่วนสัตว์ขนยาวหรือขนหนา มักเน่าเร็วกว่าสัตว์ขนสั้นหรือขนบาง เพราะร่างกายจะเย็นลงช้า การเน่าจะเกิดขึ้นเร็วกว่า และสัตว์อ้วน (ไขมันมาก) เน่าเร็วกว่าสัตว์ผอม (ไขมันน้อย) (9) เพราะจะเก็บกักความร้อนได้ดี นอกจากนี้พบว่าสัตว์ที่ตายเพราะการติดเชื้อ เช่น แบคทีเรีย จะทำให้เกิดการเน่าได้เร็วกว่าสาเหตุอื่นๆ และลักษณะของการจัดการกับซากภายหลังการตายก็มีผลกับอุณหภูมิร่างกาย เช่น การนำอวัยวะภายในออก จะมีผลทำให้มวลร่างกาย (Body mass) ลดลง และพื้นที่ผิว (Surface area) เพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้สูญเสียความร้อนออกนอกร่างกาย (Body heat loss) เร็วขึ้น การเลาะผิวหนังของซากออก มีผลทำให้ body heat loss เพิ่มขึ้นเช่นกัน และการขนส่งซากทางรถ หากมีการระบายอากาศดี จะทำให้ซากเย็นเร็วกว่า (9)

2.1.2.2 เลือดไหลลงสู่ส่วนล่างของร่างกาย (Hypostasis)

กระบวนการที่เลือดไหลลงสู่พื้นที่ด้านล่างของลำตัวตามแรงโน้มถ่วงของโลก ขึ้นกับตำแหน่งการวางตัวของร่างกายด้วย ทำให้เกิดลักษณะจ้ำเลือด (Livor mortis) ปรากฏขึ้นใบบริเวณของร่างกายส่วนล่าง เกิดจากการเปลี่ยนสีของเลือดที่อยู่ภายในหลอดเลือดจากขั้นตอน hypostasis บางครั้งเรียกว่า postmortem lividity หรือ cadaveric lividity เกิดขึ้นหลังตาย 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมง (2)

ในปี 1995 Vanezis และ Trujillo ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการที่เลือดไหลลงสู่ส่วนล่างของร่างกายกับระยะเวลาการตาย โดยการวัดสีของศพ พบว่า อัตราการเปลี่ยนสีของศพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 12 ชั่วโมง หลังการตาย จากนั้นอัตราการเปลี่ยนสีเริ่มลดลงในช่วง 12-48 ชั่วโมง หลังจากนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นน้อย และเริ่มคงที่เมื่อเวลา 72 ชั่วโมงหลังการตาย (10)

2.1.2.3 การสูญเสียน้ำ (Dehydration)

การระเหยของของเหลวในร่างกายสู่บรรยากาศ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องสอง ปัจจัย คือ การสูญเสียน้ำไปในบรรยากาศ (Surface evaporation) และ การไหลลงของเลือดตามแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitation หรือ hypostasis) ทำให้บริเวณด้านบนของร่างกายสูญเสียน้ำ ในขณะที่ด้านล่างของร่างกายเกิดการบวมน้ำ

2.1.2.4 เลือดมีความข้นหรือเหนียวเพิ่มขึ้น (Increase in blood viscosity)

เกิดขึ้นภายหลังจากการสูญเสียน้ำไปสู่บรรยากาศ ทำให้เลือดมีความเหนียวหรือข้นขึ้น

2.1.2.5 การเคลื่อนย้ายของเชื้อจุลินทรีย์ (Endogenous invasion (Translocation) of microorganism)

การเคลื่อนที่ของเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในร่างกายขณะมีชีวิตจากพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง ภายในร่างกาย เกิดจากการสูญเสียความสามารถในการเก็บรักษาเชื้อไว้ที่ส่วนใดส่วนหนึ่งในสภาพปกติได้ โดยเชื้อจุลินทรีย์จะเข้าไปในระบบไหลเวียนโลหิต สู่พื้นที่อื่นในร่างกาย หรือเคลื่อนที่ตามแรงโน้มถ่วงของโลก หรือการเคลื่อนที่ไปสู่เนื้อเยื่อที่มีความชื้น

2.1.3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีหลังการตาย (Postmortem Chemical change)

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีหลังการตายประกอบด้วย การเกิดความร้อน (Postmortem Caloricity) การเกิดสีหลังการตาย (Postmortem Stain) การลดลงของค่า pH (Shift in body pH) การแข็งเกร็งของศพ (Rigor mortis หรือ postmortem stiffening)

2.1.3.1 การเกิดความร้อน (Postmortem Caloricity)

เนื่องจากกระบวนการเมแทบอลิสม (Metabolism) ของเซลล์ประกอบด้วยกระบวนการ 2 ชนิด คือ การสร้าง (Anabolism) และ การทำลาย (Catabolism) ซึ่งทำให้เกิดความร้อนและพลังงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยหลังการตายเซลล์ยังคงเกิดกระบวนการ metabolism อยู่ เพราะยังมีออกซิเจน ทำให้ร่างกายเกิดความร้อน เรียกว่า postmortem temperature หรือที่รู้จักกันในชื่อ postmortem caloricity

2.1.3.2 การเกิดสีหลังการตาย (Postmortem Stain)

การเปลี่ยนสีของเลือดที่อยู่ภายนอกหลอดเลือด (Extravascular) เกิดจากเม็ดเลือดแดงแตก (Hemolysis) ปกติเกิดขึ้นภายหลังการตาย 6-10 ชั่วโมง บางรายเกิดเร็ว และพบบ่อยที่สุดในผู้ที่ตายจากก๊าซคาร์บอนมอนน็อกไซด์ หรือในรายที่ถูกแช่เย็น (2) เม็ดเลือดแดงประกอบด้วย hemoglobin เมื่อเม็ดเลือดแดงแตกทำให้ hemoglobin ถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็วได้ heme และ globin โดย heme จะผ่านผนังและรูของหลอดเลือดฝอย (Capillary) เข้าไปในช่องว่างของเนื้อเยื่อ ทำให้เนื้อเยื่อเกิดสีแดงเข้ม (Reddish color) ซึ่งเป็นสีที่อยู่ถาวรเนื่องจากอยู่ภายนอกหลอดเลือดจึงไม่สามารถทำให้หายไปโดยการใช้ฉีดน้ำยาเข้าไปในหลอดเลือดแล้วระบายเลือดทิ้งได้ และจะเกิดบริเวณเดียวกับที่เกิด livor mortis โดยเกิดภายหลังการตาย 18-24 ชั่วโมง (2)

2.1.3.3 การลดลงของค่า pH (Shift in body pH)

ปกติร่างกายมีค่า pH เท่ากับ 7.4 แต่ภายหลังการตายประมาณ 3 ชั่วโมง ค่า pH ในเลือดและของเหลวในเนื้อเยื่อจะลดลง ร่างกายจะมีความเป็นกรดในช่วงของ rigor mortis และสิ้นสุดลงเมื่อเกิดกระบวนการเน่า (Decomposition process) ซึ่งร่ายกายจะเพิ่มความเป็นด่างขึ้น

2.1.3.4 การแข็งเกร็งของศพ (Rigor mortis หรือ Postmortem stiffening)

การแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อปกติจะเกิดขึ้นภายหลังการตาย 2-4 ชั่วโมง (2) สาเหตุการแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อ เป็นปรากฏการณ์ทางสรีรเคมี (Physiochemical) คือ ภายหลังกายตาย กล้ามเนื้อยังมีเมแทบอลิสม จากกระบวนการ glycolysis ปริมาณพลังงาน ATP จึงถูกใช้ไป ทำให้ ATP เหลือน้อยลง ซึ่งทำให้เกิดกรดแลคติกมากขึ้น ซึ่งภาวะเป็นกรดเช่นนี้ ทำให้ actin และ myosin ซึ่งเป็นโปรตีนในกล้ามเนื้อจับยึดกัน ทำให้กล้ามเนื้อเกร็ง เมื่อร่างกายเริ่มเน่า โปรตีนทั้งสองชนิดจะเริ่มหลุดจากกันทำให้กล้ามเนื้ออ่อนตัวลง (9)

การเกร็งกล้ามเนื้อจะเกิดกับกล้ามเนื้อมัดเล็กๆ ก่อน แล้วค่อยขยายไปสู่กล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆ ปกติจะเริ่มเกิดที่ตา ขากรรไกร ใบหน้า คอ ปลายมือ ลำตัว และปลายเท้า ทิศทางการแข็งที่เกิดขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากใบหน้าไปสู่เท้า เรียกว่า “Nystem’s law” โดยปกติสามารถแก้ไขการแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อได้ด้วยการใช้แรง โดยการขยับ งอ หมุน และการนวดข้อต่อและกล้ามเนื้อของศพ บางครั้งอาจเกิดการเข้าใจผิดเกี่ยวกับการเกิดการแข็งเกร็งของศพที่เรียกว่า “cold stiffening” คือ การแข็งของไขมันในร่างกายและเนื้อเยื่อซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากร่างกายอยู่ในสภาพอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้การชักเกร็งก่อนตาย (Cadaveric spasm) เป็นการเกร็งกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อาจทำให้เกิดลักษณะเหมือน rigor mortis ได้ (2)

ปัจจัยที่มีผลต่อการแข็งเกร็งของร่างกายมีดังนี้ การออกกำลังกายก่อนการตาย การชักก่อนตาย การตายเพราะถูกไฟดูด จะทำให้การใช้พลังงาน ATP ไปมาก มีกรดแลกติคคั่งในกล้ามเนื้อ การแข็งเกร็งจะเกิดขึ้นเร็ว ส่วนอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการแข็งเกร็งของร่างกาย โดยในสภาพอากาศร้อน จะทำให้การแข็งเกร็งของร่างกายสลายเร็วกว่าปกติ และยาบางชนิด เช่น สตริคนิน (Strychnine) มีผลทำให้เกิดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อรุนแรงได้ และในสัตว์ก่อนตายที่มีสภาพร่างกายสมบูรณ์และอยู่ในที่อุณหภูมิเย็นจะเกิดการแข็งเกร็งช้าว่าสัตว์ที่มีสภาพผอมโซและอยู่ในที่อุณหภูมิร้อนจัด (9)

2.1.4 การเน่าสลาย

การเน่าสลายของสิ่งมีชีวิตมีสองกระบวนการคือ กระบวนการย่อยสลายตัวเอง (Autolysis) เป็นขบวนการย่อยทำลายตนเอง (Self digestion) และการย่อยสลายเนื้อเยื่อจากภายนอกเซลล์ (Putrefaction)

2.1.4.1 ขบวนการย่อยทำลายตนเอง

โดยเอ็นไซม์ของเนื้อเยื่อหรือเซลล์ภายหลังการตายแล้ว ไม่ได้เกิดจากเชื้อโรค โดยเมื่อสัตว์ตาย ทำให้หัวใจหยุดสูบฉีดเลือดไปตามอวัยวะต่างๆ การทำงานของเซลล์ต่างๆ จึงหยุดลง องค์ประกอบย่อย (Organelle) ภายในเซลล์จะค่อยๆ สลายตัว องค์ประกอบที่มีน้ำย่อยหรือเอ็นไซม์อยู่มาก คือ ไลโซโซม (Lysosome) ก็จะแตกแล้วปล่อยเอ็นไซม์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเอ็นไซม์ย่อยโปรตีน (Proteolytic enzyme) ออกมาทำลายเซลล์ของตัวเองและเซลล์ข้างเคียง ทำให้เกิดสภาพกล้ามเนื้อตาย โดยพบว่าตับอ่อน ตับ กระเพาะอาหาร ไต ซึ่งมีเอ็นไซม์อยู่เยอะทำให้เน่าเร็วกว่าอวัยวะอื่นๆ (9)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.4.2 การย่อยสลายเนื้อเยื่อจากภายนอกเซลล์

จากแบคทีเรียซึ่งอยู่ภายในระบบทางเดินอาหารตามปกติ ซึ่งภายหลังการตายแบคทีเรียเหล่านี้มีการเคลื่อนย้ายและเพิ่มจำนวนโดยใช้เซลล์ที่ตายจากกระบวนการ autolysis เป็นอาหาร ส่วนแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอาจเข้าสู่ร่างกายทางระบบทางเดินหายใจ เมื่อมันใช้ออกซิเจนจะทำให้ร่างกายเกิดสภาพทางเคมีที่เหมาะสมแก่การเจริญของพวกจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนที่มีมากในระบบทางเดินอาหาร (9)

ร่างกายของสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยสารชีวเคมีหลัก 3 ชนิด คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ซึ่งโปรตีนมีความสำคัญที่สุดต่อโครงสร้างและหน้าที่ของร่างกาย เพราะโปรตีนเป็นส่วนประกอบต้นกำเนิดของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เอ็น กระดูกอ่อน ผิวหนัง ขน และเล็บ

โปรตีนเป็นสารโมเลกุลใหญ่ ที่ประกอบด้วยธาตุต่างๆ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน พันธะเคมีเชื่อมโปรตีน 2 โมเลกุลไว้ด้วยกัน เรียกว่า peptide bond หรือ peptide linkage ซึ่งทำให้โปรตีนจำนวนมากเชื่อมเข้าด้วยกัน ระหว่างการเน่าโซ่โปรตีน (Protein chain) เหล่านี้จะถูกลำลาย การแตกออกนี้เกิดจากเอนไซม์ตัวเร่ง (Catalytic enzyme) ที่เรียกว่า proteases

โปรตีนเป็นธาตุที่มีความสำคัญในแง่ของการรักษาสภาพศพ เนื่องจากประสิทธิภาพของการรักษาสภาพขึ้นอยู่กับการสร้างพันธะ (Cross-linkages) ระหว่างโปรตีนของร่างกาย ช่วงระยะเวลาระหว่างการตายและการรักษาสภาพมีผลต่อการเน่าและการเปลี่ยนแปลงของร่างกายที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปในรายละเอียดอาจแตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปแล้วความเปลี่ยนแปลงหลังการตายจะเกิดมากขึ้นเมื่อระยะเวลาระหว่างการตายและการดองยาวขึ้น (2)

2.2 ประวัติความเป็นมาของการดองศพ

การรักษาสภาพศพหรือดองศพ (Embalming) คือ กระบวนการใช้สารเคมีเพื่อรักษาโครงสร้างเดิมของร่างกายเอาไว้ โดยการดองศพมีต้นกำเนิดครั้งแรกที่ประเทศอียิปต์ในยุคที่มีการปกครอง โดกษัตริย์ หรือประมาณ 3200 ปีก่อนคริศตศักราชและดำเนินต่อมาถึงปี ค.ศ. 650 ศพที่ผ่านการดอง เรียกว่า “มัมมี่” (Mummy) ตลอดช่วงเวลาเกือบ 4000 ปีนั้นได้มีการพัฒนาเทคนิคการดองศพมากมาย โดยวัตถุประสงค์ของการดองศพคือเพื่อใช้ประกอบพิธีทางศาสนา โดยมีความเชื่อว่าศพจะกลับฟื้นคืนชีพได้อีกครั้งภายหลังการตาย แต่จะต้องรักษาร่างกายของผู้ตายเอาไว้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่วงต่อมาเป็นการดองศพระหว่างปี ค.ศ. 650-1861 ซึ่งเป็นช่วงต้นของการก่อตั้งทวีปยุโรป ซึ่งในยุคนี้การดองมีวัตถุประสงค์การดองศพเพื่อใช้ศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของศพโดยวิธีการชำแหละ โดยเรียกช่วงเวลาการดองศพในยุคนี้ว่าเป็นยุคแห่งนักกายวิภาค หรือ “Period of the Anatomists”

ช่วงที่สามของการดองศพคือตั้งแต่ปี ค.ศ. 1861 ถึงปัจจุบัน ถือเป็นการดองศพยุคใหม่ เป็นช่วงที่ความรู้ด้านการดองศพซึ่งแต่เดิมเป็นการนำความรู้จากยุโรปมาสู่อเมริกานั้น สุดท้ายได้ถูกนำความรู้กลับไปยังยุโรปอีกครั้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประกอบพิธีทางศาสนาเป็นสำคัญ การดองศพเป็นการตอบสนองความต้องการของมนุษย์ โดยสามารถเอาชนะเชื้อโรคและทำให้ศพไม่ถูกทำลายได้ นอกจากนี้การดองศพยังมีวัตถุประสงค์เพื่อขนย้ายศพโดยใช้การขนส่งสาธารณะซึ่งต้องใช้เวลานานในการขนย้ายจึงจำเป็นต้องยืดอายุการเก็บรักษาศพไม่ให้เน่าให้นานขึ้นโดยการดองศพ (2, 4, 11)

การดองศพมนุษย์มีวัตถุประสงค์สองประการคือ เพื่อรักษาสภาพศพให้เหมาะแก่การประกอบพิธีทางศาสนา ซึ่งจะเน้นให้ศพอยู่ในสภาพสวยงามเหมือนธรรมชาติก่อนเสียชีวิตมากที่สุด และเพื่อรักษาสภาพศพสำหรับงานวิจัยและการเรียนการสอนทางกายวิภาคศาสตร์ ซึ่งให้ความสำคัญกับการเก็บรักษาสภาพให้ใช้ได้เป็นเวลานานมากกว่าความสวยงาม (2)

2.3 การดองศพสัตว์

การทำมัมมี่สัตว์มีวัตถุประสงค์สี่ประการคือ เพื่อเป็นอาหารของผู้ตายในชีวิตหน้า เพื่อสัตว์เลี้ยงจะได้อยู่กับเจ้าของชั่วนิรันดร์ เพื่อเป็นสัตว์ศักดิ์สิทธิ์แก่การสักการบูชา และเพื่อเป็นของกำนัลแด่เทพเจ้า มัมมี่อาหารมีทั้งเป็นชิ้นเนื้อและสัตว์ทั้งตัว เช่น นก มัมมี่สัตว์เลี้ยงได้แก่ สุนัข แมว และลิง วัวศักดิ์สิทธิ์ก็ทำเป็นมัมมี่เช่นกัน ส่วนแมว นก ปลา หรือแม้กระทั่งงูและปลาไหลก็ถูกทำเป็นมัมมี่เพื่อถวายเป็นของกำนัลแด่เทพเจ้า

การทำมัมมี่สัตว์มีหลายวิธีแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของสัตว์ เช่น วัวศักดิ์สิทธิ์ทำเป็นมัมมี่ด้วยวิธีการเดียวกับมนุษย์ โดยนำอวัยวะภายในออกยกเว้นหัวใจ ทำให้ศพแห้ง แล้วจึงยัดช่องภายในตัวศพให้แน่นจนมีรูปร่างเหมือนเดิมก่อนพันผ้าหุ้มศพ ส่วนสัตว์อื่นๆ ทำได้ง่ายกว่า อย่างเช่น นกใช้วิธีจุ่มทั้งตัวลงไปในยางสนหลอมเหลวแล้วจึงพันห่อศพ ส่วนปลาจะถูกควักเครื่องในออก ทำให้แห้งแล้วจึงใช้ผ้าพันร่างกายไว้ (12)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 น้ำยารักษาสภาพศพ

น้ำยารักษาสภาพศพมีสี่ประเภท ประเภทที่ 1 เป็นน้ำยารักษาสภาพสำหรับฉีดเข้าสู่ร่างกายทางหลอดเลือด (Arterial embalming) โดยการฉีดน้ำยารักษาสภาพเข้าไปหลอดเลือดแดงขนาดใหญ่ เช่น common carotid หรือ femoral แล้วระบายเลือดออกทางหลอดเลือดดำขนาดใหญ่ เช่น internal jugular หรือ femoral การฉีดน้ำยามักใช้เครื่องฉีดน้ำยา (Embalming machine)

ประเภทที่ 2 เป็นน้ำยารักษาสภาพสำหรับฉีดเข้าไปในช่องว่างของร่างกาย (Cavity embalming) โดยการใช้กระบอกฉีดยาและเข็ม หรือ tocar เข้าไปในช่องอก ช่องท้อง และช่องเชิงกราน โดยทั่วไปมักเป็นน้ำยาที่มีความเข้มข้นมากกว่าน้ำยาที่ใช้ฉีดเข้าทางหลอดเลือด และต้องดูดน้ำในช่องว่างของร่างกายออกด้วย

ประเภทที่ 3 เป็นน้ำยารักษาสภาพสำหรับฉีดเข้าใต้ผิวหนัง (Hypodermic embalming) โดยตรงซึ่งมีความจำเป็นในบางราย เช่น ในรายที่การฉีดน้ำยาเข้าหลอดเลือดไม่เพียงพอต่อการรักษาสภาพได้

ประเภทที่ 4 เป็นน้ำยารักษาสภาพสำหรับฉีดเฉพาะบางบริเวณของร่างกายเท่านั้น (Surface embalming) ในรายที่ได้รับการกระทบกระเทือนในบางส่วนของร่างกาย ช่วยทำให้ศพมีสภาพสวยงามมากยิ่งขึ้น (2, 9, 11)

2.4.1 คุณลักษณะที่ดีของน้ำยารักษาสภาพศพ

น้ำยารักษาสภาพศพที่ดีต้องมีคุณสมบัติในการช่วยรักษาสภาพโครงสร้างของอวัยวะและเนื้อเยื่อได้เป็นระยะเวลานานโดยไม่หดตัวหรือบิดเบี้ยว ไม่ทำให้ศพแข็งเกินไป สามารถขยับอวัยวะภายในได้ สามารถเคลื่อนไหวร่างกายของศพได้ และต้องสามารถป้องกันไม่ให้ศพแห้งได้ดี สามารถยับยั้งเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียได้ดี อีกทั้งยังช่วยลดความเป็นพิษของสารเคมีต่อสุขภาพของทั้งนักศึกษาและเจ้าหน้าที่ และลดความเป็นพิษของสารเคมีต่อสิ่งแวดล้อม (โดยเฉพาะจากฟอร์มาลดีไฮด์และฟีนอล) ไม่ให้เกินระดับมาตรฐานความปลอดภัยของสารเคมีในที่ทำงาน นอกจากนี้ยังต้องทำให้สีของเนื้อเยื่อและอวัยวะไม่ถูกอ๊อกซิไดซ์กลายเป็นสีน้ำตาล (9)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.2 คุณสมบัติของน้ำยารักษาสภาพศพ

น้ำยารักษาสภาพศพ (Embalming chemicals) ประกอบด้วยสารเคมีที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน คือ สารรักษาสภาพ (Preservatives) สารฆ่าเชื้อ (Disinfectants หรือ Germicide) สารปรับสภาพ (Modifying agents) สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (Anticoaglulants) สารลดแรงตึงผิว (Surfactants) สี (Dyes) น้ำหอม (Perfuming agents) และ ตัวทำละลาย (Vehicles or diluents) (2)

2.4.2.1 สารรักษาสภาพ (Preservatives)

สารเคมีที่มีคุณสมบัติในการรักษาสภาพของเนื้อเยื่อชีวภาพ คือ สารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับโปรตีน เช่น เปลี่ยนโปรตีนจากสภาพที่ง่ายต่อการเน่า เป็นทนทานต่อการเน่า โดยไปเปลี่ยนธรรมชาติของโมเลกุลโปรตีน ตัวอย่างเช่น สารกลุ่มอัลดีไฮด์ (Aldehyde) ทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนที่พบในโปรตีน ได้ผลผลิตเป็นโปรตีนโครงสร้าง และน้ำ ตัวอย่างสารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นสารรักษาสภาพ คือ ฟอร์มาลดีไฮด์ พาราฟอร์มาลดีไฮด์ ไทรโอแซน (Trioxane) ฟีนอล และ เกลือ เป็นต้น

2.4.2.2 สารฆ่าเชื้อ (Disinfectants หรือ Germicide)

สารฆ่าเชื้อ คือสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยตรง หรือทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถทำงานได้ โดยทั่วไปสารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นสารรักษาสภาพจะมีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อด้วย เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ และฟีนอล เป็นต้น

2.4.2.3 สารปรับสภาพ (Modifying agent)

สารเคมีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำยารักษาสภาพ มีสามชนิด คือ สารเพิ่มความชุ่มชื้น (Humectants) ให้กับเนื้อเยื่อ โดยไปเพิ่มศักยภาพของน้ำยารักษาสภาพให้เนื้อเยื่อสามารถคงความชุ่มชื้นได้ บางครั้งอาจเพิ่มเข้าไปเมื่อร่างกายสูญเสียน้ำ ช่วยป้องกันเนื้อเยื่อไม่ให้แข็งตัวหรือแห้ง เพราะน้ำยารักษาสภาพ ตัวอย่างของสารเพิ่มความชุ่มชื้น เช่น ซอร์บิทอล (Sorbital) เอทิลินไกลคอล (Ethylene glycol) โพรไพลีนไกลคอล (Propylene glycol) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) เป็นสารเคมีที่เติมลงไปในน้ำยารักษาสภาพเพื่อปรับสมดุลกรด-เบสของน้ำยารักษาสภาพ ตัวอย่างเช่น บอเรต (Borates) ซิเตรต (Citrates) คาร์บอเนต (Carbonates) และ ฟอสเฟต (Phosphates) เป็นต้น

เกลืออนินทรีย์ (Inorganic salt) เป็นสารที่มีความสำคัญในการควบคุมแรงดันออสโมติกของน้ำยารักษาสภาพ โดยเฉพาะในรายที่มีการบวมน้ำ การเติมเกลือลงไปในน้ำยารักษาสภาพจะช่วยดึงน้ำออกจากเซลล์แล้วระบายออกนอกร่ายกาย ช่วยลดการบวมของศพได้

2.4.2.4 การป้องกันการแข็งตัวของเลือด (Anticoagulants)

เป็นสารเคมีที่ช่วยให้เลือดคงสภาพเป็นของเหลวทำให้ง่ายต่อการระบายออกจากระบบไหลเวียนโลหิต เช่น โซเดียมออกซาเลต (Sodium oxalate) โซเดียมเตรต (Sodium citrate) โซเดียมบอเรต (Sodium borate) โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride) และ เอทิลีนไดอะมินเตตระอะซิติก เอซิด (Ethylenediaminedtetraacetic acid; EDTA) เป็นต้น

2.4.2.5 การลดแรงตึงผิว (Surfactants)

เป็นสารเคมีที่ช่วยลดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของของเหลวทำให้น้ำยารักษาสภาพสามารถแพร่กระจายเข้าสู่เซลล์ได้ดียิ่งขึ้น และช่วยทดแทนของเหลวที่สูญเสียไปจากร่างกาย (เลือดและของเหลวในเซลล์) สารที่มีคุณสมบัตินี้แบ่งเป็นสามกลุ่ม คือ กลุ่มแอไอออนิค (Anionic) เช่น สบู่ (Soap) แอลคอลซัลโฟเนท (Alkal sulfonates) และน้ำมัน (Oil) เป็นต้น กลุ่มแคทไอออนิค (Cationic) เช่น สารประกอบควอเตอร์นารีแอมโมเนีย (Quaternary ammonia compounds) และกลุ่มนอนไอออนิค (Nonionic) เช่น เอทิลีนออกไซด์ (Ethylene oxide) เป็นต้น

2.4.2.6 สี (Dyes)

คือสีที่เติมลงไปในน้ำยารักษาสภาพ มักใช้ในรายที่มีลักษณะซีด ช่วยให้ศพมีสีเหมือนธรรมชาติมากยิ่งขึ้น และใช้สำหรับการเตรียมเนื้อเยื่อสำหรับศึกษาทางจุลกายวิภาค ตัวอย่างเช่น อีโอซิน (Eosin) อะมาแรนทซ์ (Amaranth) และ โทลูดินเรด (Toluidine red) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.2.7 น้ำหอม (Perfuming agents)

น้ำหอม ใช้เติมในน้ำยารักษาสภาพเพื่อช่วยลดกลิ่นของน้ำยารักษาสภาพและของศพ บางชนิดเป็นสารสกัดจากดอกไม้ เช่น วิสเทอเรีย (Wisteria) และกุหลาบ (Rose) สารสกัดเครื่องเทศ เช่น กานพลู (Clove) อบเชย (Cinnamon) หรือสารสกัดจากผลไม้ เช่น สตรอเบอรี่ และพีช เป็นต้น

2.4.2.8 ตัวทำละลาย (Vehicles or diluents)

เป็นสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวพาหรือเจือจางน้ำยารักษาสภาพ ช่วยทำให้สามารถแพร่เข้าสู่เซลล์ได้ดีขึ้น เช่น กลีเซอรีน (Glycerine) ซอร์บิทอล (Sorbital) และ แอลกอฮอล์ เป็นต้น

2.4.3 สารเคมีในน้ำยารักษาสภาพ

สารเคมีที่สำคัญของการศึกษาครั้งนี้ คือ ฟอร์มาลดีไฮด์ และเกลือแกง ซึ่งคุณลักษณะของสารเคมีทั้งสองชนิดตามข้อมูลของกลมควบคุมพิษ (7, 13) มีดังนี้

2.4.3.1 ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)

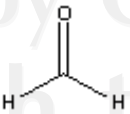
การชี้บ่งเคมีภัณฑ์ (Chemical Identification)

ชื่อเคมี IUPAC : Methanol

ชื่อเคมีทั่วไป : Formaldehyde

ชื่อพ้องอื่นๆ **:**Formalin; HCHO; Formic aldehyde; Formol; Oxymethylene; Morbicid; Veracur; Methylene glycol; Formalin 40;BFV; Fannoform; Formalith; FYDE; HOCH; Karsan; Lysoform; Superlysoform; Oxomethylene; Methan 21;Melamine-Formaldehyde Resin; Formaldehyde ; Formaldehyde, solution, flammable; Formaldehyde, solutions(Formalin) (corrosive); Methyl aldehyde ; Methylene oxide ; Oxomethane

สูตรโมเลกุล : CH_2O

สูตรโครงสร้าง 

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รหัส IMO :

รหัส UN/ID NO. : 1198

รหัส EC NO. : 605-001-00-5

รหัส CAS NO. : 50-00-0

รหัส RTECS : LP 8925000

ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD_{50} (มก./กก.) : 100 (หนู)

IDLH (ppm) : 20 ADI (ppm)

PEL-TWA (ppm) : 0.75

TLV-TWA (ppm) : 0.016

พรบ. คุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 (ppm) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง : สารเคมีอันตราย

วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 : ชนิดที่ 2

หน่วยงานที่รับผิดชอบ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ : ของเหลว

สี : ไม่มีสี

กลิ่น : ฉุน

น้ำหนักโมเลกุล : 30

จุดเดือด(°C) : 96

จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง (°C) : -15

ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1) : 1.1

ความดันไอ(มม.ปรอท) : 1.52 ที่ 20 °C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความหนาแน่นไอ(อากาศ=1) : 1.04

ความสามารถในการละลายน้ำที่ (กรัม/100 มล.) : ละลายน้ำได้

แฟคเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm = 1.23 มก./$ม^3$ หรือ 1 มก./$ม^3$ = 0.815 ppm ที่ 25 °C

อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ : การหายใจเข้าไป สารนี้มีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้เกิดอาการไอ เจ็บคอ และหายใจติดขัด

สัมผัสทางผิวหนัง : การสัมผัสถูกผิวหนัง สารนี้มีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้เป็นผื่นแดง ปวด แสบปวดร้อน และ ผิวหนังไหม้

กินหรือกลืนเข้าไป : การกลืนหรือกินเข้าไป สารนี้มีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้เจ็บคอ ปวดท้อง และท้องร่วง

สัมผัสถูกตา : การสัมผัสถูกตา สารนี้มีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้ตาแดง เจ็บตาและทำให้การมองเห็นไม่ชัดเจน

การก่อมะเร็ง : สารนี้ก่อให้เกิดมะเร็ง

ความผิดปกติอื่น ๆ : สารนี้มีฤทธิ์กัดกร่อนต่อตา ผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ การหายใจเข้าไปทำให้ปอดอักเสบ การกลืนหรือกินเข้าไปทำลายตับและไต การสัมผัสสารเป็นเวลานาน ทำให้ผิวหนังผิดปกติ ก่อให้เกิดเนื้องอก มีผลทำลายตับ ไต หัวใจ อาจเป็นสารเปลี่ยนแปลงพันธุกรรม (7)

2.4.3.2 เกลือแกง (Sodium Chloride, NaCl)

การชี้บ่งเคมีภัณฑ์ (Chemical Identification)

ชื่อเคมี IUPAC : Sodium chloride

ชื่อเคมีทั่วไป : Saline solution

ชื่อพ้องอื่นๆ : Salt; NaCl; Table salt; Saline solution; Stat trak plus; Common salt; Sea Salt; Rock salt; Halite; Saline; Dendritis;Extra fine 200 salt; Extra fine 325 salt; H.g. blending; Purex; Sterling; Top flake; White crystal; Sodium Chloride

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูตรโมเลกุล : NaCl

สูตรโครงสร้าง : $Na^+ Cl^-$

รหัส CAS NO. : 7647-14-5

รหัส RTECS : VZ 4725000

รหัส EUEINECS/ELINCS : 231-598-3

ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD_{50}(มก./กก.) : 3000 (หนู)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ : ผลึกของแข็ง

สี : ขาว

กลิ่น : ไม่มีกลิ่น

นน.โมเลกุล : 58.44

จุดเดือด(°C) : 1465

จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง (°C) : ~ 800

ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1) : 2.16

ความดันไอ(มม.ปรอท) : 1 ที่ -865 °C

ความสามารถในการละลายน้ำที่ (กรัม/100 มล.) : 37 ที่ - °C

ความเป็นกรด-ด่าง(pH) : 5-8 ที่ 20 °C

แฟคเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm = 2.39 มก./$ม^3$ หรือ 1 มก./$ม^3$ = 0.42 ppm ที่ 25 °C

อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ : การหายใจเข้าไปจะทำให้เกิดการระคายเคืองจมูก คอ และ ปอด

สัมผัสทางผิวหนัง : การสัมผัสถูกผิวหนังทำให้ระคายเคือง การสัมผัสเป็นเวลานานจะทำให้ปวดแสบปวดร้อนและแผลไหม้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กินหรือกลืนเข้าไป : การกลืนกินเข้าไปทำให้ระคายเคืองกระเพาะอาหารและลำไส้ ทำให้คลื่นไส้และอาเจียน

สัมผัสถูกตา : การสัมผัสถูกตา ทำให้เกิดการระคายเคือง ต่อตา ตาแดง เจ็บตา

การก่อมะเร็ง : -

ความผิดปกติอื่น ๆ : สารนี้ถูกรายงานว่าเป็นสารไม่ก่อให้เกิดมะเร็งโดย NTP, IARC, OSHA

การสัมผัสกับสารเป็นระยะเวลานานหรือการสัมผัสสารซ้ำ จะทำให้เกิดแผลพุพอง (13)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี 1998 Coleman ได้รายงานความสำเร็จในการลดความเข้มข้นของฟอร์มาลินไว้ 2 วิธีการ คือ การใช้เตียงชนิดพิเศษ ที่มีมอเตอร์สำหรับดูดไอระเหยของฟอร์มาลิน แล้วดูดซับไว้ด้วยระบบแผ่นกรองคาร์บอน (Carbon filtration system) ซึ่งสามารถดูดซับไอระเหยของฟอร์มาลินทำให้มีปริมาณไอระเหยต่ำลงอย่างมาก และอีกวิธีการหนึ่งคือ การลดปริมาณฟอร์มาลินด้วยการใช้เกลือเข้มข้น ซึ่งเขาได้ทดลองปรับสูตรน้ำยารักษาสภาพศพจนพบว่าสูตรน้ำยาที่มีคุณภาพในการรักษาสภาพศพได้ดีที่สุด ประกอบด้วยฟอล์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) จำนวน 0.5 ลิตร ฟีนอล (Phenol) จำนวน 0.2 ลิตร กลีเซอรีน (Glycerin) จำนวน 0.5 ลิตร ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (Isopropyl alcohol) จำนวน 4 ลิตร และเกลือแกง (Sodium chloride) จำนวน 20 กิโลกรัม แล้วเติมน้ำจนได้ปริมาตร 35 ลิตร มีประสิทธิภาพสูงในการรักษาสภาพเนื้อเยื่อ โดยพบว่าอวัยวะต่างๆ มีการบิดเบี้ยวน้อยมาก เนื้อเยื่อมีความอ่อนตัว ง่ายต่อการชำแหละ แห้งเล็กน้อย มีสีตามธรรมชาติ และได้ทำการยืนยันคุณภาพการรักษาสภาพโดยการตัดชิ้นเนื้อจากศพที่ถูกรักษาสภาพด้วยเกลือเข้มข้นสูงนี้ไปทำสไลด์ถาวรพบว่าเนื้อเยื่อมีลักษณะที่สมบูรณ์มาก ในขณะที่สามารถลดความเข้มข้นของฟอร์มาลินลงได้จนเหลือเพียงร้อยละ 0.5-0.75 เท่านั้น (8)

ในปี 2001 Kumer และคณะได้รายงานว่า มหาวิทยาลัย Tufts (Tufts University of Veterinary : TUSVM) ประสบความสำเร็จในการจัดตั้งโครงการรับบริจาคซากสัตว์เพื่อการเรียนการสอนทางสัตวแพทย์มาเป็นแล้วเป็นเวลา 6 ปี โดยซากสัตว์ที่ได้เป็นที่ต้องการของอาจารย์ผู้สอนกายวิภาคศาสตร์ ช่วยให้มีการเรียนรู้ทางด้านคลินิก และสร้างจริยธรรมให้แก่นักศึกษาสัตวแพทย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งในปี 2000 มีผู้บริจาคร่างกายสัตว์เลี้ยงถึง 21,484 ตัว (สุนัขและแมว) หรือประมาณ 240 ตัว ต่อเดือน โดยมีวิธีการรักษาสภาพซาก โดยการล้างเส้นเลือดด้วยน้ำยา Permaflow แล้วฉีดน้ำยารักษาสภาพ (Stock embalming) ซึ่งประกอบด้วยฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) ร้อยละ 3 ฟีนอล (Phenol) ร้อยละ 13 เอทนอล (Ethanol) ร้อยละ 32 โพรไพลีนไกลคอล (Propylene glycol) ร้อยละ 42 และ Mequat (Thymol) ร้อยละ 1 โดยผสม stock embalming 1 ส่วนต่อน้ำ 3 ส่วน ปริมาณที่ใช้ฉีดคือ สุนัขที่มีน้ำหนักประมาณ 30 กิโลกรัม หรือมากกว่าใช้ น้ำยาประมาณ 30-40 ลิตร และแมวขนาด 4 กิโลกรัม ใช้น้ำยา 1 ลิตร นอกจากนี้ยังรายงานว่าคุณภาพของซากที่ทำการรักษาสภาพที่เวลา 10 ชั่วโมง กับ 2-3 วัน หลังจากทำเมตตาฆาต ไม่มีความแตกต่าง โดยระยะเวลานานที่สุดในการเก็บซากไว้ก่อนทำการรักษาสภาพโดยซากยังมีคุณภาพดี คือ 4 วัน (14)

ในปี 2004 Olszewski และคณะได้ทำการทดลองรักษาสภาพผิวหนังและต่อมน้ำเหลืองของผู้ป่วย โดยตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 6-8x6x6 มิลลิเมตร นำไปใส่ในผงเกลือที่บดและอบจนแห้ง (Pure anhydric sodium chloride) ได้สำเร็จ โดยหลังจากการเก็บรักษาในผงเกลือเป็นเวลาอย่างน้อย 3 สัปดาห์ จึงนำมาล้างเกลือและทำให้ชุ่มชื้นอีกครั้งโดยการแช่ในเกลือแกงร้อยละ 0.9 ผสมกับซีรัมโค (Bovine serum albumin) พบว่าสามารถรักษาสภาพทางสัณฐานวิทยาและโครงสร้างของโมเลกุลของเซลล์ไว้ได้ และในปี 2005 พวกเขาได้ทดลองนำผิวหนังมนุษย์ที่ผ่านกระบวนการรักษาสภาพด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้นไปปลูกถ่ายลงบนผิวหนังของหนู (Scid mice) ได้สำเร็จ สามารถนำเซลล์ทำ immunohistochemistry ได้ (15, 16)

ในปี 2004 Kanagaraj และคณะได้ทำการศึกษาการใช้สารเคมีชนิดอื่นทดแทนการใช้เกลือ (Sodium chloride) ในการป้องการการเสื่อมสภาพของโปรตีนในผิวหนังของสัตว์ ซึ่งโดยทั่วไปมีการใช้เกลือในการรักษาสภาพหนังสัตว์ไม่ให้เน่าเสีย โดยความเข้มข้นที่ใช้คือ ร้อยละ 40-50 คุณสมบัติของเกลือที่ถูกนำมาใช้ในการรักษาสภาพประกอบด้วยความสามารถในการดึงน้ำออก (Dehydration) และการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Bacteriostatic effects) แต่เนื่องจากการใช้เกลือในปริมาณมากมีความเป็นสารพิษต่อแหล่งน้ำ (Water pollution) จึงมีการศึกษาเพื่อหาสารเคมีชนิดอื่นทดแทน ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสามารถใช้สาร กรดบอริค (Boric acid) ทดแทนการใช้เกลือ หรือลดปริมาณการใช้เกลือลง โดยความเข้มข้นที่แนะนำคือการใช้กรดบอริคร้อยละ 5 (Salt-less) และการใช้กรดบอริคร้อยละ 2 ร่วมกับเกลือแกงร้อยละ 5 สามารถรักษาสภาพหนังสัตว์ได้และลดปริมาณการใช้เกลือลงมากกว่าร้อยละ 80 (17)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในปี 2006 Hajmeer และคณะทำการศึกษาผลของการใช้เกลือแกงต่อเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* O157:H7 และ *Staphylococcus aureas* โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron microscope) พบว่า ระยะเวลาในการใช้เกลือและความเข้มข้นของเกลือมีผลต่อโครงสร้างของเซลล์แบคทีเรีย โดยทำการเพาะเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Brain heart infusion, BHI) ที่มีและไม่มีเกลือ ความเข้มข้นร้อยละ 5 และร้อยละ 10 พบว่า เมื่อเวลาในการเพาะเชื้อมากขึ้นจาก 12 ชั่วโมง เป็น 24 ชั่วโมง ทำให้มีผลต่อลักษณะของโครงสร้างของเซลล์แบคทีเรีย โดยไม่ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น เช่น ชนิดของเกลือ หรือความเข้มข้นของเกลือ (18)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved