

การวิจัยใน หนูเมาส์

จากความรู้พื้นฐาน
สู่ความเชี่ยวชาญด้านศัลยกรรม

Mouse Research Mastery: From Fundamentals to Surgical Expertise

กฤตธี เดชยง



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

Naresuan University Publishing House

www.nupress.grad.nu.ac.th



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร Naresuan University Publishing House

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 อาคารมหาธรรมราชา ชั้น 1 มหาวิทยาลัยนเรศวร
ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร. 0 5596 8833-8836 E-mail : nuph@nu.ac.th

www.nupress.grad.nu.ac.th สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร @nupress

สงวนลิขสิทธิ์ ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร ห้ามทำซ้ำ ตัดแปลง เผยแพร่ต่อสาธารณชนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร เท่านั้น

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

กฤตธี เดชขยง.

การวิจัยในหนูเมาส์ : จากความรู้พื้นฐานสู่ความเชี่ยวชาญด้านศัลยกรรม = Mouse Research Mastery: From Fundamentals to Surgical Expertise.--
พิษณุโลก : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2568.
290 หน้า.

1. หนูที่เป็นสัตว์ทดลอง. 2. ศัลยกรรม--วิจัย. I. ชื่อเรื่อง.

617.0072

ISBN 978-616-426-393-2

ISBN (e-book) 978-616-426-394-9

สพน. 152

ราคา 490 บาท

พิมพ์ครั้งแรก กรกฎาคม พ.ศ. 2568

จัดพิมพ์โดย สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

วางจำหน่ายที่

1. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร. 0 2218 9812
2. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0 2579 0113
3. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ถนนพระจันทร์ แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0 2613 3899
4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร อาคารมหาธรรมราชา จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร. 0 5596 8833-8836

ประธานกองบรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

กองบรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยรัตน์ มदनาค • รองศาสตราจารย์ ดร.ธนัชสัมพันธ์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์ • รองศาสตราจารย์ ดร.ศีกดา สมกุล •
รองศาสตราจารย์ ดร.ภณ วชิระนิเวศ • รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย เมธีวรัญญู • ศาสตราจารย์ ดร. พญ.สุธาทิพย์ พงษ์เจริญ •
ศาสตราจารย์ ดร.สุทิศา ถาน้อย • รองศาสตราจารย์ ดร.นิทรา กิจธิระวุฒิมังษ์ • รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย วิทยาอารีย์กุล •
รองศาสตราจารย์ ดร.บุสิกร ด้านยุทธศิลป์ • ศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี สิงห์น้อย วงศ์วัฒนา • รองศาสตราจารย์ ดร.สุจินดา เจียมศรีพงษ์ •
รองศาสตราจารย์วนิดา บำรุงไทย • ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพงษ์ สำเนียง • ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรรยาธิษั สุวพันธ์ •
รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน • พัชรีย์ ทวีมใจดี • นวิพรรณ ต้นดีพลาผล • สรญา แสงเย็นพันธ์

ประสานงาน ภัคศิณี เทิดสิทธิกุล

ฝ่ายขาย/การเงิน มลชา โพธิ์เงิน • วสันต์ มาสวัสดิ์

ออกแบบปก สัญญา จันทา

ออกแบบรูปเล่ม ชลธิชา สนนอก

พิมพ์ที่ รัตนสุวรรณการพิมพ์ 3 30-31 ถนนพญาภิไธ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000



สำนักพิมพ์นี้เป็นสมาชิกสมาคมผู้จัดพิมพ์
และผู้จำหน่ายหนังสือแห่งประเทศไทย
<https://pubat.or.th>



ค้นกับ
กระดาษคุณภาพ เพื่อผลงานคุณภาพ
กระดาษอบรมลพิษต่ำกับรีไซเคิล



@nupress



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าชั้นเรียนติดต่อได้ที่ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
โทร. 0 5596 8836 Email : nuph@nu.ac.th

“เป็นหนังสือที่ให้ข้อมูลครอบคลุมกับการปฏิบัติงานกับหนูเมาส์
เพื่อใช้ในการทดลอง เป็นประโยชน์กับนักวิจัย
ที่เริ่มต้นทำงานกับสัตว์ทดลอง
และผู้ที่มิประสบความสำเร็จแล้ว”

รองศาสตราจารย์ ดร. ภาณุรัตติมา จันทพงษ์

“คุณภาพหนังสือในปัจจุบันอยู่ในระดับดี
เนื่องจากเป็นหนังสือที่มีเนื้อหาสาระทางวิชาการถูกต้อง
สมบูรณ์ ทันสมัย มีแนวคิดและการนำเสนอ
ที่เป็นประโยชน์ต่อวงวิชาการ”

รองศาสตราจารย์ ดร. น.สพ.อนุศักดิ์ ทิวถาวรรัตน์

คำนำ

หนังสือ “การวิจัยในหนูเมาส์: จากความรู้พื้นฐานสู่ความเชี่ยวชาญด้านศัลยกรรม” (Mouse Research Mastery: From Fundamentals to Surgical Expertise) เล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นคู่มือการเรียนรู้ และการทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผ่าตัดในหนูเมาส์ ซึ่งเป็นสัตว์สำคัญในงานวิจัยหลากหลายสาขา

เนื้อหาประกอบด้วย การสังเคราะห์องค์ความรู้จากงานวิจัยและประสบการณ์ของผู้เขียน ครอบคลุมตั้งแต่หลักการออกแบบการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการผ่าตัดในหนูเมาส์ การเลือกชนิดหนูเมาส์ การปฏิบัติกับหนูเมาส์ในงานวิจัย การเก็บตัวอย่างของเหลวในหนูเมาส์มีชีวิต วัสดุวิทยาเบื้องต้น หลักศัลยกรรม จุลยวิทยาการทดลอง การการุณยฆาต และการเก็บตัวอย่างหลังการการุณยฆาต

การเข้าใจรายละเอียดทุกขั้นตอนของการใช้ยาสลบและการผ่าตัดในหนูเมาส์เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งต่อสวัสดิภาพของสัตว์และผู้วิจัย โดยองค์ความรู้ในหนังสือเล่มนี้ครอบคลุมตั้งแต่การออกแบบงานวิจัย กายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยา กลไกความเจ็บปวด วัสดุวิทยา ภาวะปลอดเชื้อ การเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม การฟื้นจากยาสลบ และการดูแลหลังการฟื้น

หนังสือเล่มนี้ยังให้ภาพรวมของกระบวนการทำวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผ่าตัดในสัตว์ ตั้งแต่ขั้นตอนก่อนที่สัตว์จะเกิดหรือย้ายเข้ามาในสถานที่เลี้ยง จนถึงขั้นตอนหลังการการุณยฆาต เพื่อสนับสนุนการสร้างผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ น่าเชื่อถือ และส่งเสริมสวัสดิภาพของหนูเมาส์ในงานวิจัย

ทั้งนี้ ภาพประกอบในหนังสือได้รับการอนุมัติจาก คณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ (คกส.) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภายใต้รหัสโครงการ 2023-VET08-036 เลขอ้างอิง AR061/2023

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. น.สพ.กฤตธี เดชขง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอความขอบคุณจากใจจริงต่อทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการสนับสนุนและช่วยเหลือในการแต่งหนังสือเล่มนี้ ถ่ายภาพรังสีวิทยา คุณซาริปีะ หมั่นหมู้ อาจารย์ นพ.วิระชัย สมัย และคุณชนาธิป กาวิน ภาพร่างในหนังสือ คุณณลิน ต่อวิวัฒน์ ร่างแบบแบบปก อาจารย์ สพ.ญ.ณัฐฤติดา เกิดทองมี ผู้ช่วยถ่ายภาพหนูเมาส์ สพ.ญ.กตัญญู ยีรามัน น.สพ.ธีระพร คงทวี สพ.ญ.ชลลดา น้ำดอกไม้ สพ.ญ.ณัฐนันท์ เมธัสพรพงศ์ และ สพ.ญ.ณัฐวดี พุนเพียร ตรวจทานอักษร อาจารย์ สพ.ญ.ธัญชนก ทาแกง ประสานงานสัตว์ทดลอง สพ.ญ.ขวัญชนก เดชขง

ขอบคุณอย่างยิ่งต่อ รองศาสตราจารย์ น.สพ. ดร.อนุศักดิ์ กิจถาวรรัตน์ และรองศาสตราจารย์ ดร. ภญ.รัตติมา จินาพงษา ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการช่วยอ่านต้นฉบับและให้คำแนะนำอันทรงคุณค่า ซึ่งช่วยให้หนังสือเล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์จากคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มอบความรู้และทักษะในด้านสัตวแพทยศาสตร์และศัลยศาสตร์ รวมถึง Professor Dr. Sarah E. Herrick และทีมวิจัยจาก Blond McIndoe Laboratories, University of Manchester ที่ได้ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งในการวิจัยเกี่ยวกับหนูเมาส์ในระดับปริญญาเอก

นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณจากใจต่อ ครอบครัวและเพื่อน ๆ ทุกคน ที่สนับสนุนและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาของการเขียนและการค้นคว้า จนกระทั่งหนังสือเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ รวมทั้ง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนในทุกด้านจนทำให้หนังสือเล่มนี้เป็นจริงได้

สำคัญที่สุด ผู้เขียนขอขอบคุณ สัตว์เลี้ยงและหนูเมาส์จำนวนมาก ที่เป็นครูผู้มอบความรู้และทักษะอันล้ำค่าในด้านวิสัญญีวิทยาและศัลยศาสตร์ ความรู้เหล่านี้เป็นรากฐานสำคัญในการถ่ายทอดเนื้อหาในหนังสือเล่มนี้ และสุดท้าย ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้อ่านทุกท่าน สำหรับความสนใจและการติดตาม ความมุ่งมั่นของท่านเป็นแรงบันดาลใจสำคัญที่ผลักดันให้ผู้เขียนสร้างสรรค์และแบ่งปันความรู้ต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง

สารบัญ

บทที่	
01	หลักการออกแบบการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการทำศัลยกรรมในหนูเมาส์และการเลือกชนิดหนูเมาส์สำหรับงานวิจัยต่าง ๆ..... 1
	(Principles of experimental design involving surgical procedures in mice and selecting the breed of mouse for research)
	หลักการออกแบบการทดลอง..... 2
	หลักสวัสดิภาพสัตว์และกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้หนูเมาส์เพื่อการวิจัย 8
	การเลือกสายพันธุ์ของหนูเมาส์ให้เหมาะสมกับการทดลองประเภทต่าง ๆ..... 17
	บทสรุป..... 43
	เอกสารอ้างอิง 44

บทที่	
02	การปฏิบัติกับหนูเมาส์เพื่อการวิจัย..... 45
	(Mice management for research)
	หลักการการควบคุมหนูเมาส์ทั่วไป..... 46
	การเคลื่อนย้ายหนูเมาส์ด้วยวิธีอุโมงค์..... 49
	การเคลื่อนย้ายหนูเมาส์ด้วยวิธีโอบอุ้ม 50
	การบังคับหนูเมาส์ด้วยวิธี วี-ล็อก..... 51
	การจับบังคับด้วยวิธีดึงหนังคอ..... 51
	การให้สารผ่านช่องทางต่าง ๆ ในหนูเมาส์..... 54
	การให้สารผ่านทางระบบทางเดินอาหาร..... 54
	การให้สารผ่านระบบทางเดินหายใจ 57
	การให้สารผ่านผิวหนัง ในชั้นผิวหนัง และชั้นใต้ผิวหนัง 58
	การให้สารผ่านกล้ามเนื้อ..... 60
	การให้สารผ่านทางช่องท้อง 62
	การให้สารผ่านทางหลอดเลือดดำ..... 63
	บทสรุป..... 65
	เอกสารอ้างอิง 66

บทที่

03 การเก็บตัวอย่างของเหลวต่าง ๆ ในหนูเมาส์มีชีวิต..... 69

(Fluid sampling in live mouse)

การเก็บตัวอย่างน้ำลาย	70
การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ	71
การเก็บตัวอย่างน้ำตา.....	73
การเก็บตัวอย่างเลือดบางส่วนจากร่างกาย.....	74
ค่าปกติของตัวอย่างต่าง ๆ ในหนูเมาส์	80
บทสรุป.....	82
เอกสารอ้างอิง	83

บทที่

04 วิทยุวิทยาพื้นฐานในหนูเมาส์..... 85

(Fundamental Mouse Anaesthesia)

การประเมินสุขภาพเบื้องต้นก่อนการวางยาสลบ	88
การอดอาหารก่อนการวางยาสลบ	90
การประเมินความเจ็บปวด.....	90
การระงับปวด	101
การสลบ	113
การใช้ยาลดกล้ามเนื้อ	131
การเฝ้าระวังขณะสลบ และการฟื้นจากการสลบ.....	134
บทสรุป.....	141
เอกสารอ้างอิง	142

บทที่

05 หลักศัลยกรรมในหนูเมาส์..... 153

(Principle of Mouse Surgery)

กายวิภาคพื้นฐานสำหรับการทำศัลยกรรมในหนูเมาส์.....	154
กายวิภาคมหภาค.....	155
ภาพถ่ายรังสีวิทยารังสีเอกซ์.....	160
ภาพถ่ายรังสีวิทยาโดยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์.....	163

ภาพอวัยวะภายในช่องอกและช่องท้องจากการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง.....	169
การหายของแผลศัลยกรรมในหนูเมาส์.....	172
การเตรียมตัวสัตว์และสถานที่ก่อนการศัลยกรรม.....	175
หลักของการปราศจากเชื้อ	176
การเตรียมอุปกรณ์ศัลยกรรม	181
วัสดุที่ใช้ในการทำศัลยกรรมในหนูเมาส์	185
รูปแบบการเย็บหลัก ๆ ที่ใช้ในหนูเมาส์.....	198
การเตรียมตัวของทีมศัลยสัตวแพทย์.....	202
การเตรียมสถานที่ศัลยกรรม	203
การเตรียมตัวหนูเมาส์	205
การเก็บตัวอย่างเพื่อการทดสอบพันธุกรรม	208
การเก็บตัวอย่างจากใบหู.....	209
การเก็บตัวอย่างจากปลายหาง.....	210
การเก็บตัวอย่างจากปลายนิ้ว.....	211
ตัวอย่างการเตรียมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการศัลยกรรมช่องท้อง ในหนูเมาส์	212
บทสรุป	221
เอกสารอ้างอิง	222

บทที่

06

จุดยุติการทดลอง การการุณยฆาตและการเก็บตัวอย่าง

หลังการการุณยฆาต 229

(Experimental endpoint Euthanasia and sample collection)

จุดยุติการทดลอง.....	230
การการุณยฆาต.....	238
การการุณยฆาตในตัวอย่างก่อนคลอด และทารก	243
การเก็บตัวอย่างหลังการการุณยฆาต.....	246
การเก็บตัวอย่างเซลล์ และสารในช่องท้อง.....	247

การเก็บตัวอย่างเลือดทั้งร่างกาย.....	247
การเก็บตัวอย่างน้ำดี.....	248
การเก็บตัวอย่างน้ำสมองและไขสันหลัง	251
การเก็บตัวอย่างเซลล์เยื่อบุผิวช่องท้อง.....	252
การกำจัดซากหนูเมาส์.....	253
บทสรุป.....	255
เอกสารอ้างอิง	256
ดัชนี.....	260

อักษรย่อและนิยาม

อักษรย่อ	นิยาม
α	Alpha
β	Beta
μ	Micro/Mu
ACLAM	American College of Laboratory Animal Medicine
ARRIVE	The Animal Research: Reporting of In Vivo Experiments
AVMA	American Veterinary Medical Association
BALB	Bagg Albino
C57BL6	C57 black 6
CD	Cluster of differentiation
CNS	Central nervous system
CO ₂	Carbon dioxide
COVID	Coronavirus disease 2019
COX	Cyclooxygenase
CSF	Cerebrospinal fluid
CTS	Cataract Shionogi
D _{121C}	D-value at 121 องศาเซลเซียส
DNA	Deoxyribonucleic acid
ECG	Electrocardiogram
ECM	Extracellular matrix
ED ₅₀	Median effective dose
ED ₉₀	90% effective dose
FDG	Fludeoxyglucose
FGF	Fibroblast growth factor
FU	Fluorescence units
FVII	Factor VII of coagulation pathway

อักษรย่อ	นิยาม
GABA	Gamma-aminobutyric acid
GI	Gastrointestine
GPCR	G-protein-coupled receptors
GRO	Human growth-regulated oncogene
H ₂ O	Water
HEPA	High efficiency particulate air
HR	Heart rate
IASP	The International Association for the Study of Pain
ICR	Institute of Cancer Research
ID	Intradermal
IGF	Insulin like growth factor
IL	Interleukin
IH	Inhalation
IM	Intramuscular
IN	Intranasal
IP	Intraperitoneal
IT	Intratracheal
IV	Intravenous
KCS	Keratoconjunctivitis Sicca
MAC	Minimum alveolar concentration
MCH	Mean corpuscular hemoglobin
MCHC	Mean corpuscular hemoglobin concentration
MCP	Monocyte Chemoattractant protein
MCV	Mean corpuscular volume
MGS	Mouse Grimace Scale
MIP	Macrophage Inflammatory Protein
MOP	Mu-opioid peptide

อักษรย่อ	นิยาม
MOR	Mu-opioid receptors
MOS	Mitochondrial oxidative stress
N ₂	Nitrogen
N ₂ O	Nitrous oxide
NAT	Non-Animal Technologies
NC3R	National Centre for the replacement refinement and reduction of animal in research
NCI	National Cancer Institute
NIH	National Institutes of Health
NK	Natural Killer cells
NMBA	Neuromuscular Blocking Agents
NMDA	N-methyl-D-aspartate
NMJ	Neuromuscular junction
NO ₃	Nitrate
NOD	Non-obese diabetic
NSAID	Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs
NSG	NOD scid gamma
O ₂	Oxygen
OD	Optical density
OPRM1	Opioid Receptor Mu-1
PBMC	Peripheral blood mononuclear cells
PCR	Polymerase Chain Reaction
PDGF	Platelet-derived growth factor
PDS	Polydioxanone
PET	Positron emission tomography
PGE2	Prostaglandin E2:
PGHS	Prostaglandin H (2) synthase

อักษรย่อ	นิยาม
PIL	Personal Licence
PO	Per os
RCT	Randomized controlled trials
RNA	Ribonucleic acid
RPMI	Roswell Park Memorial Institute Medium
RR	Respiration rate
SARS	Severe Acute Respiratory Syndrome
SC	Subcutaneous
SCID	Severe combined immunodeficiency
SD	Standard deviation
SIRP	Signal regulatory protein
TCR	T-cell receptor
TF	Tissue factor
TGF	Transforming growth factor
TNF	Tumour necrotic factor
tPA	Tissue plasminogen activator
ULAM	Unit for Laboratory Animal Medicine
uPA	Urokinase plasminogen activator
USP	United States Pharmacopeia
UV	Ultraviolet
VEGF	Vascular endothelial growth factor



หลักการออกแบบการทดลองที่เกี่ยวข้องกับ การทำศัลยกรรมในหนูเมาส์และการเลือกชนิด หนูเมาส์สำหรับงานวิจัยต่าง ๆ

(Principles of experimental design involving surgical procedures
in mice and selecting the breed of mouse for research)

01

หลักการออกแบบการทดลอง

(Principles of experimental design)

แม้ว่าการใช้สัตว์เพื่อการวิจัยนั้นดูเหมือนว่าจะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งเกิดจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น การคุ้มครองสวัสดิภาพสัตว์ เทคโนโลยีทดแทนการใช้สัตว์ และการประยุกต์ใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อให้การวิจัยมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นโดยใช้สัตว์ลดลง และแม้ว่าการใช้สัตว์ทดลองในการทดสอบเครื่องสำอาง สารเคมีในชีวิตประจำวัน และยาสลับจะถูกกระตุ้นให้สัดส่วนของการใช้สัตว์ทดลองดูเหมือนว่าจะมีแนวโน้มโดยภาพรวมลดลง แต่การใช้สัตว์เพื่องานวิจัยอื่น ๆ นั้นก็ยังมีจำนวนมาก ในสหราชอาณาจักรจำนวนสัตว์ที่ใช้ในการวิจัยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ. 1939 ถึงกลางทศวรรษ 1970 และถึงจุดสูงสุดที่ประมาณ 5.5 ล้านโครงการวิจัย จากนั้นตัวเลขก็ลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงราวปี ค.ศ. 2000 อยู่ที่ 2.6 ล้านโครงการวิจัย และหลังจากนั้นตัวเลขก็เพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 4 ล้านโครงการวิจัยก่อนจะลดระดับลงอย่างต่อเนื่อง แต่กระบวนการที่เพิ่มขึ้นสวนทางกับจำนวนโครงการวิจัยคือ การใช้สัตว์ที่มีการดัดแปลงพันธุกรรม และในปี ค.ศ. 2020 จำนวนโครงการวิจัยนั้นมีจำนวนต่ำที่สุดนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2004 อันเนื่องมาจากการระบาดของโรค COVID-19 ซึ่งทำให้สถาบันหลายแห่งชะลอหรือหยุดการศึกษาวิจัยโดยใช้สัตว์เพื่อจุดประสงค์อื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับโรค COVID-19 อย่างไรก็ตามสถิติการใช้สัตว์ เพื่อการวิจัยในสหราชอาณาจักรในปี ค.ศ. 2023 นั้นมีจำนวน 2.68 ล้านโครงการ โดยใช้หนูเมาส์ในการวิจัยประมาณ 1.93 ล้านโครงการ (71.82%) ตามมาด้วยปลา 13.75% นก 4.31% และหนูแรท 5.53% และในโครงการวิจัยเหล่านั้น มีมากถึง 18.5% อยู่ในระดับความเจ็บปวดปานกลางถึงสูง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำศัลยกรรม (Research, 2023) การทำศัลยกรรมในสัตว์ทดลองนั้นจึงเกี่ยวข้องโดยตรงกับสวัสดิภาพสัตว์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลของงานวิจัยที่เกิดขึ้น โดยความเครียดและความเจ็บปวดนั้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางสรีรวิทยา (Barrot, 2012) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญในการกำหนดผลงานวิจัย

หลักการออกแบบการทดลองในสัตว์ทดลองนั้น ได้มีคำแนะนำในรูปแบบลายลักษณ์อักษรโดยศูนย์เพื่อการปรับแต่ง การทดแทน และการลดจำนวนสัตว์ในการวิจัยแห่งชาติ สหราชอาณาจักร (National Centre for the Replacement, Reduction and Refinement of Animal in Research: NC3Rs: UK) ณ ปัจจุบันได้อ้างอิง คำแนะนำการรายงาน การใช้สัตว์เพื่องานวิจัยเพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2 (The Animal Research: Reporting of *In Vivo* Experiments



การปฏิบัติกับหนูเมาส์ เพื่อการวิจัย

(Mice management for research)

02

สัตว์ทดลองจำเป็นต้องมีการสัมผัสกับมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ตลอดช่วงชีวิตระหว่างการเลี้ยงและการทำการทดลอง ไม่ว่าจะเป็นการสัมผัสจากผู้วิจัยหรือผู้ดูแล การจัดการสัตว์อย่างเหมาะสมและมีทักษะจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้สัตว์ยอมรับและมีส่วนร่วมในการทำการทดลองอย่างมีประสิทธิภาพ หากการจัดการเป็นสิ่งที่ทำให้สัตว์เกิดความเครียด สัตว์อาจแสดงอาการวิตกกังวลและตอบสนองต่อความเครียดเกินปกติเมื่อถูกสัมผัส สิ่งนี้ไม่เพียงแต่ส่งผลเสียต่อสวัสดิภาพของสัตว์ แต่ยังเพิ่มความยากลำบากในการดูแล เพราะสัตว์อาจหลีกเลี่ยงหรือแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวเพื่อป้องกันตัว การจัดการที่ไม่เหมาะสมยังอาจส่งผลให้เกิดความเครียดที่ทำให้ผลการทดลองมีความผันแปร และเป็นปัจจัยที่ทำให้ผลลัพธ์ไม่เป็นไปตามที่นักวิจัยคาดการณ์ ดังนั้นการฝึกอบรมที่ดีในการจัดการสัตว์อย่างระมัดระวังจึงเป็นประโยชน์ทั้งต่อสัตว์ ผู้ดูแล และนักวิจัย อีกทั้งยังช่วยให้ข้อมูลจากการทดลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

หลักการการควบคุมหนูเมาส์ทั่วไป

(General principles of mouse restraint)

ผู้วิจัยควรเข้าหาสัตว์ด้วยความสงบและมั่นใจ หลีกเลี่ยงการเคลื่อนไหวที่เกินจริงหรือกะทันหัน เช่น การโบกมือหรือแขน ควรใช้น้ำเสียงนุ่มนวลและสงบเมื่อพูดคุยกับสัตว์ เพื่อแสดงถึงความไม่เป็นภัยคุกคาม และสร้างความคุ้นเคยระหว่างผู้วิจัยกับสัตว์ การเลือกวิธีที่เหมาะสมในการยก เคลื่อนย้าย หรือควบคุมสัตว์ถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก ควรคำนึงถึงลักษณะเฉพาะของสายพันธุ์และปัจจัยความเครียดที่อาจเกิดขึ้นกับสัตว์แต่ละตัว ความเครียดในหนูเมาส์อาจหลีกเลี่ยงได้ยาก แต่สามารถลดลงได้หากมีการฝึกให้คุ้นเคยกับวิธีการทดลองล่วงหน้า หากสัตว์ยังแสดงความเครียด อาจต้องปรับเปลี่ยนเทคนิคการจัดการจนกว่าสัตว์จะสงบและรับรู้ว่าการจัดการไม่เป็นภัย

การวางตำแหน่งของผู้ควบคุมให้เหมาะสมกับทิศทางของสัตว์เป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้การจับบังคับเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย สัตว์ควรรู้สึกปลอดภัยและไม่สามารถเคลื่อนไหวได้เพื่อลดการดิ้นรน ซึ่งจะลดความเครียดและป้องกันการบาดเจ็บของทั้งสัตว์และผู้ควบคุม ควรจับสัตว์ด้วยแรงที่พอดี มั่นคง แต่ไม่แน่นเกินไป เพราะอาจทำให้สัตว์รู้สึกไม่สบาย หายใจลำบากหรือบาดเจ็บได้ ในขณะเดียวกัน หากจับหลวมเกินไป สัตว์อาจดิ้นหลุด กัดผู้ควบคุม หรือร่วงจากที่สูงจนเกิดการบาดเจ็บรุนแรง



การเก็บตัวอย่างของเหลวต่าง ๆ ในหนูเมาส์มีชีวิต

(Fluid sampling in live mouse)

03

ตัวอย่างของเหลว เช่น เลือด น้ำลาย ปัสสาวะ เป็นสิ่งสำคัญในการบอกถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกาย ซึ่งแปรผันกับการทดลองต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ในงานวิจัยนอกจากตัวอย่างของเหลวเป็นตัวอย่างหลักที่ใช้ในการแปรผลการทดลอง อย่างไรก็ตามในการทดลองที่ใช้ตัวอย่างอื่น ๆ เช่น เนื้อเยื่อ หรือการประเมินพฤติกรรม ตัวอย่างของเหลวก็เป็นข้อมูลสำรองที่มีค่ากับการแปรผลการทดลองเช่นกัน โดยเฉพาะกรณีผลการทดลองหลักไม่เป็นไปตามสมมติฐาน

การเก็บตัวอย่างน้ำลาย

(Saliva sampling)

การทดลองเพื่อหาความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับน้ำลาย เช่น การอักเสบในช่องปาก ผลข้างเคียงของการใช้รังสีรักษา ผลของการใช้ยาบางชนิด เช่น ยาแอนติโคลิเนอร์จิก (Anticholinergic drug) โรคระบบภูมิคุ้มกันบางโรค เช่น กลุ่มอาการโซกริน (Sjögren's syndrome) มีความจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างน้ำลาย ในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำลาย ซึ่งในหนูเมาส์เพศเมีย อายุประมาณ 12 สัปดาห์ จะมีปริมาตรน้ำลายประมาณ 25 ไมโครลิตร (Bagavant et al., 2018) วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำลายนั้นเริ่มจากการงดอาหารหนูเมาส์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเหนี่ยวนำให้หนูเมาส์สลบด้วยยานำสลบแบบฉีด (หลักวิสัญญีเบื้องต้นในหนูเมาส์) ข้อแนะนำคือไม่ควรใช้ยาสลบแบบสูดดมแบบหน้ากาก (Mask) หรือท่อครอบจมูก (Hose) ยกเว้นการสอดท่อช่วยหายใจ (Endotracheal tube) เนื่องจากการไหลเวียนของก๊าซจะเพิ่มการระเหยของน้ำลาย โดยให้หนูเมาส์สลบให้จัดท่าในท่านอนตะแคงข้าง (Lateral recumbency) จากนั้นใช้แผ่นก๊อชขนาดประมาณ 1 ตารางเซนติเมตร 3 แผ่นวางซ้อนกัน จับโดยใช้ฟอร์เซป (Forceps) ปลายแหลม วางในกระพุ้งแก้มด้านที่แนบพื้นเป็นเวลา 15 นาที ซึ่งจะลดโอกาสการอุดตันทางเดินหายใจได้ โดยการปฏิบัติต้องทำในห้องวางยาสลบที่มีอุณหภูมิไม่สูงเกินไป ซึ่งโดยประมาณอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำลาย โดยเมื่อครบ 15 นาทีแล้ว นำแผ่นก๊อชใส่ไปในหลอดเอพเพนดอร์ฟ (Eppendorf) ขนาด 1 มิลลิลิตร โดยให้ตัดปลายของกันหลอดประมาณ 2 มิลลิเมตร (mm) และให้ใช้หลอดเอพเพนดอร์ฟ (Eppendorf) ขนาด 2 มิลลิลิตร ซ้อนด้านนอก จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 7500 (G) อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (°C) เป็นเวลา 2 นาที (Bagavant et al., 2018) จะทำให้น้ำลายไหลลงมาสะสมที่หลอดเอพเพนดอร์ฟ (Eppendorf) ขนาด 2 มิลลิลิตร



วิสัญญีวิทยาพื้นฐาน ในหนูเมาส์

(Fundamental Mouse Anaesthesia)

04

ภาวะการสลับในหนูเมาส์นั้นหมายถึง การทำให้หนูเมาส์สูญเสียความรู้สึกทั้งร่างกายหรือบางส่วนต่อความเจ็บปวด หรือสัมผัสอื่น ๆ อย่างไรก็ตามมักเป็นที่เข้าใจผิดว่าการให้ยาสลับเพื่อให้หนูเมาส์อยู่ในภาวะสลับทั้งร่างกายนั้นจะส่งผลให้หนูเมาส์ไม่เจ็บปวด ซึ่งความเป็นจริงแล้วหนูเมาส์ที่สลับยังสามารถมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ตอบสนองต่อความเจ็บปวดได้ เช่น การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ การเพิ่มขึ้นของความดันเลือด และการเปลี่ยนแปลงของสารสื่อประสาทต่าง ๆ เพียงแต่หนูเมาส์จะไม่สามารถตอบสนองโดยการขยับร่างกายได้

การวางยาสลับในหนูเมาส์นั้น มีข้อบ่งชี้เพื่อการปฏิบัติหัตถการที่ต้องการไม่ให้เกิดการเคลื่อนไหว เช่น การถ่ายภาพรังสีซึ่งหนูเมาส์ต้องไม่ขยับร่างกายเป็นระยะเวลาหนึ่ง (ภาพที่ 4.1) หรือหัตถการที่ก่อให้เกิดความเครียด หรือความเจ็บปวดต่อหนูเมาส์ ซึ่งโดยหลักการแล้วการปฏิบัติที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อในระดับที่มากกว่าการให้ยาโดยการฉีด หรือการต้องจับบังคับเป็นเวลานาน นักวิจัยควรพิจารณาการให้ยาสลับแก่หนูเมาส์ นอกเหนือจากหลักสวัสดิภาพของสัตว์แล้ว ความเครียดจากการจับบังคับส่งผลให้เกิดการหลั่งของแผลที่ช้าลงกว่าปกติถึง 30% (Padgett et al., 1998; Rojas et al., 2002) และส่งผลให้เกิดความเสี่ยงในการติดเชื้อแบคทีเรียมากกว่าปกติถึงประมาณ 3 เท่า (Rojas et al., 2002) ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนกลุ่มกลูโคคอร์ติคอยด์ (Glucocorticoids) เช่น ฮอร์โมนคอร์ติซอล (Cortisol) และฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอรอน (Corticosterone) รวมถึงการเพิ่มขึ้นของ สารไซโตไคน์เบื้องต้น (Proinflammatory cytokines) เช่น อินเตอร์ลิวคิน หนึ่ง เบต้า (Interleukin 1 beta: IL-1 β) อินเตอร์ลิวคิน หนึ่ง แอลฟา (Interleukin 1 alpha: IL-1 α) อินเตอร์ลิวคิน หก (Interleukin-6: IL-6) อินเตอร์ลิวคิน แปด (Interleukin-8: IL-8) และทิวเมอร์เนโครซินแฟกเตอร์ แอลฟา (Tumour necrotic factor alpha: TNF- α) (Christian et al., 2006)

นอกจากนี้ความเจ็บปวดของหนูเมาส์ยังส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยา โดยเฉพาะปัจจัยที่เกิดจากการทดลองให้เกิดความผิดปกติของเนื้อเยื่อทางพยาธิวิทยา ซึ่งทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ สารไซโตไคน์เบื้องต้น เช่น อินเตอร์ลิวคิน หนึ่ง เบต้า (Interleukin-1 beta: IL-1 β) อินเตอร์ลิวคิน หก (Interleukin-6: IL-6) และทิวเมอร์เนโครซินแฟกเตอร์ แอลฟา (Tumour necrotic factor-alpha: TNF- α) (Zhang & An, 2007) นอกจากนี้ความผิดปกติของเนื้อเยื่อทางพยาธิวิทยายังก่อให้เกิดความเจ็บปวดที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท ซึ่งเป็นปัจจัยจากการเปลี่ยนแปลงสารเคมีไคน์ (Chemokines) ชนิดโมโนไซต์ คีโมแอทแทรกแทนท์ โปรตีน หนึ่ง (Monocyte Chemoattractant protein 1: MCP-1) แมคโครฟาจ อินเฟลมมาทอรี โปรตีน หนึ่ง



หลักศัลยกรรมในหนูเมาส์

(Principle of Mouse Surgery)

05

กายวิภาคพื้นฐานสำหรับการทำศัลยกรรมในหนูเมาส์

(Basic anatomy for surgery in mouse)

กายวิภาคมีความสำคัญยิ่งในการศัลยกรรม ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับกายวิภาคของหนูเมาส์ถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับศัลยสัตวแพทย์ในการดำเนินหัตถการอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ โดยแยกความสำคัญของกายวิภาคในการศัลยกรรม ดังนี้ (Cassidy, 2021)

1. ความแม่นยำและถูกต้อง (Precision and Accuracy) ศัลยสัตวแพทย์จำเป็นต้องทำงานกับโครงสร้างที่ซับซ้อน เช่น หลอดเลือด เส้นประสาท อวัยวะ และเนื้อเยื่อต่าง ๆ ความรู้ที่แม่นยำเกี่ยวกับกายวิภาคศาสตร์ช่วยให้สามารถศัลยกรรมโครงสร้างเหล่านี้ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งลดความเสี่ยงต่อความเสียหายและภาวะแทรกซ้อนระหว่างการศัลยกรรม

2. ความปลอดภัย (Safety) การศัลยกรรมเกี่ยวข้องกับการกรีด การตัดเนื้อเยื่อ และการจัดการอวัยวะ ความรู้ทางกายวิภาคช่วยให้ศัลยสัตวแพทย์หลีกเลี่ยงโครงสร้างที่สำคัญที่อาจนำไปสู่ปัญหาแทรกซ้อนรุนแรงหลังการศัลยกรรม

3. การวางแผนขั้นตอน (Planning) ก่อนการศัลยกรรม ศัลยสัตวแพทย์จำเป็นต้องวางแผนวิธีการรักษา การทำความเข้าใจจุดสังเกตและโครงสร้างทางกายวิภาคช่วยให้พวกเขาเลือกแนวทางที่ดีที่สุด ลดการบาดเจ็บต่อเนื้อเยื่อที่มีสุขภาพดี และเพิ่มประสิทธิภาพผลการศัลยกรรม

4. การลดภาวะแทรกซ้อน (Minimizing Complications) ความรู้เชิงลึกเกี่ยวกับกายวิภาคศาสตร์ช่วยให้ศัลยสัตวแพทย์คาดการณ์ภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการศัลยกรรมได้ ซึ่งช่วยให้พวกเขาสามารถดำเนินมาตรการป้องกันและตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลเพื่อหลีกเลี่ยงผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์

5. การปรับแต่งขั้นตอน (Customization of Procedures) กายวิภาคของหนูเมาส์อาจแตกต่างกันอย่างมากในแต่ละสายพันธุ์ ศัลยสัตวแพทย์จะต้องปรับวิธีการตามลักษณะทางกายวิภาคของหนูเมาส์แต่ละสายพันธุ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์การศัลยกรรมที่ดีที่สุด

6. การศึกษาและการฝึกอบรม (Education and Training) ศัลยสัตวแพทย์ที่ต้องการได้รับการฝึกอบรมอย่างเข้มงวด รวมถึงการศึกษากายวิภาคศาสตร์อย่างกว้างขวาง ความรู้นี้เป็นรากฐานของทักษะการศัลยกรรมและความสามารถในการตัดสินใจ



จุดยุติการทดลอง การการุณยฆาตและ การเก็บตัวอย่างหลังการการุณยฆาต

(Experimental endpoint Euthanasia and sample collection)

06

จุดยุติการทดลอง

(Experimental endpoint)

สภาวะการป่วยที่ทรมาณก่อนการตายถูกใช้เป็นจุดยุติการทดลอง (Experimental endpoint) เนื่องจากหลักการที่ว่า การการุณยฆาตสัตว์ป่วยที่ทรมาณจะลดระยะเวลา และลดระดับความทุกข์ทรมาณก่อนการตาย โดยหลักแล้วในการทดลอง “จะต้องไม่มีหนูเมาส์ตัวใดในการวิจัยตายเองโดยธรรมชาติ” ซึ่งแปลได้ว่าหนูเมาส์ทุกตัวโดยเฉพาะหนูเมาส์ที่มีความทุกข์ทรมาณเกินระดับที่กำหนด ต้องถูกการุณยฆาตอย่างถูกต้อง ไม่ปล่อยให้ตายเอง

ตามหลักการ จุดยุติที่มีมนุษยธรรมช่วยให้สามารถยุติการทดลองก่อนกำหนดได้ โดยการลดความรู้สึกไม่สบาย ความทุกข์ใจ และความเจ็บปวดของสัตว์ให้เหลือน้อยที่สุด ขณะเดียวกันก็มั่นใจว่าได้บรรลุวัตถุประสงค์ทางวิทยาศาสตร์เท่าที่เป็นไปได้ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของการทดลอง เพศ และสายพันธุ์เองก็ทำให้ไม่สามารถกำหนดค่าทางชีววิทยาที่เป็นข้อตกลงกลางเพื่อกำหนดจุดยุติการทดลอง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการประเมินทางชีววิทยาของการกำหนดจุดยุติการทดลอง ได้แก่ การลดลงของน้ำหนักตัว การลดลงของอุณหภูมิร่างกาย (Body temperature) คะแนนความเจ็บปวด (Pain scale) ระดับความเจ็บป่วย (Sickness severity score) (Mei et al., 2019) และขนาดของเนื้องอก (Miller et al., 2016; Wallace, 2000) ซึ่งข้อดีและข้อจำกัดของการประเมินทางชีววิทยาแบบต่าง ๆ ได้แก่

1. การลดลงของน้ำหนักตัว

- 🐭 ปฏิบัติได้ง่าย และเป็นการประเมินที่เป็นรูปธรรม (High objectivity)
- 🐭 ทำให้เกิดความเครียดจากการจับบังคับเพื่อชั่งน้ำหนัก และอาจใช้ประเมินในการทดลองของโรคแบบเฉียบพลันได้ไม่ดี เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของโรคที่รวดเร็ว

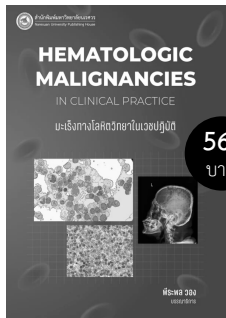
2. การลดลงของอุณหภูมิร่างกาย

- 🐭 ปฏิบัติได้ง่าย และเป็นการประเมินที่เป็นรูปธรรม
- 🐭 เกิดค่าที่แปรปรวนง่าย เนื่องจากการตอบสนองต่อการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายที่แปรปรวน และความเครียดจากการจับบังคับ

3. ระดับความเจ็บป่วย และความเจ็บปวด

- 🐭 ปฏิบัติได้ง่าย และตอบสนองต่อรูปแบบการทดลองที่เฉพาะเจาะจง รวมถึงมีเกณฑ์การประเมินทางเอกสารที่ชัดเจน

หนังสือแนะนำ



มะเร็งทางโลหิตวิทยาในเวชปฏิบัติ

บรรณาธิการ :

รศ. ดร. นพ.พีระพล ว่อง

หนังสือเล่มนี้เขียนขึ้นเพื่อย่อยทอดความรู้และประสบการณ์ในการวินิจฉัยและดูแลผู้ป่วยมะเร็งทางโลหิตวิทยาให้แก่แพทย์ผู้ดูแลผู้ป่วยในเวชปฏิบัติ โดยเฉพาะแพทย์ที่ต้องให้การวินิจฉัยและดูแลผู้ป่วยในขั้นตอนแรก แพทย์ใช้ทุน แพทย์ประจำบ้าน และแพทย์ผู้สนใจเกี่ยวกับโรคทางโลหิตวิทยา ครอบคลุมมะเร็งทางโลหิตวิทยาที่พบบ่อยและมีความสำคัญในเวชปฏิบัติ



เทคนิคการถ่ายภาพเอกซเรย์ซีที ด้วยปริมาณรังสีที่เหมาะสม

ผู้แต่ง : รศ. ดร.ศุภวิฑู สุขเพ็ง

การใช้เอกซเรย์ซีทีคุณภาพสูงเพื่อสร้างภาพสามมิติของอวัยวะภายใน นำไปสู่การรักษาที่มีประสิทธิภาพ แต่การได้รับรังสีสูง จะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งเช่นกัน นักรังสีเทคนิคและบุคลากรที่เกี่ยวข้องจะสร้างสมดุลเหล่านี้ได้อย่างไร การใช้ปริมาณรังสีจากเอกซเรย์ซีทีให้น้อยที่สุดแต่เกิดประโยชน์สูงสุดจะมีเทคนิคอย่างไรบ้าง หนังสือเล่มนี้มีคำตอบ



บทบาทแมลงวันในงานนิติเวชวิทยา

ผู้แต่ง : รศ. ดร.นพวรรณ บุญชู

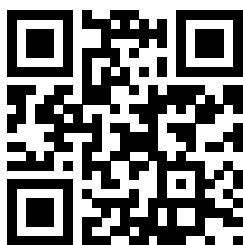
ที่ผ่านมา แมลงวัน ถูกมองว่าเป็นแมลงที่ สกปรก น่ารังเกียจและเป็นพาหะนำเชื้อโรคมามากมาย แต่ปัจจุบัน แมลงวัน มีบทบาทที่สำคัญในงานนิติเวชวิทยา ในต่างประเทศเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นหลักฐานสำคัญที่ ช่วยคลี่คลายคดี ประมาณระยะเวลา หลังการเสียชีวิตได้หนังสือเล่มนี้จะเปิดมุมมองเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แมลงวันในงานนิติเวชวิทยา พร้อมให้ผู้อ่านสัมผัสประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม Augmented Reality (AR)



สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

สั่งซื้อหนังสือออนไลน์

จัดส่งถึงบ้านสะดวกรวดเร็ว



สั่งซื้อทันที

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าชั้นเรียนติดต่อได้ที่
ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

✉ nuph@nu.ac.th สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
 0 5596 8833-8836 [nu_publishing](https://twitter.com/nu_publishing)

