

การถ่ายภาพรังสีช่องท้อง: หลักการและการแปลผลเบื้องต้น

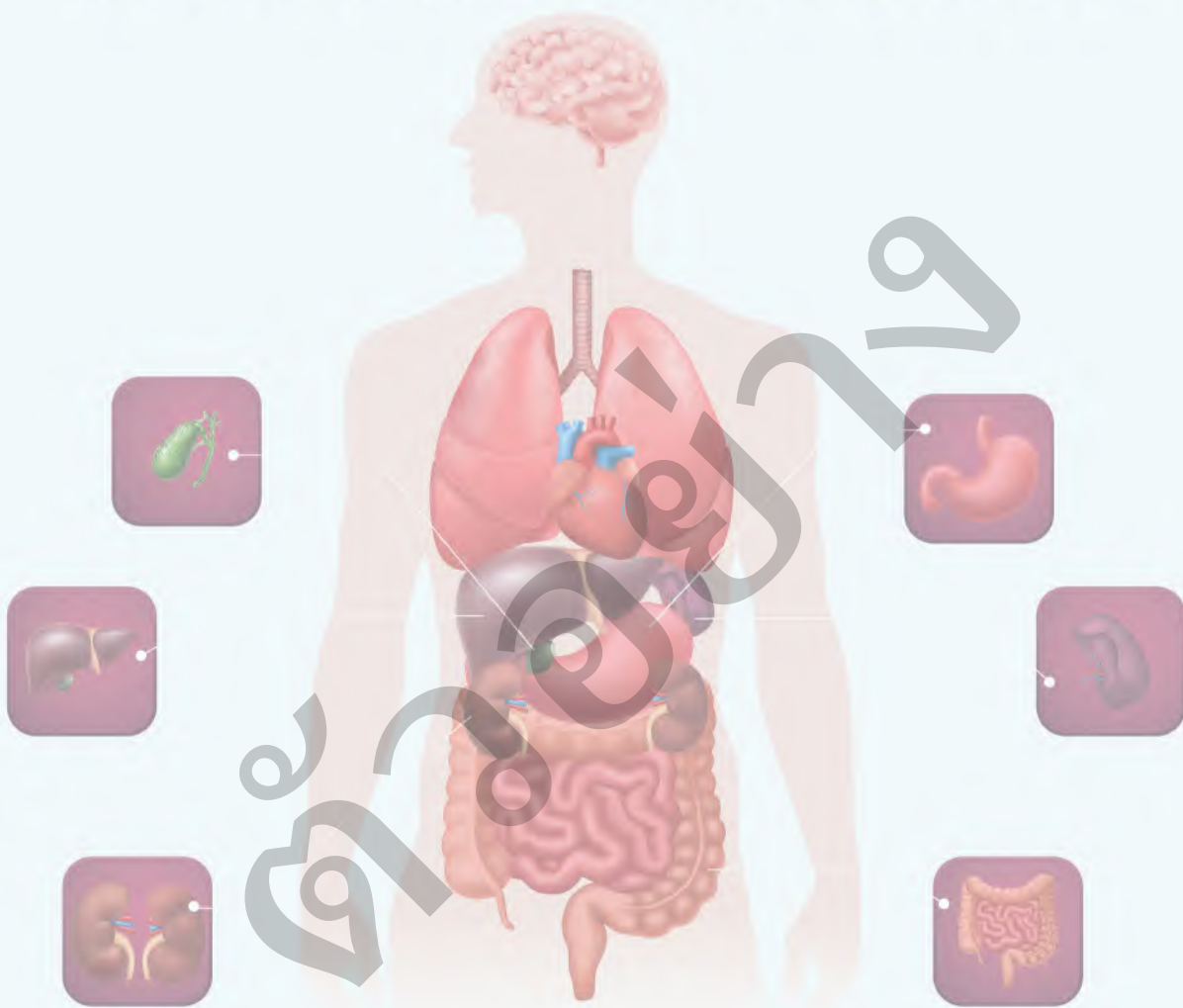


Abdominal Radiography:
Principles and Fundamental Image Interpretation

กฤษฎ ใจคุ้มเก่า

คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การถ่ายภาพรังสีช่องท้อง: หลักการและการแปลผลเบื้องต้น



Abdominal Radiography:
Principles and Fundamental Image Interpretation

กฤษฎ ใจคุ้มเก่า

คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนำ

หนังสือเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมความรู้พื้นฐานด้านการถ่ายภาพรังสีช่องท้อง สำหรับบุคลากรทางการแพทย์และเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนของนักศึกษารังสีเทคนิค ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งเป็นสถาบันที่มุ่งมั่นผลิตบัณฑิตรังสีเทคนิคที่มีความรู้ความสามารถ และคุณธรรมจริยธรรม พร้อมทั้งสามารถปฏิบัติงานในระบบบริการสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานวิชาชีพและความต้องการของสังคม ด้วยวิสัยทัศน์ของภาควิชาฯ ที่ให้ความสำคัญกับความเชื่อมโยงระหว่างการสอน การวิจัย และการบริการทางวิชาการ ผู้เขียนจึงมุ่งพัฒนาหนังสือเล่มนี้ให้มีความครบถ้วน เป็นระบบ และสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงในบริบททางคลินิก ทั้งในระดับนักศึกษา บุคลากรทางรังสีเทคนิค และยังขยายประโยชน์ไปสู่บุคลากรทางการแพทย์แขนงอื่น ๆ และผู้ปฏิบัติงานด้านสาธารณสุขที่มีความสนใจด้านรังสีวิทยาพื้นฐาน และพื้นฐานการประเมินภาพรังสีช่องท้องในงานดูแลผู้ป่วย เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้รวบรวมจากประสบการณ์ด้านการสอน การฝึกปฏิบัติทางคลินิก และงานวิจัย ครอบคลุมความรู้ด้านกายวิภาครังสี เทคนิคการถ่ายภาพ การประเมินคุณภาพภาพรังสี ลักษณะพื้นฐานทางรังสีวินิจฉัยของโรคที่พบบ่อย ตลอดจนตัวอย่างภาพถ่ายทางคลินิก เพื่อช่วยให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจหลักการเชิงลึกและเชื่อมโยงสู่การประยุกต์ใช้ได้

การจัดทำหนังสือเล่มนี้สำเร็จได้จากผู้มีผู้อุปการคุณในหลายภาคส่วน ผู้เขียนขอขอบคุณทุกฝ่ายที่มีส่วนร่วมเป็นอย่างยิ่ง และหวังว่าตำราเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อสถาบันการศึกษา หน่วยบริการสุขภาพ บุคลากรทางการแพทย์ในวงกว้าง และหากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนยินดีรับฟังข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาเนื้อหาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นในฉบับต่อไป

กฤช ใจคุ้มเก่า

พฤษภาคม 2569

สารบัญ

	หน้า
คำนิยาม	III
คำนำ	V
คำอุทิศ	VI
กิตติกรรมประกาศ	VII
สารบัญ	IX
สารบัญรูป	XIII
สารบัญตาราง	XXVIII

บทที่ 1 หลักการเบื้องต้นของเครื่องเอกซเรย์ 1

บทนำ	1
การบันทึกภาพ	1
ประวัติความเป็นมาของการบันทึกภาพรังสีโดยสังเขป	2
หลักการสร้างภาพทางการแพทย์	3
รังสีวินิจฉัย	4
เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์	5
เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป	6
ชุดอุปกรณ์ตัดรังสีกระเจิง	17
เครื่องถ่ายภาพรังสีแบบฟลูออโรสโคปี	19
การเกิดภาพรังสี	21
เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	22
หลักการเบื้องต้นในการป้องกันอันตรายจากรังสีในงานรังสีวินิจฉัย	28
บทสรุป	29
เอกสารอ้างอิง	30
แหล่งที่มาของรูป	30

บทที่ 2 กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของช่องท้อง 31

บทนำ	31
ขอบเขตของผนังหน้าท้องด้านหน้า	31
การแบ่งส่วนของช่องท้อง	32
เยื่อช่องท้อง	34
ส่วนของเยื่อช่องท้องที่ทำหน้าที่ยึดตรึงอวัยวะ	34

โครงสร้างทางจุลกายวิภาคของผนังท่อทางเดินอาหาร	35
การเคลื่อนไหวของท่อทางเดินอาหาร	37
กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของอวัยวะในช่องท้อง	37
ความผิดปกติของการหลังกรดและปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร	40
ความผิดปกติทางคลินิกที่พบบ่อยของลำไส้เล็ก	44
ความผิดปกติทางคลินิกที่พบบ่อยของลำไส้ใหญ่	50
กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของระบบหลอดเลือดที่มาเลี้ยงทางเดินอาหาร	51
ระบบประสาทที่มายังทางเดินอาหาร	53
อวัยวะอื่น ๆ ในช่องท้องที่มีความเกี่ยวข้องกับภาพรังสีช่องท้อง	54
บทสรุป	62
เอกสารอ้างอิง	62

บทที่ 3 หลักการสร้างภาพทางรังสีวินิจฉัย

63

บทนำ	63
ลักษณะรูปร่างของร่างกาย	63
การตรวจทางรังสีวินิจฉัย	65
ตำแหน่งทางกายวิภาคและการประเมินภาพรังสี	67
ระนาบและแนวอ้างอิงของร่างกาย	67
พื้นผิวของร่างกาย	69
การฉายภาพรังสี	70
ตำแหน่งของร่างกาย	72
หลักสำคัญของการจัดทำผู้ป่วยในการถ่ายภาพรังสี	74
บทสรุป	78
เอกสารอ้างอิง	79
แหล่งที่มาของรูป	79

บทที่ 4 การจัดท่าเพื่อถ่ายภาพรังสีช่องท้อง

81

บทนำ	81
จุดอ้างอิงทางกายวิภาคที่ใช้บ่อยในการถ่ายภาพรังสีช่องท้อง	81
ข้อควรคำนึงในการจัดทำภาพรังสีช่องท้อง	83
ข้อพิจารณาพิเศษสำหรับผู้ป่วยในกรณีเฉพาะราย	85
การจัดท่าในการถ่ายภาพรังสีช่องท้อง	87

AP projection-Supine position	87
PA projection-Prone position	89
Lateral decubitus position (AP projection)	90
AP projection-erect (upright) position	92
Dorsal decubitus position	94
Lateral position	95
การตรวจชุดภาพรังสีช่องท้อง	97
บทสรุป	99
เอกสารอ้างอิง	100

บทที่ 5 ภาพรังสีช่องท้อง

101

บทนำ	101
ภาพรังสีช่องท้อง	101
ข้อบ่งชี้ในการถ่ายภาพรังสีช่องท้อง	101
ท่ามาตรฐานของภาพรังสีช่องท้อง	102
คุณภาพของภาพรังสีช่องท้อง	103
ข้อจำกัดและบทบาทของภาพรังสีช่องท้องทางคลินิก	104
โครงสร้างทางกายวิภาคปกติในภาพรังสีช่องท้อง	105
ความคลาดเคลื่อนในการถ่ายภาพรังสีและผลกระทบต่อคุณภาพภาพวินิจฉัย	114
บทสรุป	119
เอกสารอ้างอิง	120

บทที่ 6 รังสีพยาธิวิทยาของช่องท้องเบื้องต้น

121

บทนำ	121
หลักการแปลผลภาพรังสีช่องท้องเบื้องต้น	122
ความผิดปกติของอากาศอยู่ภายนอกกระบบทางเดินอาหาร	123
ภาวะมีอากาศในช่องเยื่อพุงช่องท้อง	123
ภาวะอากาศในทางเดินน้ำดี	127
ความผิดปกติของอากาศอยู่ภายในระบบทางเดินอาหาร	129
ภาวะลำไส้เล็กอุดตัน	129
ภาวะลำไส้ใหญ่อุดตัน	132

	หน้า
ภาวะลำไส้ใหญ่บิดเกลียว	135
ภาวะที่ลำไส้หยุดหรือบีบตัวลดลงอย่างผิดปกติหรือลำไส้อุดตัน	137
ภาวะที่ลำไส้ใหญ่ขยายตัวโดยไม่พบการอุดตัน	137
การอุดตันของทางออกของกระเพาะอาหาร	138
ความผิดปกติที่พบหินปูนเกาะในอวัยวะและภาวะอื่น ๆ ในช่องท้อง	140
หินปูนที่ตับ ม้าม และต่อมน้ำเหลืองในเยื่อช่องท้อง	140
ภาวะตับโตและม้ามโต	142
ภาวะหลอดเลือดแดงใหญ่ในช่องท้องโป่งพอง	144
นิ่วในถุงน้ำดี	145
หินปูนในไส้ติ่ง	147
หินปูนในตับอ่อน	147
หินปูนที่ต่อมหมวกไต	148
หินปูนในเนื้องอกกล้ามเนื้อดลูก	150
ถุงน้ำรังไข่เคอร์มอยด์	151
หินปูนในหลอดเลือดดำบริเวณอุ้งเชิงกราน	152
ภาวะที่มีของเหลวของภายในช่องท้อง	153
หินปูนในระบบขับถ่ายปัสสาวะ	154
บทสรุป	157
เอกสารอ้างอิง	158
แหล่งที่มาของรูป	159

บทที่ 7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

163

บทนำ	163
การเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสรีรวิทยาของไตและตับอ่อนในภาวะอ้วนและเบาหวาน	163
ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นจากผู้เขียน	168
เอกสารอ้างอิง	169
แหล่งที่มาของรูป	169

บทที่ 1

หลักการเบื้องต้นของเครื่องเอกซเรย์

บทนำ

ศาสตราจารย์วิลเฮล์ม คอนราต เรินท์เกิน (Wilhelm Conrad Roentgen) ชาวเยอรมัน เป็นผู้ค้นพบรังสีเอกซ์โดยบังเอิญระหว่างการทดลองทางวิทยาศาสตร์ คำว่า “รังสีเอกซ์” (X-ray) นั้นใช้ตัวอักษร X เพื่อสื่อถึงสิ่งที่ไม่ทราบค่าหรือไม่สามารถอธิบายได้ในทางคณิตศาสตร์ การค้นพบนี้ นับเป็นการปฏิวัติวงการแพทย์อย่างสิ้นเชิง และในปี พ.ศ. 2444 เรินท์เกินได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์เป็นคนแรก เพื่อยกย่องคุณูปการในการค้นพบดังกล่าว แม้จะมีข้อเสนอให้ใช้ชื่อ “รังสีเรินท์เกิน” แทน “รังสีเอกซ์” แต่เรินท์เกินได้ปฏิเสธด้วยเหตุผลทางจริยธรรม และแสดงเจตจำนงไม่ขอจดสิทธิบัตร ในฐานะเจ้าของสิทธิ์แต่ผู้เดียว โดยมุ่งหมายให้รังสีเอกซ์เป็นองค์ความรู้เพื่อสาธารณประโยชน์และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อคุณประโยชน์ของมนุษยชาติ ดังที่ปรากฏในปัจจุบันว่ารังสีเอกซ์มีการประยุกต์ใช้ในหลากหลายสาขา ทั้งทางการแพทย์ การรักษาความปลอดภัย อุตสาหกรรม และโบราณคดี

การบันทึกภาพ

1. การบันทึกภาพด้วยแสง (Photography) มีรากฐานแนวคิดจากชาวคาลเดียน (Chaldeans) และชาวอียิปต์ (Egyptians) ซึ่งสังเกตเห็นแสงจากดวงอาทิตย์ลอดผ่านรูแคบและกระทบกับวัตถุ จนเกิดภาพกลับด้านขึ้นบนพื้นผิวรับแสง ปรากฏการณ์ดังกล่าวถือเป็นหลักการของกล้องรูเข็ม (camera obscura) ซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นของการถ่ายภาพด้วยแสงในยุคแรก

2. การบันทึกภาพรังสี (Radiography) มีความคล้ายคลึงกับการถ่ายภาพด้วยแสง แต่แตกต่างกันที่แหล่งกำเนิดของพลังงานสำหรับสร้างภาพ โดยการถ่ายภาพด้วยแสง ใช้แสงที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (visible light) ขณะที่ บันทึกภาพรังสีใช้รังสีเอกซ์ ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานสูงและไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (invisible high-energy photons) เพื่อสร้างภาพ

ประวัติความเป็นมาของการบันทึกภาพรังสีโดยสังเขป

เมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2438 ภายในห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยเวิร์ชบวร์ก ประเทศเยอรมนี ศาสตราจารย์วิลเฮล์ม คอนราด เรินท์เกิน ได้ค้นพบรังสีเอกซ์โดยบังเอิญระหว่างการทดลองกับหลอดรังสีคาโทดซึ่งถูกดูดอากาศภายในเกือบหมด เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขั้วลบของหลอด ทำให้อิเล็กตรอนเกิดขึ้นที่ผิวไส้หลอดและถูกเร่งไปยังขั้วบวกซึ่งเป็นเป้าโลหะ ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาที่ผิวของหลอดแก้ว สิ่งที่เราพบคือเงาของวัตถุ ที่ปรากฏบนแผ่นเรืองแสงเคลือบด้วยสารแบเรียมพลาทิโนไซยาไนด์ (barium platinoeyanide) ซึ่งตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากหลอดทดลองและอยู่นอกแนวของรังสีคาโทด เขาจึงสันนิษฐานว่ามีรังสีชนิดใหม่ซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า สามารถทะลุผ่านหลอดแก้วไปกระทบแผ่นเรืองแสงได้ เขาจึงตั้งชื่อรังสีนี้ว่า “รังสีเอกซ์” (X-ray) และภายหลังมีผู้เรียกตามชื่อผู้ค้นพบว่า “รังสีเรินท์เกิน” (roentgen ray) ต่อมาในวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2438 เรินท์เกินได้บันทึกภาพถ่ายมือของแอนนา เบอร์ธา ลูตวิก (Anna Bertha Ludwig) ภรรยาของตนเอง โดยภาพดังกล่าวมีชื่อว่า Hand mit Ringen ซึ่งหมายถึง “มือที่สวมแหวน” และถือว่าเป็นภาพถ่ายรังสีภาพแรกของโลก แสดงดังรูปที่ 1.1 เรินท์เกินได้รายงานการค้นพบและคุณสมบัติเบื้องต้นของรังสีเอกซ์ต่อสมาคมฟิสิกส์แห่งเมืองเวิร์ชบวร์ก รวมถึงส่งบทความฉบับเดียวกันไปยังนักฟิสิกส์ทั่วยุโรป และได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ Nature ฉบับวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2439 การค้นพบรังสีเอกซ์ได้สร้างการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญต่อวงการแพทย์ แพทย์สามารถตรวจพบความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกและอวัยวะภายในได้อย่างชัดเจนและวางแผนการรักษาได้แม่นยำยิ่งขึ้น ส่งผลให้สามารถช่วยชีวิตผู้ป่วยได้เป็นจำนวนมาก และในปี พ.ศ. 2444 เรินท์เกินได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์เป็นคนแรก เพื่อเป็นเกียรติแก่การค้นพบที่ยิ่งใหญ่ซึ่งวางรากฐานให้แก่ศาสตร์ทางรังสีวิทยาการแพทย์ในเวลาต่อมา

ในระยะต่อมา ทอมัส อัลวา เอดิสัน (Thomas Alva Edison) ได้ดำเนินการศึกษาคุณสมบัติการเรืองแสงของวัสดุหลายชนิดเมื่อได้รับรังสีเอกซ์ และค้นพบว่าแคลเซียมทังสเตต (calcium tungstate) เป็นวัสดุที่ให้การเรืองแสงได้ดีที่สุด จากนั้นในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2439 เอดิสันได้เริ่มต้นพัฒนาหลอดสำหรับส่องตรวจอวัยวะภายในโดยใช้รังสีเอกซ์และแสดงผลผ่านจอเรืองแสง ซึ่งได้พัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกลายมาเป็นเครื่องเอกซเรย์แบบฟลูออโรสโคปี (fluoroscopy) หรือบางหน่วยงานอาจเรียกการถ่ายภาพแบบส่องตรวจ อย่างไรก็ตาม เอดิสันได้ยุติงานวิจัยด้านรังสีเอกซ์ในปี พ.ศ. 2446 ภายหลังการเสียชีวิตของคลาเรนซ์ เมดิสัน ดาลลี (Clarence Madison Dally) ผู้ช่วยวิจัยและช่างเป่าแก้วซึ่งมักทดลองทอรังสีเอกซ์ด้วยมือเปล่าโดยปราศจากการป้องกัน ดาลลีป่วยเป็นมะเร็งและต้องเข้ารับการตัดแขนทั้งสองข้างก่อนจะเสียชีวิตในเวลาต่อมา ซึ่งแพทย์วินิจฉัยว่าเป็นผลมาจากการได้รับรังสีเป็นเวลานาน เหตุการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงอันตรายของรังสีเอกซ์ และนำไปสู่การตระหนักถึงความจำเป็นในการป้องกันและควบคุมการรับรังสีอย่างเหมาะสม ตลอดจนการพัฒนาเทคโนโลยีและอุปกรณ์ถ่ายภาพทางรังสีให้สามารถใช้รังสีในปริมาณที่น้อยที่สุด เพื่อความปลอดภัยสูงสุดของผู้ป่วยและผู้ปฏิบัติงาน

หลักการสร้างภาพทางการแพทย์

หลักการสร้างภาพทางการแพทย์ หมายถึง กระบวนการและเทคนิคในการสร้างภาพของอวัยวะภายในร่างกาย เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ทางคลินิก ซึ่งจัดอยู่ในขอบเขตของการสร้างภาพทางชีววิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขารังสีวิทยา ที่มีการใช้เทคโนโลยีถ่ายภาพโดยอาศัยรังสีเอกซ์ เช่น การถ่ายภาพรังสีแบบฉาย (radiography หรือ projection radiography) รวมถึงเทคโนโลยีการถ่ายภาพอื่น ๆ เช่น การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (computed tomography หรือ CT) และการตรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic resonance imaging หรือ MRI) ซึ่งระบบเหล่านี้ส่วนใหญ่ใช้การประมวลผลภาพแบบดิจิทัล[1] สำหรับการถ่ายภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงหรืออัลตราซาวด์ (ultrasound) จะมีการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นข้อมูลแบบดิจิทัลก่อนแสดงผล การถ่ายภาพรังสีแบบฉายเป็นวิธีที่ใช้รังสีเอกซ์ฉายผ่านร่างกายผู้ป่วยและบันทึกภาพบนฟิล์มสกรีน (film-screen radiography) เช่น การถ่ายภาพรังสีทั่วไป การถ่ายภาพเต้านม และการถ่ายภาพฟัน ปัจจุบันหน่วยงานรังสีวิทยาในประเทศที่พัฒนาแล้วมากกว่าร้อยละ 90 ได้เปลี่ยนจากการใช้ฟิล์มไปสู่ระบบถ่ายภาพแบบไม่ใช้ฟิล์ม

แผนกรังสีวิทยาในอดีตมักเรียกว่า “แผนกเอกซเรย์” แต่ในทางการแพทย์สมัยใหม่ รังสีวิทยาแบ่งออกเป็น 3 แขนงหลัก ได้แก่ รังสีวินิจฉัย (diagnostic radiology) รังสีรักษา (radiation therapy) และเวชศาสตร์นิวเคลียร์ (nuclear medicine) นอกจากนี้ ยังมีการใช้รังสีชนิดอื่นหรือคลื่นพลังงานอื่น ๆ ในการตรวจวินิจฉัยและรักษาโรค เช่น รังสีแกมมา รังสีบีตา รังสีแอลฟา คลื่นเสียงความถี่สูง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 1.1 ศาสตราจารย์ วิลเฮล์ม คอนราด เรินท์เกน นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันผู้ค้นพบรังสีเอกซ์โดยบังเอิญระหว่างการทดลอง และเป็นผู้ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์เป็นคนแรก (รูป A) และรูปภาพถ่ายรังสีของมือภรรยาของท่าน (รูป B) ซึ่งนับเป็นภาพถ่ายเอกซเรย์ของมนุษย์ภาพแรกของโลก

แหล่งที่มา: (อ้างอิงจาก: Wikipedia, 2024)

รังสีวินิจฉัย (Diagnostic radiology)

รังสีวินิจฉัย หมายถึง การประยุกต์ใช้รังสีจากเครื่องกำเนิดรังสีเพื่อสร้างภาพรังสีของอวัยวะภายในร่างกายมนุษย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการวินิจฉัยโรค และในบางกรณีอาจใช้ร่วมกับการรักษาทางหัตถการ ซึ่งเรียกว่า “รังสีร่วมรักษา” (interventional radiology) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานรังสีวินิจฉัยส่วนใหญ่อาศัยรังสีเอกซ์เป็นหลักประกอบด้วย เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป (general x-ray machine) เครื่องเอกซเรย์ฟัน (dental x-ray machine) เครื่องเอกซเรย์เต้านม (x-ray mammography) เครื่องเอกซเรย์ระบบหลอดเลือด (digital subtraction angiography) เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และเครื่องถ่ายภาพแบบฟลูออโรสโคปี ในการสร้างภาพทางรังสีแบบดั้งเดิม (conventional radiographic imaging) ภาพรังสีจะได้รับการฉายรังสีเอกซ์ผ่านร่างกายผู้ป่วยและตกกระทบกับแผ่นฟิล์มซึ่งบรรจุอยู่ในกล่องตลับฟิล์ม (radiographic cassette) ที่ประกอบด้วยชั้นสกรีนเรืองแสง (film-screen) โดยสกรีนจะเกิดการเรืองแสง (fluorescence) เมื่อถูกรังสีเอกซ์กระตุ้น และทำให้เกิดภาพแฝง (latent

image) บนแผ่นฟิล์ม เมื่อผ่านกระบวนการล้างฟิล์มด้วยสารเคมีจะทำให้ภาพแฟงดังกล่าวปรากฏเป็นภาพถาวรได้ โดยอาศัยหลักการความแตกต่างในการดูดกลืนรังสีของเนื้อเยื่อในร่างกาย (subject contrast) ซึ่งทำให้ปริมาณรังสีที่ตกกระทบลงบนฟิล์มแตกต่างกันไป เกิดความเปรียบต่าง (contrast) ระหว่างเนื้อสีขาว ดำ และเทา ซึ่งเป็นเงาของอวัยวะต่าง ๆ ที่ปรากฏบนฟิล์ม อย่างไรก็ตาม เนื่องจากฟิล์มมีลักษณะที่บดบังแสง จึงต้องใช้แสงสว่างจากตู้ไฟ (view box) เพื่อการมองเห็นภาพที่ชัดเจน หลังจากการวินิจฉัยภาพเสร็จสิ้นแล้วฟิล์มจะถูกบรรจุในซองกระดาษ และจัดเก็บไว้ในห้องเก็บฟิล์มหรือส่งต่อให้แพทย์เจ้าของไข้เพื่อประกอบการรักษา

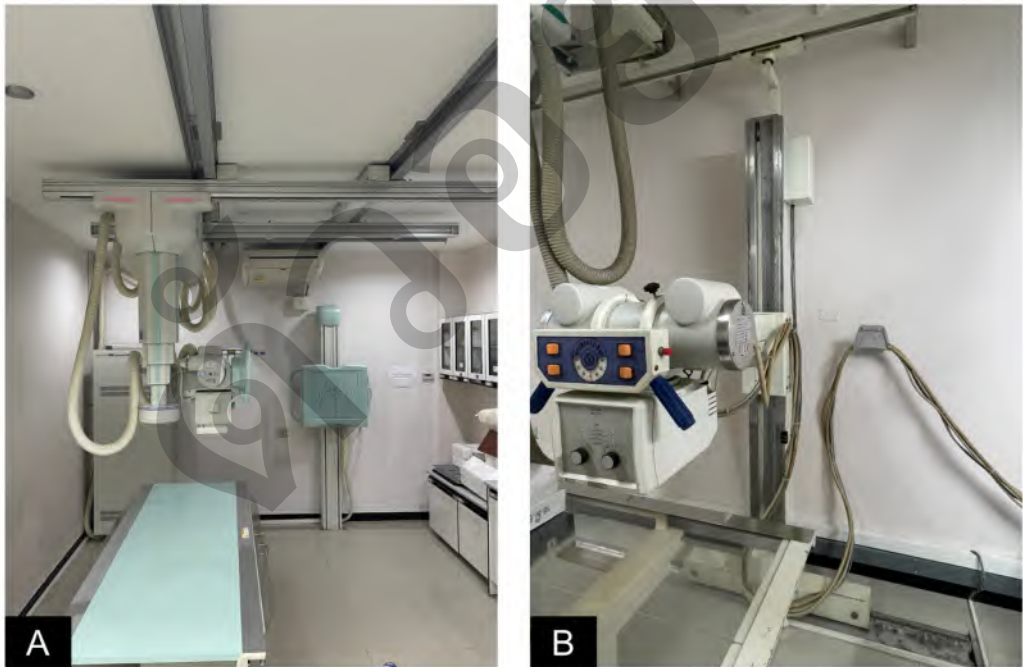
สำหรับการสร้างภาพรังสีในระบบดิจิทัล (digital radiography) ยังคงใช้รังสีเอกซ์จากเครื่องเอกซเรย์เช่นเดียวกับระบบดั้งเดิม[1, 6] แต่ข้อมูลภาพจะถูกจัดเก็บในหน่วยความจำของระบบคอมพิวเตอร์ และแสดงผลผ่านจอภาพ (monitor) ในรูปของสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ โดยแต่ละจุดภาพ (pixel) จะแสดงค่าความสว่าง (brightness) ตามตำแหน่งในมิติแนวนอนและแนวตั้งของภาพ ซึ่งเรียกว่าระบบเมทริกซ์ (matrix) การแสดงผลสำหรับการแสดงภาพในระบบดิจิทัล สามารถปรับเปลี่ยนระดับความเปรียบต่างช่วงกว้างแคบของระดับสีขาว เทา ดำ และความสว่างของภาพผ่านพารามิเตอร์ที่ควบคุมได้แก่ ความกว้างของหน้าต่าง (Window Width หรือ WW) และระดับหน้าต่าง (Window Level หรือ WL) ซึ่งควบคุมระดับความเข้มของภาพ เช่น ในภาพรังสีภาพเดียวกัน อาจปรับค่าดังกล่าวเพื่อแสดงรายละเอียดของเนื้อเยื่ออ่อน หรือเนื้อเยื่อแข็ง เช่น กระดูก ได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ภาพรังสีที่ได้จากระบบฟิล์มแบบดั้งเดิมจะแสดงข้อมูลในรูปของค่าความดำ (optical density) ที่ปรากฏอยู่บนแผ่นฟิล์ม ทั้งนี้หนังสือเล่มนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของอุปกรณ์และเครื่องมือทางรังสีวินิจฉัยเฉพาะในส่วน of เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปเป็นหลัก เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้งานอย่างแพร่หลายในสถานพยาบาล ส่วนเครื่องมือชนิดอื่นจะกล่าวถึงเฉพาะหลักการพื้นฐาน เนื่องจากแต่ละเครื่องมือมีรายละเอียดเฉพาะทางและมีความซับซ้อนค่อนข้างสูง

เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์

เครื่องมือทางรังสีวินิจฉัยที่ใช้ในการสร้างภาพของอวัยวะภายในร่างกายเพื่อการวินิจฉัย ในที่นี้จะสามารถจำแนกและอธิบายออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป เครื่องถ่ายภาพรังสีแบบฟลูออโรสโคปี และเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

1. เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป

เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทำงานโดยการฉายรังสีเอกซ์ผ่านร่างกายผู้ป่วยในตำแหน่งที่ต้องการตรวจวินิจฉัย ซึ่งสามารถถ่ายภาพได้ทุกส่วนของร่างกาย เช่น ปอด กระดูกแขน ขา กระดูกสันหลัง และศีรษะ แสดงดังรูปที่ 1.2 เพื่อใช้ในการประเมินเบื้องต้นว่าบริเวณดังกล่าวมีความผิดปกติหรือไม่ ภาพที่ได้จากกระบวนการนี้จะเป็นภาพนิ่ง (radiograph) หลักการทำงานของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปอาศัยพลังงานไฟฟ้าในการเร่งอิเล็กตรอนจากไส้หลอดเอกซเรย์ที่ถูกเผาให้ร้อน จากนั้นอิเล็กตรอนจะพุ่งชนเป้าโลหะที่มีเลขอะตอมสูง เช่น ทังสเตน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชั้นพลังงานของอะตอม และปลดปล่อยพลังงานในรูปของรังสีเอกซ์ ค่าที่ใช้ควบคุมพลังงานของรังสีเอกซ์ ได้แก่ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าแรงดันสูง (high voltage) ที่ป้อนให้หลอดเอกซเรย์ ส่วนปริมาณรังสีที่ปล่อยออกมาจะถูกกำหนดโดยค่ากระแสไฟฟ้า (electric current โดยมักย่อว่า current) และระยะเวลาการฉายรังสี (time) การใช้งานเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปมีทั้งในรูปแบบเครื่องขนาดใหญ่ที่มีพลังงานสูงซึ่งสามารถถ่ายภาพได้ทุกส่วนของร่างกาย และเครื่องขนาดเล็กหรือแบบเคลื่อนที่ได้ (portable หรือ mobile x-ray machine) ตลอดจนเครื่องเฉพาะทางที่ใช้พลังงานต่ำ เช่น เครื่องเอกซเรย์เต้านม ทั้งนี้หนังสือเล่มนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปเป็นหลัก ดังนี้



รูปที่ 1.2 เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปที่ใช้ทางรังสีวินิจฉัย เครื่องที่มีโครงสร้างแขวนกับเพดาน (รูป A) และชนิดที่ยึดติดกับพื้นและเพดาน (รูป B)

แหล่งที่มา: รูปโดย กฤษ ใจคุ้มเก่า

1) หลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) หลอดเอกซเรย์เป็นองค์ประกอบสำคัญในการผลิตรังสีเอกซ์ โดยมีหน้าที่ในการกำเนิดรังสีจากการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การทำงานของหลอดเอกซเรย์อาศัยหลักการที่เรียกว่าเทอร์มิโอนิกอิมิชชัน (thermionic emission) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรของอะตอมเมื่อได้รับความร้อน กระแสไฟฟ้าจะทำให้ไส้หลอดเอกซเรย์ (filament) ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิประมาณ 2,000 องศาเซลเซียสหรือมากกว่านั้น ทำให้อิเล็กตรอนอิสระจำนวนมากถูกปลดปล่อยออกมารอบพื้นผิวโลหะจนกลายเป็นกลุ่มที่เรียกว่าสเปซชาร์จ (space charge) อย่างไรก็ตาม อิเล็กตรอนเหล่านี้ยังไม่สามารถหลุดพ้นจากพื้นผิวโลหะได้เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับอะตอมของโลหะ การที่อิเล็กตรอนจะหลุดออกไปได้ต้องอาศัยแรงดึงดูดจากภายนอกที่มากกว่าแรงยึดภายใน นั่นคือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าแรงดันสูงซึ่งทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างขั้วลบหรือแคโทด (cathode) และขั้วบวกหรือแอโนด (anode) ส่งผลให้อิเล็กตรอนถูกเร่งให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงไปยังเป้าโลหะ (target) ที่มักทำจากโลหะที่มีเลขอะตอมสูง เช่น ทังสเตน ยิ่งความต่างศักย์มีค่ามากเท่าใด ความเร็วของอิเล็กตรอนก็จะเพิ่มขึ้นตาม เช่น ความต่างศักย์ 100 กิโลโวลต์ (kV) จะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 165 กิโลเมตรต่อวินาที เมื่ออิเล็กตรอนพุ่งชนอะตอมของเป้าโลหะจะเกิดปฏิกิริยีสัมพัทธ์และปลดปล่อยรังสีเอกซ์ออกมา หลอดเอกซเรย์มีองค์ประกอบ ดังนี้

1.1) ตัวเรือนหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube housing) คือ โครงหรือเปลือกหุ้มภายนอกของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ทำหน้าที่บรรจุหลอดเอกซเรย์และป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับหลอดเอกซเรย์ภายใน โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกทำจากอลูมิเนียมภายในบุด้วยแผ่นตะกั่ว (lead shield) เพื่อป้องกันการรั่วไหลของรังสีเอกซ์ แสดงดังรูปที่ 1.3 บริเวณผิวของตัวเรือนหลอดเอกซเรย์จะมีช่องเปิดสำหรับให้รังสีเอกซ์ผ่านออกมาจากหลอดเรียกว่าท่อปล่อยรังสี (tube port) และบริเวณช่องดังกล่าวจะติดตั้งอุปกรณ์คอลลิเมเตอร์ (collimator) เพื่อควบคุมขอบเขตและขนาดของลำรังสี ภายในตัวเรือนหลอดเอกซเรย์จะบรรจุน้ำมันที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าและช่วยในการระบายความร้อน ที่จะเกิดขึ้นระหว่างการทำงานของหลอดเอกซเรย์ อีกทั้งยังช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ionization) ระหว่างขั้วไฟฟ้าแรงสูง น้ำมันที่ใช้ต้องมีความบริสุทธิ์สูง ไม่ระเหยง่าย และสามารถคงสภาพได้แม้ในอุณหภูมิสูง



รูปที่ 1.3 ด้านนอกตัวเรือนหลอดเอกซเรย์ที่ถูกหุ้มด้วยแผ่นตะกั่ว (รูป A) และโครงสร้างด้านในของตัวเรือนหลอดเอกซเรย์เมื่อเจาะแผ่นตะกั่วออก ซึ่งจะมีโครงสร้างหลักคือหลอดเอกซเรย์ (รูป B)

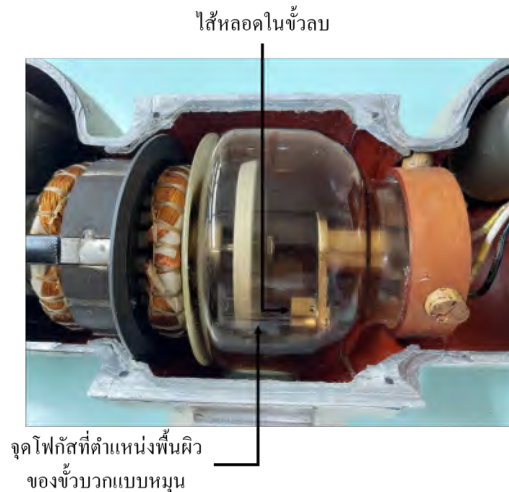
แหล่งที่มา: รูปโดย กฤษ ใจคุ้มเก่า

1.2) หลอดแก้วสุญญากาศ (Glass envelope หรือ Vacuum tube) เป็นหลอดที่มีสภาพเป็นสุญญากาศทำหน้าที่ห่อหุ้มองค์ประกอบภายใน ได้แก่ ขั้วลบ ขั้วบวก และไส้หลอด โดยภายในหลอดจะถูกดูดอากาศออกจนเกือบหมด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาไอออนไนเซชัน ซึ่งจะส่งผลให้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนลดลง แสดงดังรูปที่ 1.4 การคงสภาพสุญญากาศภายในหลอดมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพในการเร่งอิเล็กตรอนให้มีความเร็วสูง หากมีอากาศหรืออากาศแม้เพียงเล็กน้อยภายในหลอด (เรียกว่า gassy tube) จะทำให้เกิดการชนกับโมเลกุลของอากาศและเกิดไอออนไนเซชัน ส่งผลให้ปริมาณอิเล็กตรอนที่ไปถึงขั้วบวกลดลง ส่งผลให้ปริมาณรังสีเอกซ์ที่ผลิตได้ลดลง และมีค่าพลังงานต่ำกว่าที่กำหนด

1.3) ขั้วบวกคงที่ (Stationary anode) เป็นหลอดเอกซเรย์ชนิดที่ขั้วบวกอยู่กับที่ โดยขั้วบวกประกอบด้วยแท่งทองแดงซึ่งฝังเป้าโลหะ ทำจากทั้งสเตนผสมไว้ภายในเพื่อช่วยในการนำความร้อน หลอดชนิดนี้นิยมใช้กับเครื่องเอกซเรย์ที่มีกำลังไฟฟ้าไม่สูงนัก เช่น เครื่องเอกซเรย์เคลื่อนที่ที่มีกระแสไฟฟ้าประมาณ 50 มิลลิแอมแปร์ หรือเครื่องเอกซเรย์สำหรับการถ่ายภาพฟันที่มีกำลังระหว่าง 15-30 มิลลิแอมแปร์

1.4) ขั้วบวกแบบ (ชนิด) หมุน (Rotating anode) เป็นหลอดเอกซเรย์ชนิดที่ขั้วบวกมีลักษณะเป็นจานหมุน ทำให้ตำแหน่งที่อิเล็กตรอนพุ่งชนเป้าเปลี่ยนไปตลอดเวลา ส่งผลให้สามารถกระจายความร้อนและทนต่อพลังงานได้มากขึ้น จึงสามารถรองรับกระแสไฟฟ้าได้สูงกว่าหลอดแบบขั้วบวกคงที่ เป้าโลหะ ทำจากทั้งสเตนผสมรีเนียมอบบนจานขั้วบวกซึ่งผลิตจากโมลิบดีนัม (molybdenum) หรือแกรไฟต์ (graphite) เพื่อให้สามารถทนต่อความร้อนจากการชนของอิเล็กตรอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อดีของหลอดขั้วบวกแบบหมุน เช่น ความสามารถในการใช้กระแสไฟฟ้าสูงและเวลาการถ่ายภาพสั้น เหมาะสำหรับการใช้งานในเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป รวมทั้งเครื่องเอกซเรย์ชนิดพิเศษ เช่น เครื่องเอกซเรย์ระบบหลอดเล็ด และเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

1.5) ไส้หลอด เป็นส่วนประกอบสำคัญของขั้วลบในหลอดเอกซเรย์ ทำจากโลหะทั้งสเตนเนื่องจากมีจุดหลอมเหลวสูง ในหลอดเอกซเรย์ทั่วไปไส้หลอดอาจมีได้ 1 หรือ 2 ชุด (single หรือ dual filament) โดยระบบแบบสองไส้หลอดจะสามารถเลือกใช้ขนาดจุดโฟกัส (focal spot size) ที่ต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมกับประเภทของภาพรังสีที่ต้องการถ่าย เช่น จุดโฟกัสขนาดเล็กให้ความคมชัดสูง ใช้สำหรับตรวจเนื้อเยื่อที่ละเอียด จุดโฟกัสขนาดใหญ่เหมาะสำหรับโครงสร้างที่หนาและต้องใช้พลังงานสูง การถ่ายภาพรังสีช่องท้องเป็นบริเวณที่มีความหนาของเนื้อเยื่อสูง จึงต้องใช้ปริมาณรังสีและค่ากระแสไฟฟ้าสูง ทำให้โดยทั่วไปเลือกใช้ไส้หลอดขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถรองรับความร้อนได้ดีและช่วยลดความเสี่ยงต่อความเสียหายของหลอดเอกซเรย์ แม้ไส้หลอดขนาดใหญ่จะให้ความคมชัดต่ำกว่าไส้หลอดขนาดเล็กเล็กน้อย แต่ยังคงเพียงพอต่อการวินิจฉัยอวัยวะในช่องท้อง



รูปที่ 1.4 หลอดแก้วสุญญากาศซึ่งภายในประกอบด้วยส่วนไส้หลอดในขั้วลบและจุดโฟกัสของขั้วบวกแบบหมุน

แหล่งที่มา: รูปโดย กฤษ ใจคุ้มเก่า

1.6) สเตเตอร์ (Stator) เป็นส่วนประกอบของระบบมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการหมุนของขั้วบวกแบบหมุน สเตเตอร์ติดตั้งอยู่ภายนอกหลอดแก้วสุญญากาศ โดยล้อมรอบโรเตอร์ (rotor) ที่อยู่ภายในหลอด ทำหน้าที่หลักการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุน (rotating magnetic field) ซึ่งเกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสสลับให้แก่ขดลวดของสเตเตอร์ เมื่อสนามแม่เหล็กหมุนถูกเหนี่ยวนำเข้าสู่ โรเตอร์จะทำให้จานแอโนดหมุนด้วยความเร็วสูง การหมุนของจานแอโนดมีความสำคัญอย่างยิ่งในการกระจายความร้อนที่เกิดขึ้นจากการพุ่งชนของอิเล็กตรอนบนผิวเป้าโลหะ ช่วยเพิ่มพื้นที่ในการกระจายพลังงาน ลดการสึกกร่อน และยืดอายุการใช้งานของเป้าโลหะ รวมทั้งช่วยให้สามารถใช้กระแสไฟฟ้าสูงและระยะเวลาการถ่ายภาพสั้นลงได้

1.7) โรเตอร์ เป็นส่วนหนึ่งของระบบมอเตอร์เหนี่ยวนำในหลอดเอกซเรย์ชนิดขั้วบวกแบบหมุน โดยติดตั้งอยู่ภายในหลอดแก้วสุญญากาศ ทำหน้าที่รับพลังงานจากสนามแม่เหล็กที่สร้างโดยสเตเตอร์เพื่อหมุนจานแอโนดด้วยความเร็วสูง โรเตอร์มีลักษณะเป็นเพลากลวงที่เชื่อมติดกับจานขั้วบวกด้านหนึ่ง และหมุนอยู่ในแบริ่งที่สามารถทนต่อแรงเสียดทานและความร้อนสูงได้ ตัวโรเตอร์มักทำจากวัสดุที่นำไฟฟ้าได้ดี เช่น ทองแดง และมีน้ำหนักเบาเพื่อช่วยให้หมุนได้โดยไม่เกิดการสั่นสะเทือน เมื่อโรเตอร์หมุนจะทำให้ขั้วบวกแบบหมุนหมุนตาม ส่งผลให้สามารถกระจายความร้อนได้ทั่วพื้นผิวเป้าโลหะ ลดความร้อนสะสมในจุดเดียว และเพิ่มความสามารถในการรับพลังงานจากอิเล็กตรอนได้มากขึ้น ช่วยยืดอายุการใช้งานของหลอดเอกซเรย์และรองรับการใช้งานที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูงและการถ่ายภาพต่อเนื่อง

1.8) คอลลิเมเตอร์ เป็นอุปกรณ์ควบคุมลำรังสีเอกซ์ ติดตั้งบริเวณช่องปล่อยรังสีของตัวเรือนหลอดเอกซเรย์ มีหน้าที่หลักในการกำหนดขนาด รูปร่าง และขอบเขตของลำรังสีที่ปล่อยออกจากหลอดเอกซเรย์ให้ตรงกับบริเวณอวัยวะที่ต้องการถ่ายภาพเท่านั้น แสดงดังรูปที่ 1.5 การจำกัดลำรังสีให้เฉพาะจุดที่จำเป็นช่วยลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ (patient dose) และลดการกระเจิงของรังสี (scatter radiation) ซึ่งอาจทำให้ภาพรังสีไม่ชัดเจน คอลลิเมเตอร์ประกอบด้วยใบแผ่นตะกั่วเคลื่อนที่ได้ 2 ชั้น ที่สามารถเปิดหรือปิดในแนวตั้งและแนวนอนเพื่อกำหนดพื้นที่สีเหลี่ยมตามต้องการ ภายในคอลลิเมเตอร์ยังติดตั้งหลอดไฟและกระจกสะท้อนแสงเพื่อฉายลำแสงมองเห็น (light field) แสดงบริเวณที่รังสีจะตกกระทบบนร่างกายผู้ป่วย ซึ่งช่วยให้ผู้ถ่ายภาพสามารถจัดทำผู้ป่วยได้อย่างถูกต้อง ในการถ่ายภาพรังสีช่องท้อง ควรเปิดคอลลิเมเตอร์ให้ครอบคลุมเฉพาะบริเวณที่จำเป็น หลีกเลี่ยงการเปิดลำรังสีที่กว้างเกินไปซึ่งจะเพิ่มการกระเจิงของรังสีและลดความคมชัดของภาพหรือแคบเกินไปจนทำให้พลาดรอยโรคสำคัญ



รูปที่ 1.5 คอลลิเมเตอร์และลำแสงบอกขอบเขตที่ใช้แสดงขอบเขตรังสีเอกซเรย์ที่จะตกกระทบบต่อส่วนที่ต้องการถ่ายภาพ

แหล่งที่มา: รูปโดย กฤษ ใจคุ้มเก่า

1.9) อุปกรณ์การกรองรังสี (Radiation filtration devices) ในการทำงานของหลอดเอกซเรย์ รังสีเอกซ์ที่ถูกปล่อยออกมาจะประกอบด้วยรังสีที่มีพลังงานหลากหลายระดับ โดยเฉพาะรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานต่ำซึ่งไม่สามารถทะลุผ่านร่างกายผู้ป่วยไปถึงตัวรับภาพได้ รังสีเหล่านี้จะถูกดูดกลืนภายในเนื้อเยื่อของผู้ป่วยโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อคุณภาพของภาพถ่ายรังสี แต่กลับเพิ่มปริมาณรังสีสะสมในร่างกายผู้ป่วยโดยไม่จำเป็น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีการติดตั้งอุปกรณ์กรองรังสี (filtration) ไว้ในระบบลำรังสีเอกซ์โดยทั่วไปนิยมใช้แผ่นโลหะบางที่มีสมบัติดูดกลืนรังสีพลังงานต่ำ เช่น แผ่นอลูมิเนียม

หนังสือ การถ่ายภาพรังสีช่องท้อง: หลักการและการแปลผลเบื้องต้น เป็นหนังสือวิชาการที่วางรากฐานความรู้ด้านการถ่ายภาพรังสีช่องท้องอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมตั้งแต่หลักการพื้นฐานของเครื่องเอกซเรย์ กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของช่องท้อง หลักการสร้างภาพทางรังสีวินิจฉัย การจัดทำผู้ป่วย คุณภาพของภาพรังสี ไปจนถึงหลักการแปลผลภาพรังสีช่องท้องเบื้องต้นและรังสีพยาธิวิทยาที่พบบ่อย พร้อมเชื่อมโยงเนื้อหา กับบริบททางคลินิกและข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน จุดเด่นของหนังสือคือการเรียบเรียง เนื้อหาจากพื้นฐานสู่การประยุกต์ใช้จริง มีภาพประกอบและตัวอย่างทางคลินิกที่ช่วยให้ ผู้อ่านเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคการถ่ายภาพ คุณภาพของภาพ และการประเมิน ความผิดปกติ หนังสือเล่มนี้จึงเหมาะสำหรับนักศึกษารังสีเทคนิค นักรังสีเทคนิค บุคลากร ทางการแพทย์ ตลอดจนผู้สนใจด้านรังสีวินิจฉัยที่ต้องการเสริมความรู้พื้นฐานและพัฒนา ทักษะการประเมินภาพรังสีช่องท้องเพื่อนำไปใช้ในการเรียน การฝึกปฏิบัติ และงานบริการ ทางคลินิก



CHIANG MAI
UNIVERSITY PRESS

