บทที่ ๕

การดูดกลืนรังสีเอ็กซในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ

เนื่องจากการดูดกลืนรังสีเอ็กซได้มากหรือน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับ

๑. อะตอมมิคนัมเบอร์ของสิ่งที่ดูดกลืนรังสี

๒. ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศเซนติเมตร)

๓. ความหนาแน่นของอิเล็คตรอน

๔. พลังงานของรังสีเอ็กซ

๕. ความหนาของวัตถุ

เนื้อเยื่อในร่างกายของมนุษย์พอที่จะแบ่งออกได้เป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้คือ ไขมัน เนื้อเยื่ออ่อน ของเหลวในร่างกาย กระดูก กล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเหล่านี้มีส่วนประกอบและคุณสมบัติในการดูดกลืนรังสีเอ็กซแตกต่างกันไป ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้ คือ

๕.๑ <u>เนื้อเยื่อไขมัน</u> เนื้อเยื่อชนิดนี้ประกอบขึ้นด้วยสารประกอบต่าง ๆ ดังนี้

ก. น้ำ ๒๓.๐๒%

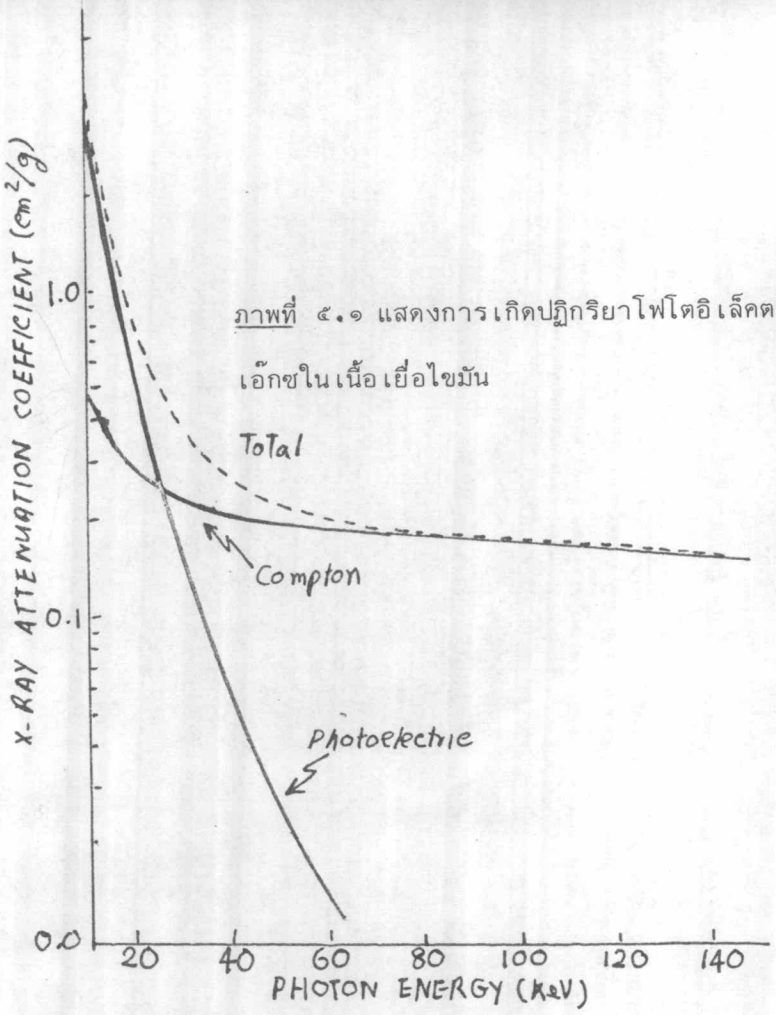
ข. โปรตีน ๕.๘๕%

ค. คาร์โบไฮเดรด ≤ ๐.๑๐%

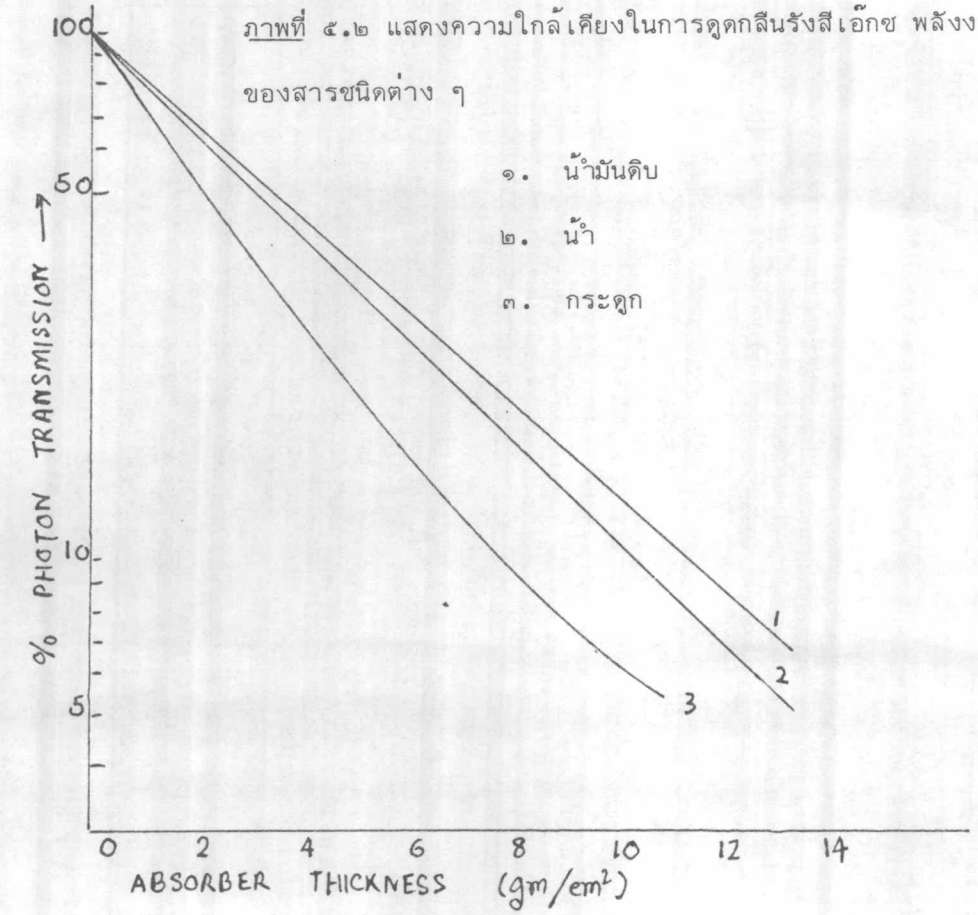
ง. อิเซอร์ เอ็กซเกรดเทเบิล ไลนปิด ๗๑.๕๗% ซึ่งประกอบด้วย

- โคเรสเทอรอล ๐.๓%
- ฟอสฟอไลนปิด ≤ ๐.๑%
- ไตรกลีเซอร์ไรด์ ๙๙.๕%

จากส่วนประกอบของเนื้อเยื่อไขมันนี้ ทำให้ไขมันมีอะตอมมิคนัมเบอร์ที่มีผลต่อการดูดกลืนรังสีเอ็กซเท่ากับ ๖.๓ และมีความหนาแน่นของอิเล็คตรอนเท่ากับ ๓.๓๔ คูณ $๑๐^{๒๓}$ ตัว ต่อ กรัม ดังนั้นในการทำปฏิกริยาของไขมันและรังสีเอ็กซจะเป็นไปในลักษณะที่แสดงไว้ในภาพ ๔.๑ ส่วนกราฟในภาพ ๕.๒ นั้น แสดงถึงปฏิกริยาในการดูดกลืนรังสีเอ็กซที่มีพลังงานขนาด ๑๐๐ เคอีวีของน้ำมันดิบ ซึ่งน้ำมันชนิดนี้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับไขมันในร่างกายมนุษย์มาก จากภาพนี้ อธิบายได้ว่า



ภาพที่ ๕.๑ แสดงการเกิดปฏิกริยาโฟโตอิเล็คตริกและคอมตันในการดูดกลืนรังสีเอ๊กซในเนื้อเยื่อไขมัน



ภาพที่ ๕.๒ แสดงความใกล้เคียงในการดูดกลืนรังสีเอ๊กซ พลังงาน ๑๐๐ เควี ของสารชนิดต่าง ๆ

๑. น้ำมันดิบ

๒. น้ำ

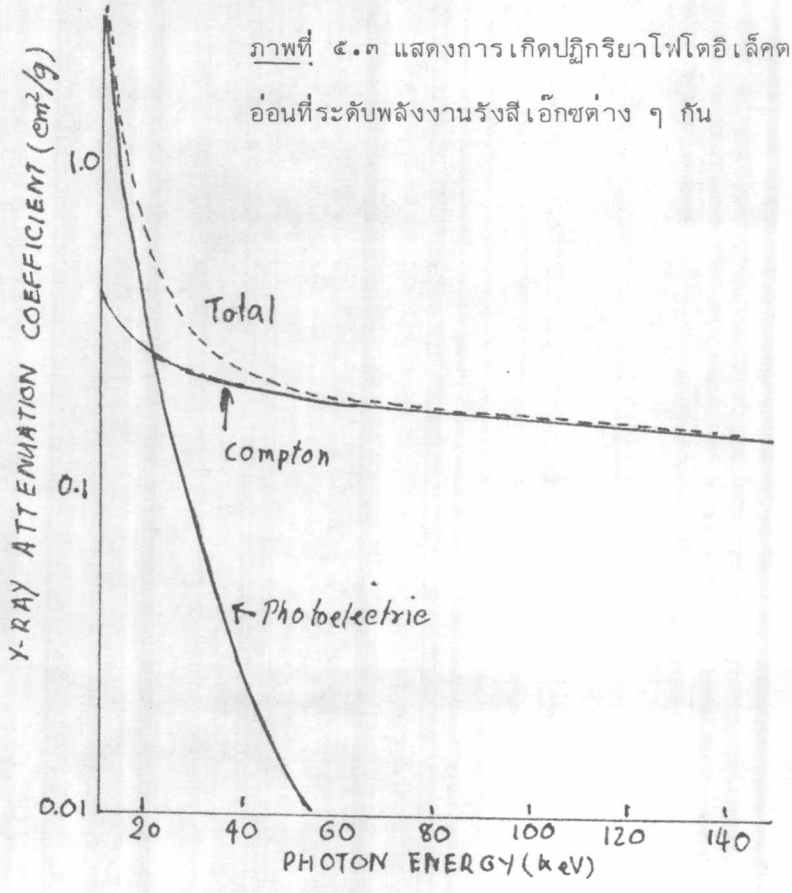
๓. กระดูก

๑. เป็นกราฟแสดงการดูดกลืนรังสีเอ๊กซของน้ำมันดิบ

๒. เป็นกราฟแสดงการดูดกลืนรังสีเอ๊กซของน้ำ

๓. เป็นกราฟแสดงการดูดกลืนรังสีเอ๊กซของตัวกลางที่เรียกว่าม๊อคโบน ซึ่งมีอะตอมมิคนัมเบอร์ และความหนาแน่นอิเล็คตรอนคล้ายคลึงและใกล้เคียงกับกระดูกมาก

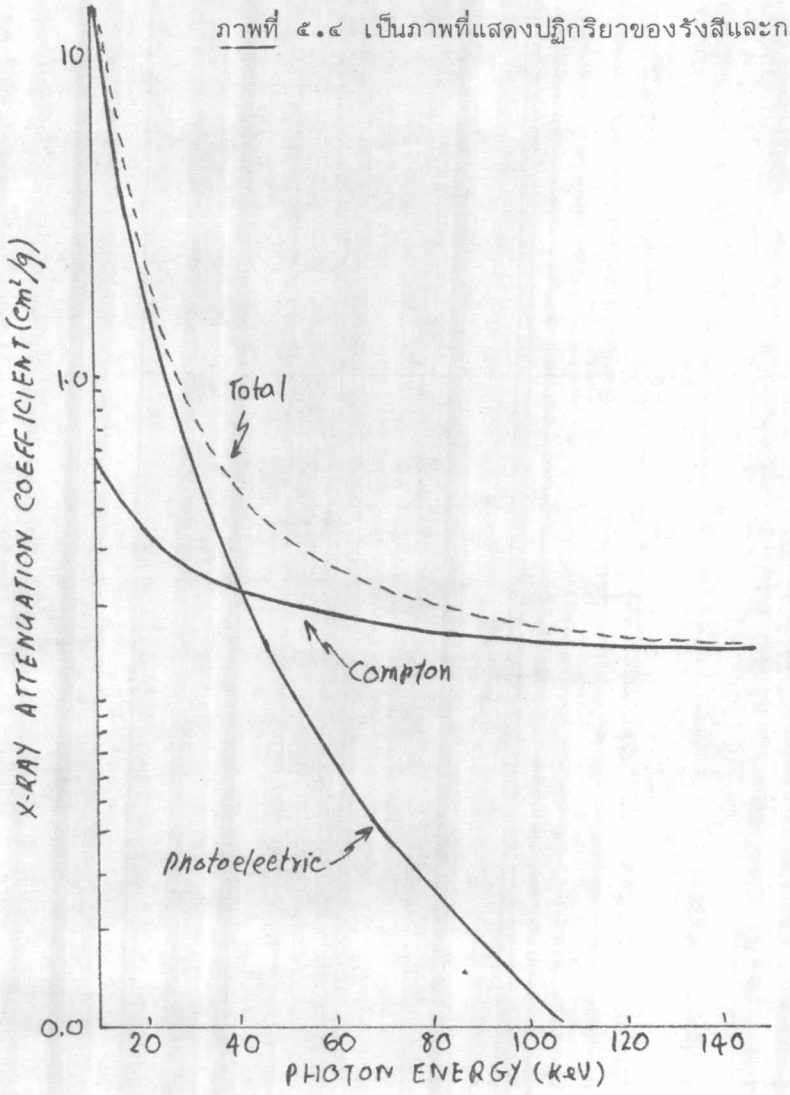
๕.๒ <u>เนื้อเยื่ออ่อนและของเหลวในร่างกาย</u> ปฏิกริยาของรังสีเอ๊กซที่มีต่อเนื้อเยื่ออ่อน และของเหลวในร่างกายนั้นเป็นไปในลักษณะของปฏิกริยาของกลุ่มพลังงานรังสีเอ๊กซและสารจำพวกที่มีอะตอมนัมเบอร์ต่ำ และนอกจากนี้ในเนื้อเยื่ออ่อนต่างชนิดกัน (ยกเว้นไขมัน) และของเหลวในร่างกาย ซึ่งเหล่านี้ย่อมมี เอฟเฟคธีฟ อะตอมมิคนัมเบอร์ต่างกัน แต่ไม่สู้มากนัก จะสามารถดูดกลืนรังสีเอ๊กซได้ใกล้เคียงกันมาก และไม่ต่างไปจากกล้ามเนื้อมากนักอีกด้วย ในขณะเดียวกัน จากค่าความหนาแน่นอิเล็คตรอนของกล้ามเนื้อซึ่งเท่ากับ ๓.๓๒ คูณ ๑๐^{๒๓} อิเล็คตรอน/กรัม ซึ่งในทางปฏิบัติแล้ว ค่านี้ถือได้ว่ามีค่าเท่ากับน้ำ ซึ่งปฏิกริยาของรังสีเอ๊กซและน้ำนั้น จะประกอบด้วยขบวนการปฏิกริยา ๒ ชนิด คือ ปฏิกริยาคอมตัน และปฏิกริยาโฟโตอิเล็คตริก ดังกราฟที่แสดงในภาพ ๕.๓ ซึ่งอธิบายได้ว่า ถ้าพลังงานรังสีเอ๊กซ ๓๐ เคอีวี แล้วปฏิกริยาส่วนใหญ่จะเป็นขบวนการโฟโตอิเล็คตริก แต่ถ้าพลังงานรังสีเอ๊กซสูงกว่า ๓๐ เคอีวี ปฏิกริยาส่วนใหญ่จะเป็นขบวนการคอมตัน



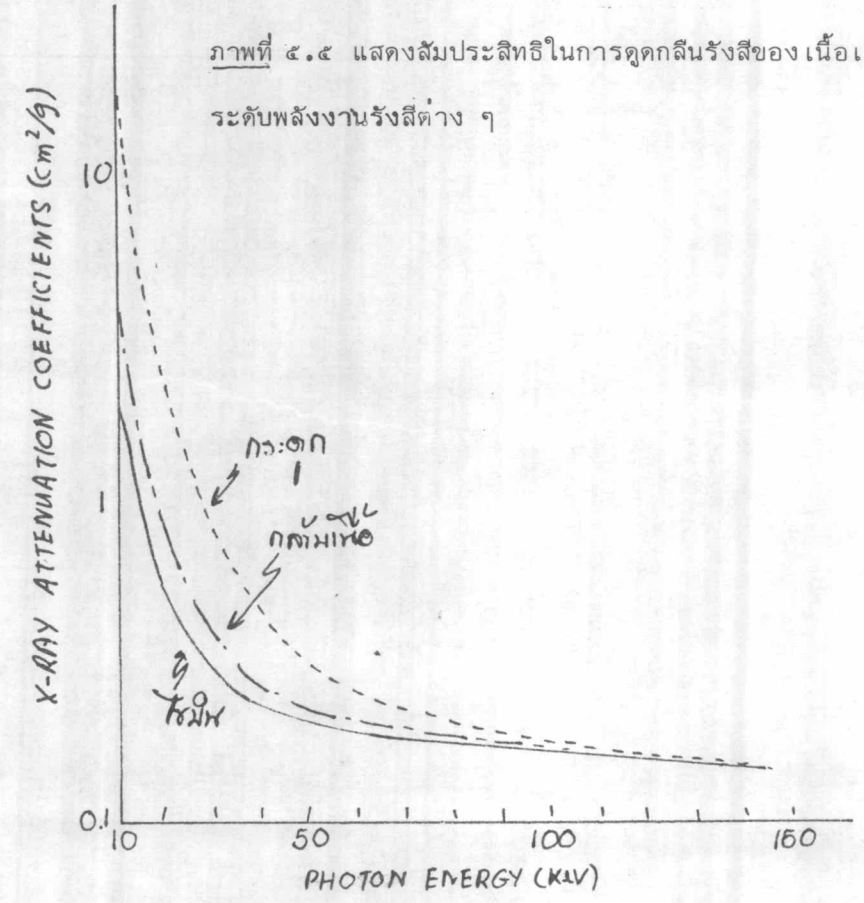
<u>ภาพที่</u> ๕.๓ แสดงการเกิดปฏิกริยาโฟโตอิเล็คตริกและคอมตัน ในเนื้อเยื่ออ่อนที่ระดับพลังงานรังสีเอ๊กซต่าง ๆ กัน

๕.๓ <u>เนื้อเนื่อกระดูก</u> โดยที่กระดูกประกอบขึ้นด้วยสารที่แตกต่างไปจากเนื้อเยื่ออ่อนมาก ซึ่งโดยน้ำหนักแล้ว ประมาณ ๑๕% จะเป็นสารแคลเซียม ซึ่งมีผลทำให้ เอฟเฟคธีฟ อะตอมมิคนัมเบอร์ของกระดูกสูงถึง ๑๑.๖ และการทำปฏิกริยากับรังสีเอ๊กซจะเป็นปฏิกริยาของโฟโตอิเล็คตริกเป็นส่วนใหญ่ ดังในภาพ ๕.๔ ซึ่งเป็นภาพกราฟแสดงถึงปฏิกริยาของกระดูก และรังสีเอ๊กซในระดับพลังงานต่าง ๆ กัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระดับพลังงานรังสีเอ๊กซต่ำกว่า ๔๐ เคอีวี จะเป็นปฏิกริยาโฟโตอิเล็คตริกเป็นส่วนใหญ่ แต่เมื่อพิจารณาถึง ในกรณีที่เป็นรังสีเอ๊กซในระดับของพลังงาน ๑๐๐ เคอีวีแล้ว กราฟจะแสดงเป็นเส้นโค้งเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการที่กระดูกมีค่าเอฟเฟคธีฟ อะตอมมิคนัมเบอร์สูง เป็นผลทำให้เกิดมีปฏิกริยาโฟโตอิเล็คตริกขึ้นด้วย ทั้ง ๆ ที่พลังงานรังสีเอ๊กซมีขนาดสูงถึง ๑๐๐ เคอีวี ก็ตาม

<u>ภาพที่</u> ๕.๔ เป็นภาพที่แสดงปฏิกริยาของรังสีและกระดูกในระดับพลังงานต่างกัน



จากภาพที่ ๕.๕ แสดงกราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิในการดูดกลืนรังสีเอ๊กซในระดับพลังงานต่าง ๆ กันของเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าเนื้อเยื่อต่างชนิดกัน คือ กระดูก กล้ามเนื้อ และไขมัน ซึ่งจะมีสัมประสิทธิในการดูดกลืนรังสีเอ๊กซต่างกันมากที่สุดในระดับพลังงานของรังสีที่ต่ำ ๆ และจะมีความแตกต่างกันน้อยลงเป็นลำดับ เมื่อพลังงานรังสีเอ๊กซสูงขึ้น จนเกือบจะเท่ากัน เมื่อพลังงานรังสีเอ๊กซสูงถึง ๑๒๐ เคอีวีขึ้นไป ทั้งนี้สืบเนื่องจากผลการเกิดปฏิกริยาโฟโตอิเล็คตริกในระดับพลังงานต่ำ ๆ นั่นเอง ซึ่งปฏิกริยานี้ขึ้นอยู่กับอะตอมมิคนัมเบอร์ของสาร (ไขมัน ๖.๓, กล้ามเนื้อ ๗.๔, กระดูก ๑๑.๖) เป็นสำคัญ ส่วนรังสีเอ๊กซที่ระดับพลังงานสูง นั้น การทำปฏิกริยากับสารใด จะเป็นปฏิกริยาคอมพตัน ซึ่งผลของปฏิกริยาจะขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่นอิเล็คตรอนของสารนั้น ๆ และโดยที่ความหนาแน่นอิเล็คตรอนของเนื้อเยื่อทั้งสามชนิดมีค่าใกล้เคียงกันมาก (ไขมัน ๓.๓๔ คูณ ๑๐^{๒๓}, กล้ามเนื้อ ๓.๓๒ คูณ ๑๐^{๒๓} และ กระดูก ๓.๑๙ คูณ ๑๐^{๒๓} อิเล็คตรอน/กรัม) จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้สัมประสิทธิในการดูดกลืนรังสีเอ๊กซของเนื้อเยื่อทั้งสามชนิดมีค่าเกือบเท่ากัน ในกรณีที่รังสีเอ๊กซมีระดับพลังงานสูงกว่า ๑๒๐ เคอีวีขึ้นไป แต่อย่างไรก็ตาม ทั้งไขมัน, กล้ามเนื้อและกระดูก มีความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศเซนติเมตร) ต่างกันมาก เป็นเหตุทำให้เนื้อเยื่อ



ภาพที่ ๕.๕ แสดงสัมประสิทธิในการดูดกลืนรังสีของเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆและระดับพลังงานรังสีต่าง ๆ

ทั้งสามสามารถดูดกลืนรังสีไม่เท่ากัน ถึงแม้ว่าพลังงานรังสีเอ็กซจะมีค่าสูงกว่า ๑๒๐ เคอีวีก็ตาม ดังนั้นความดำที่แตกต่างกันในภาพที่ปรากฏให้เห็นบนแผ่นภาพรังสีนั้น จึงขึ้นอยู่กับความหนาแน่นที่แตกต่างกันของบริเวณนั้น ๆ ของร่างกาย มากกว่าความแตกต่างกันของค่าความหนาแน่นอิเล็คตรอน เช่น เนื้อเยื่อของปอดที่เป็นมะเร็ง จะปรากฏให้เห็นเป็นบริเวณเด่นชัดในภาพปอด ทั้งนี้เพราะเนื้อเยื่อปอดส่วนที่เป็นมะเร็งจะมีความหนาแน่นมากกว่าเนื้อเยื่อปอดที่ปกติ ถึงแม้ว่าเนื้อเยื่อทั้งสองนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ของมวลสารในการดูดกลืนรังสีเท่ากันก็ตาม ($\frac{\text{ตารางเซนติเมตร}}{\text{กรัม}}$) จากตารางที่ ๕.๑ แสดงถึงความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศเซนติเมตร) ของเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ ๕.๑ แสดงความหนาแน่นของเนื้อเยื่อต่าง ๆ

เนื้อเยื่อ	ความหนาแน่น (กรัม/ซม.^{๓})
ปอด	๐.๓๒
ไขมัน	๐.๙๒
เนื้อเยื่อปอดที่เป็นมะเร็ง	๐.๘๖-๑.๐๕
กระดูก	๑.๖๕-๑.๘๕

จากคุณสมบัติของเนื้อเยื่อแต่ละชนิดในการดูดกลืนรังสีเอ็กซ ดังกล่าวมาแล้วนี้ จึงทำให้แบ่งประเภทของเนื้อเยื่อเกี่ยวกับการถ่ายภาพรังสีเอ็กซได้ ดังนี้

๑. กล้ามเนื้อและของเหลวในร่างกาย ซึ่งมีความหนาแน่นประมาณ ๑ กรัม/ลูกบาศเซนติเมตร ซึ่งมีค่าเกือบเท่าน้ำ

๒. ถุงอากาศ

๓. เนื้อเยื่อ เช่น เนื้อเยื่อปอด ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของมวลสารในการดูดกลืนรังสีเอ็กซเท่ากับกล้ามเนื้อและน้ำ แต่มีความหนาแน่นมากกว่า

๔. ไขมัน

๕. กระดูก

๖. บริเวณโครงสร้างของร่างกายที่มีสารประกอบเคมีที่ใช้เป็นคอนทราสทมิเดีย