เครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูก
โดยใช้รังสีเอกซ์ 2 ระดับพลังงานและกล้องดิจิตอล
Bone Densitometer Using DEXA and Digital Camera

พุฒิพงศ์ กนกวิจิตร
Phutthipong Kanokvichitra

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูก
โดยใช้รังสีเอกซ์ 2 ระดับพลังงานและกล้องดิจิตอล

Bone Densitometer Using DEXA and Digital Camera

โดย

พุฒิพงศ์ กนกวิจิตร

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ ปีการศึกษา 2560

สาขาวิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูกโดยใช้รังสีเอกซ์ 2 ระดับพลังงาน และ กล้องดิจิตอล

Bone Densitometer Using DEXA and Digital Camera

ผู้จัดทำ นาย พุฒิพงศ์ กนกวิจิตร รหัสประจำตัว 57010928

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์)
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูก
โดยใช้รังสีเอกซ์ 2 ระดับพลังงานและกล้องดิจิตอล

นักศึกษา นายพุฒิพงศ์ กนกวิจิตร 57010928

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

บทคัดย่อ

โรคกระดูกพรุน(Osteoporosis) เป็นโรคที่พบได้มากในผู้สูงอายุโดยเฉพาะในผู้สูงอายุโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้หญิงวัยที่หมดประจำเดือนจะมีโอกาสในการเป็นโรคกระดูกพรุนมากกว่าผู้ชาย เกิดจากการที่กระดูกมีการสูญเสียแคลเซียมในปริมาณมาก ซึ่งเมื่อกระดูกนั้นมีการสูญเสียแคลเซียมไปแล้วจะไม่สามารถทำให้กลับมาสมบูรณ์และแข็งแรงดังเดิมได้ ทำให้กระดูกไม่สามารถรองรับแรงกระแทกต่างๆจากอุบัติเหตุได้อาทิเช่นการจามซึ่งในผู้ป่วยที่เป็นโรคกระดูกพรุนขั้นรุนแรงการจามก็สามารถเป็นสาเหตุหนึ่งในการทำให้กระดูกหักได้ ซึ่งการรักษาที่ดีที่สุดก็คือการคงสภาพกระดูกให้มีปริมาณแคลเซียมให้อยู่ในปริมาณที่สูงที่สุดให้อยู่เป็นเวลานานเท่าที่จะทำได้ และต้องป้องกันไม่ให้เกิดกระดูกหักซ้ำซึ่งคนส่วนมากมักจะไม่รู้ปริมาณแคลเซียมของตัวเองว่ามีอยู่ปริมาณเท่าไหร่ จะทราบก็ต่อเมื่อเกิดอุบัติเหตุแล้วกระดูกหักจึงพบว่าการที่กระดูกหักนั้นเกิดจากการเป็นโรคกระดูกพรุน ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะประชากรส่วนใหญ่หลีกเลี่ยงการตรวจด้วยกันหลายสาเหตุ สาเหตุหลักคือไม่ต้องการจ่ายเงินค่ารักาพยาบาลจำนวนมากในการตรวจวัดค่าความหนาแน่นมวลกระดูกซึ่งจุดประสงค์หลักในงานวิจัยชิ้นนี้ก็คือต้องการลดราคาของเครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูก ซึ่งการที่เครื่องมือแพทย์มีราคาที่ถูกลงก็อาจส่งผลให้ค่าใช้บริการถูกลงซึ่งจะส่งผลให้มีจำนวนผู้ใช้งานเพิ่มมากขึ้นเมื่อผีคนทราบสภาวะกระดูกของตัวเองก็จะได้วางแผนดูแลกันได้อย่างถูกวิธีอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยโรคกระดูกพรุนก็จะลดลงตามลำดับ ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้รังสีเอกซ์2ระดับพลังงาน ในการสร้างภาพทางการแพทย์ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากกในปัจจุบันในการตรวจประเมินความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกพรุนและติดตามอาการของผู้ป่วย มีการใช้แผ่นเรืองแสงและกล้องดิจิตอลมาเป็นหน่วยรับภาพแทนหน่วยรับภาพสำเร็จรูปซึ่งการศึกษาในส่วนนี้จะทำให้เราได้เครื่องวัดมวลกระดูกที่มีราคาลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Bone Densitometer Using DEXA and Digital Camera
Student	Mr. Phutthipong Kanokvichitra 57010928
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Biomedical Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Chuchart Pintavirooj

ABSTRACT

Osteoporosis is the disease which bone loses a lot of calcium and the volume of calcium still decreases all the time. Then, bone cannot absorb forces from every accident. For example, sneezing can be one of the causes of osteoporosis fracture. Osteoporosis patients always founds in elderly persons. Almost of them can find in a woman who gradually stops menstruating. The patients have 2 ways to cure this disease. First, you must remain volume of all the most calcium. for example, exercise and avoiding every risk activity. Normally, human will have the highest volume of calcium when the age around 30 to 35. Second, protecting the bone not to get any fracture again. Nowadays, various methods can measure volume of calcium in bone, such as dual energy x-ray absorption which is the popular method. This technique always uses a little dose of x-ray that being safe more than general x-ray shooting. This research would like to increase the number of users by decreasing the hospital expense. Finally, the number of osteoporosis patient will decrease because people will extremely care about their health. That is the reason why we use intensifying screen for detecting x-ray and bright when it detects x-ray. And the digital camera captures the frame on that screen.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ ที่ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และให้ข้อคิดในการแก้ไขปัญหา รวมถึงคำสอนเตือนสติแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ อ.ดร.สรินพร วิสิฐสัทธาพงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ ที่ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ ตลอดการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ นายยุทธชนม์ พรมวอน ที่ให้คำแนะนำและอธิบายหลักการคำนวณหาค่าความหนาแน่นมวลกระดูกแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ บริษัท คงศักดิ์เอ็กซ์เรย์การแพทย์อุตสาหกรรม จำกัด ที่ให้เอื้อเฟื้องแผ่นเรืองแสงรังสี (Intensifying screen) สำหรับการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และ ญาติพี่น้องทุกคน ที่เป็นกำลังใจหลักในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ พี่ๆเพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการ ที่เป็นกำลังใจ ให้คำแนะนำ และ ให้ความช่วยเหลือจนกระทั่งปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้บิดา มารดา ผู้เป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้อบรม สั่งสอน มอบวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

นาย พุฒิพงศ์ กนกวิจิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ข้อสมมติฐาน 2

1.4 ขอบเขตงานวิจัย 2

1.5 ขั้นตอนการศึกษา 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่2 4

2.1 ระบบกระดูกของร่างกาย 4

2.1.1 องค์ประกอบที่สำคัญของระบบกระดูก 5

2.1.2 หน้าที่ของกระดูก 8

2.2 โรคกระดูกพรุน 8

2.2.1 ปัจจัยเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกพรุน 9

2.2.2 การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน 9

2.2.3 ภาวะของโรคกระดูกพรุน 10

2.2.4 อันตรายจากโรคกระดูกพรุน 10

2.2.5 วิธีป้องกันภาวะกระดูกพรุน 10

2.3 การวัดความหนาแน่นมวลกระดูก 11

2.3.1 ความสำคัญของการตรวจวัดมวลกระดูก 12

2.3.2 ข้อบ่งชี้ทางคลินิกของการตรวจวัดความหนาแน่นมวลกระดูก 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 หลักการทั่วไปของการตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก 12
2.3.4 การเลือกตำแหน่งในการตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก 13
2.3.5 ลักษณะการวัดมวลกระดูก 13
2.3.6 การแปลผลการตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก 14
2.3.7 ข้อห้ามในการตรวจวัดความหนาแน่น 16
2.4 รังสีเอกซ์ 18
2.4.2 ประเภทของรังสีเอ็กซ์ 20
2.4.4 กระบวนการเกิดรังสีเอกซ์ 22
2.4.5 คุณสมบัติของรังสีเอกซ์ 23
2.4.6 ประโยชน์ของรังสีเอกซ์ทางการแพทย์ 24
2.5 วิธีการตรวจวัดความหนาแน่นมวลกระดูก 28
2.5.1 การวัดมวลกระดูกในรูปแบบต่างๆ 28
2.6 ทฤษฎีของการวัดความหนาแน่นมวลกระดูกโดยใช้รังสีเอกซ์ 2 ระดับพลังงาน 32
2.6.1 กฎของแลมเบิร์ต เบียร์ (LAMBERT-BEER LAW) 32
2.6.2 หลักการของวิธี DUAL ENERGY X-RRAY ABSORRRBTIOMETRY 36
2.7 หลักการของกล้องดิจิตอล 39
2.7.1 ระบบซูมภาพในกล้องดิจิตอล 39
2.7.2 ตัวรับภาพ CCD และความละเอียดของภาพ 40
2.8.4 การนำภาพออกจากกล้องดิจิตอล 42
บทที่ 3 44
3.1 แหล่งควบคุมแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ 44
3.2 หน่วยรับรังสี 46
3.2.1 ฉากเรืองแสง (Intensifying screen) 46
3.2.2 กล้องดิจิตอล 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 หน่วยประมวลผลและแสดงผล 49

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องวัดมวลกระดูก 54

3.4.1 การทดสอบความสม่ำเสมอของปริมาณรังสีเอกซ์ 54

3.4.2 การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของระดับความเข้มของรังสีเอกซ์ 54

3.4.3 การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของเครื่องวัดมวลกระดูกกับเม็ดแคลเซียม 54

3.5 แผนการดำเนินโครงงาน 56

บทที่ 4 57

4.1 ระบบที่ใช้ในการทดลอง 57

4.2 การทดสอบคุณภาพของกล้องดิจิตอลที่ถูกใช้เป็นตัวรับภาพรังสี 58

4.2.1 การทดสอบความสม่ำเสมอของรังสี 58

4.2.2 การทดสอบความละเอียดของภาพ 60

4.2.3 การทดสอบการตอบสนองต่อปริมาณแคลเซียม 62

4.3 การทดสอบการฉายรังสีบริเวณข้อมือ 64

บทที่ 5 66

5.1 สรุปผลการทดลอง 66

5.2 ข้อเสนอแนะ 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่2.1 ภาพแสดงกระดูกแต่ส่วนของร่างกายมนุษย์ 5
รูปที่2.2 ภาพแสดงกระดูกแกนกลางของร่างกายมนุษย์ 6
รูปที่2.3 ภาพแสดงกระดูกระยางค์ของร่างกายมนุษย์ 7
รูปที่2.4 ภาพแสดงความแตกต่างของกระดูกระหว่างคนปกติและผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน 11
รูปที่2.5 แสดงรูปของศาสตราจารย์เรินต์เกน (Wilhelm Conrad Röntgen) ผู้ค้นพบรังสีเอกซ์ 19
รูปที่2.6 แสดงรูปถ่ายจากรังสีเอกซ์รูปแรก 19
รูปที่2.7 ภาพแสดงแหล่งกำเนิดรังสี 22
รูปที่2.8 เครื่องฉายรังสีเอกซ์ 2 ระดับพลังงาน 30
รูปที่2.9 แสดงภาพของผู้ป่วยกำลังใช้เครื่อง QUS 30
รูปที่2.10 แสดงการดูดกลืนรังสีเอกซ์ในวัสดุที่มีความหนา X 32
รูปที่2.11แสดงกราฟความเข้มของรังสีเอกซ์เมื่อใช้วัสดุกั้น 34
รูปที่2.12 แสดงการฉายรังสีไปยังวัตถุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนหลายค่า 35
รูปที่2.13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวลของกระดูกที่ระดับพลังงานต่างๆ 36
รูปที่2.14 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวลของเนื้อเยื่อที่ระดับพลังงานต่างๆ 36
รูปที่2.15 แสดงการกำจัดเนื้อเยื่อที่อยู่รอบๆกระดูก 38
รูปที่3.1 แสดงแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในงานวิจัยกับหน่วยควบคุม 45
รูปที่3.2 แสดงปุ่มปรับค่าบนแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ 45
รูปที่3.3 ภาพแสดงแผ่นเรืองแสง (INTENSIFYING SCREEN) 47
รูปที่3.4 แสดงกล้องดิจิตอลขนาดเล็ก 47
รูปที่3.5 กล้องดิจิตอล OKER รุ่น OKER WEB CAMERAS 177 48
รูปที่3.6 ภาพแสดงโปรแกรม visual studio ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม 49
รูปที่3.7 แสดงชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาพที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม 49
รูปที่3.8 หน้าต่างซอฟ์ตแวร์ต้นแบบ 50
รูปที่3.9 แผนภาพแสดงการทำงานของซอฟค์แวร์ 51
รูปที่3.10 แผนภาพอธิบายการออกแบบชิ้นงาน 53
รูปที่3.11 แสดงภาพการจัดวางของแหล่งจ่ายรังสีและแผ่นเรืองเรืองแสงรังสี 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3.12 step weight 54
รูปที่3.13 ภาพแสดงเม็ดแคลเซียม 55
รูปที่3.14 line pair phantom radiography 55
รูปที่4.1 แสดงรายละเอียดของระบบที่ใช้ในการทดลอง 57
รูปที่4.2 ภาพถ่ายรังสีที่ใช้สำหรับการทดสอบความสม่ำเสมอของรังสี 58
รูปที่4.3 แสดงภาพถ่ายรังสีที่ใช้สำหรับการทดสอบความสม่ำเสมอของรังสี 59
รูปที่4.4 กราฟแสดงความสม่ำเสมอของรังสี 59
รูปที่4.5 line pair phantom radiography 60
รูปที่4.6 แสดงค่าความละเอียดของภาพเมื่อใช้ตัวรับรังสีแบบสำเร็จรูป 61
รูปที่4.7 แสดงค่าความละเอียดของภาพเมื่อใช้กล้องดิจิตอลเป็นตัวรับรังสี 61
รูปที่4.8 เม็ดแคลเซียมสำหรับการทดสอบ 62
รูปที่4.9 กราฟแสดงตอบสนองปริมาณแคลเซียม 64
รูปที่4.10 รูปภาพแสดงภาพฉายรังสีของข้อมือ เมื่อใช้กล้องดิจอตอลเป็นตัวรับภาพ 65
รูปที่4.11 รูปภาพแสดงภาพฉายรังสีของนิ้วมือ เมื่อใช้กล้องดิจอตอลเป็นตัวรับภาพ 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่2.1 แสดงการรักษาที่เหมาะสมสำหรับผลการตรวจความหนาแน่นของกระดูกแต่ละประเภท 17
ตารางที่2.2 แสดงความแตกต่างของเครื่องตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูกในด้านต่างๆ 31
ตารางที่3.1 ตารางแสดงแผนการดำเนินโครงงาน 56
ตารางที่4.1 ตารางแสดงการตอบสนองต่อปริมาณแคลเซียมที่เปลี่ยนแปลง 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทุกวันนี้สังคมไทยเรานั้นเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุมากขึ้นทำให้มีอัตราการเพิ่มขึ้นของผู้ป่วยที่เป็นโรคที่มักจะพบในผู้สูงอายุมีมากขึ้น โดยโรคที่มักพบในผู้สูงอายุนั้น ก็มักจะเป็นพวกโรคที่มีความเกี่ยวข้องกับกระดูกอย่างเช่นโรคกระดูกพรุน ซึ่งโรคจำพวกนี้เป็นโรคที่หลีกเลี่ยงไม่ได้เมื่อคนทุกคนมีอายุที่มากขึ้น ซึ่งจะเร็วจะช้าแค่ไหนก็ขึ้นอยู่กับการดูแลสุขภาพของแต่ละคน การที่กระดูกของคนเรานั้นมีความแข็งแรงน้อยลงนั้นเกิดได้จากหลายสาเหตุสาเหตุนึงเกิดจากการที่กระดูกของคนเรานั้นมีมวลกระดูกที่ลดน้อยลง ทำให้ความแข็งแรงของกระดูกคนเราลดน้อยลง เมื่อผู้สูงอายุเกิดอุบัติเหตุทำให้เกิดกระดูกหักทำให้กระดูกกลับมาแข็งแรงดังเดิมนั้นยาก ดังนั้นการที่เราจะชะลอการเกิดโรคกระดูกพรุนได้นั้นก็คือเราต้องดูแลกระดูกของเราให้มีมวลกระดูกอยู่ในระดับที่สูงที่สุด โดยการตรวจวัดมวลกระดูกอย่างเหมาะสมซึ่งถือว่าเป็นการรักษาเบื้องต้นเพราะเมื่อเราทราบว่ามวลกระดูกของเรานั้นอยู่ในระดับใด เราก็จะได้เฝ้าระวังไม่ให้เกิดอุบัติเหตุและประคับประคองไม่ให้มวลกระดูกนั้นลดน้องลงไปกว่าเดิม ซึ่งในปัจจุบันผู้ป่วยที่เป็นโรคกระดูกพรุนนั้นมีจำนวนมากไม่เพียงแต่ในผู้สูงอายุเท่านั้น ในสตรีวัยที่หมดประจำเดือนก็อยู่ในกลุ่มเสี่ยงเช่นกันเพราะมวลกระดูกจะลดลงไปอย่างมาก ดังนั้นหากเราสามารถเพิ่มจำนวนคนที่เขามาตรวจวัดมวลกระดูกได้มากขึ้นก็จะทำให้มีคนที่ดูแลสุขภาพกระดูกของตัวเองดีขึ้น ก็จะทำให้จำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคกระพรุนนั้นมีปริมานน้อยลงซึ่งการที่เราจะสามารถเพิ่มจำนวนผู้คนที่จะเข้ามาตรวจวัดมวลกระดูกได้นั้น ต้องเกิดจากการที่มีค่าใช้จ่ายในการเข้ารับตรวจวัดที่ถูกลงซึ่งเป็นวิธีแรกที่เพิ่มจำนวนผู้มารับการตรวจได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการวัดมวลกระดูกด้วยการถ่ายภาพเอกซ์เรย์

1.2.2 เพื่อศึกษาการเก็บภาพเอ็กเรย์ด้วยกล้องดิจิตอล

1.2.3 เพื่อศึกษาการวัดมวลกระดูกโดยการประมวลผลภาพที่ได้จากกล้องดิจิตอล

1.3 ข้อสมมติฐาน

1.3.1 กล้องดิจิตอลสามารถเก็บภาพที่ได้จากการฉายรังสีเอ็กเรย์

1.3.2 ภาพถ่ายรังสีจากกล้องดิจิตอลสามารถนำไปประมวลผลเพื่อคำนวณหาค่าความหนาแน่นมวลกระดูกได้

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 คุณสมบัติด้านฮาร์ดแวร์

1.4.1.1 ใช้แหล่งกำเนิดรังสีเอ็กซ์เรย์จากเครื่องเอกซ์เรย์ฟัน

1.4.1.2 ใช้แผ่นเรืองแสงจากรังสีเป็นฉากรับรังสี

1.4.1.3 ใช้กล้องดิจิตอลในการเก็บภาพที่จะถูกฉายอยู่บนแผ่นเรืองแสงจากรังสี

1.4.2 คุณสมบัติด้านซอฟแวร์

1.4.2.1 ใช้โปรแกรม Visual Studio 2017 ในการพัฒนาโดยใช้ภาษา C++

1.4.2.2 ใช้ซอฟแวร์ OpenCVในการปรับปรุงภาพ

1.4.2.3 ซอฟแวร์ที่ถูกพัฒนาสามารถควบคุมการทำงานของแหล่งกำเนิด และกล้องดิจิตอลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 ศึกษาความสำคัญของการตรวจวัดค่าความหนาแน่นมวลกระดูก

1.5.2 ศึกษาการทำงานของเครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูกรุ่นก่อน

1.5.3 ศึกษาการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลภาพที่จะนำไป

1.5.4 คำนวณค่าความหนาแน่นมวลกระดูก

1.5.5 ทดสอบการประมวลภาพและคำนวนค่าความหนาแน่นมวลกระดูกจากภาพที่ได้จากเครื่องรุ่นก่อน

1.5.6 ทดลองการเก็บภาพด้วยการใช้กล้องดิจิตอลและปรับปรุงข้อบกพร่อง

1.5.7 ทดสอบการประมวลผลด้วยภาพโดยใช้วัตถุจำลองกระดูกแทนกระดูกจริง และปรับปรุงข้อบกพร่อง

1.5.8 ทดสอบการประมวลผลด้วยภาพโดยใช้กระดูกจริง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เครื่องตรวจวัดความหนาแน่นมวลกระดูกมีราคาที่ถูกลง

1.6.2 ค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดมวลกระดูลน้อยลง

1.6.3 จำนวนผู้เข้ารับการตรวจวัดความหนาแน่นมวลกระดูกมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น

1.6.4 อัตราการเพิ่มขึ้นของผู้ป่วยโรคกระดูกพรุนลดลง

1.6.5 ได้ศึกษาการประมวลผลภาพทางการแพทย์ในการหาค่าความหนาแน่นมวลกระดูก

1.6.6 ได้ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาC++

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบกระดูกของร่างกาย

กระดูกเป็นโครงสร้างภายในร่างกาย ช่วยป้องกันอวัยวะภายอยู่ภายใน องค์ประกอบสำคัญอีกอย่างหนึ่งภายในกระดูก คือ ไขกระดูก กระดูกยังเป็นแหล่งเก็บสะสมเกลือแร่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียมและฟอสฟอรัส บริเวณรอบกระดูกจะมีเนื้อเยื่อหนาห่อหุ้มอยู่เรียกว่า เยื่อหุ้มกระดูก (Periosteum) ซึ่งเยื่อหุ้มกระดูกนี้ ประกอบด้วยเซลล์กระดูกและหลอดเลือด ซึ่งจะนำเลือดมาเลี้ยงในส่วนของกระดูกชั้นนอก กระดูกชั้นนอกหรือเรียกว่า กระดูกทึบ (Compact bone) ประกอบด้วยเกลือแร่สะสมอยู่เป็นวงกลมล้อมรอบท่อขนาดเล็กๆ ซึ่งเรียกว่า ท่อฮาเวอร์เชียน (Haversian canal) เซลล์กระดูกรอบๆท่อฮาเวอร์เชียน จะได้รับอาหารและออกซิเจนจากหลอดเลือดที่ผ่านท่อฮาเวอร์เชียนที่ผ่านท่อเหล่านี้ และถ้าหากว่า กระดูกเกิดแตกหัก เส้นประสาทในท่อเล็กๆ นี้ก็จะส่งกระแสประสาทไปยังสมองเราจึงรู้สึกถึงความเจ็บปวด ส่วนกระดูกชั้นในนั้นมองดูคล้ายรวงผึ้ง เพราะมีลักษณะเป็นร่างแหที่มีช่องว่างระหว่างกระดูก เรียกว่า กระดูกพรุน (Spongy bone) แต่ก็มีความแข็งแรงไม่แพ้ส่วนกระดูกทึบเช่นกัน ซึ่งถ้ากระดูกของคนเราเป็นกระดูกทึบทุกท่อนร่างกายคงหนักมาก ไขกระดูกจะมีปริมาณราวๆ 227 กรัม สามารถผลิตเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ประมาณ 5,000 เม็ด/วัน สำหรับทารกในครรภ์โครงกระดูกทุกชิ้นจะมีไขกระดูกแดงบรรจุอยู่ แต่เมื่อเจริญเติบโตถึงวัยผู้ใหญ่แล้วจะพบไขกระดูกนี้เฉพาะในส่วนของกะโหลกศรีษะ กระดูกหน้าอก กระดูกสันหลัง กระดูกสะโพกและบริเวณตอนปลายของกระดูกชิ้นยาวๆ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 องค์ประกอบที่สำคัญของระบบกระดูก

1. กระดูกอ่อน (CARTILAGE)

ทำหน้าที่รองรับส่วนที่อ่อนนุ่มของร่างกาย เพื่อที่จะทำให้การเคลื่อนไหวได้สะดวก

ป้องกันการเสียดสี เนื่องจากผิวของกระดูกอ่อนเรียบ จึงพบว่ากระดูกอ่อนจะอยู่ที่ปลายหรือหัวกระดูกที่ประกอบเป็นข้อต่อต่าง ๆ และยังเป็นต้นกำเนิดของกระดูกแข็งทั่วร่างกาย

2. ข้อต่อ (JOINTS)

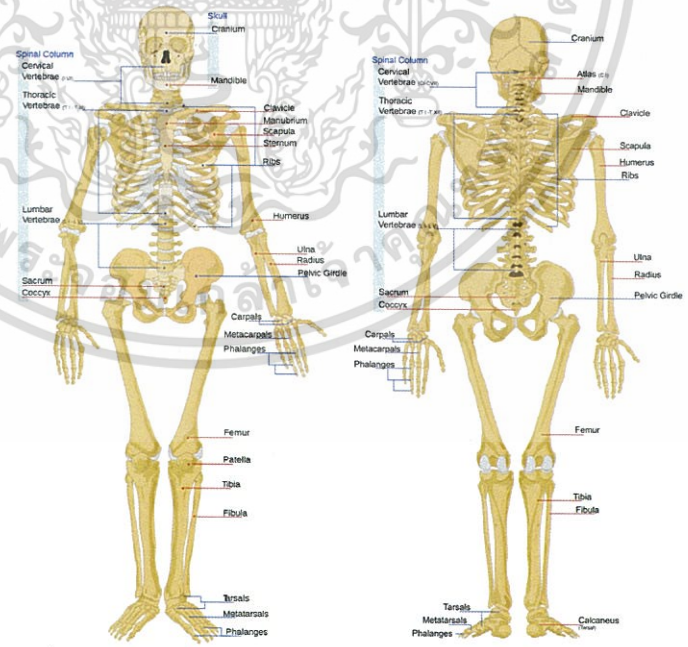
ส่วนต่อระหว่างกระดูกตั้งแต่สองชิ้นขึ้นไป เพื่อการเคลื่อนไหวของร่างกา

3. เอ็น (TENDON)

มีทั้งที่เป็นเอ็นกล้ามเนื้อและเอ็นยึดข้อ (LIGAMENT) เป็นเนื้อเยื่อที่มีความแข็งแรงมาก มีลักษณะเป็นเส้นใยเหนียว ช่วยยึดกระดูกกับกล้ามเนื้อ

4. กระดูก (BONE)

เป็นส่วนที่แข็งที่สุด โครงกระดูกในผู้ใหญ่ ประกอบด้วยกระดูกจำนวน 206 ชิ้นส่วนในทารกแรกเกิดจะมีกระดูกถึง 300 ชิ้นเพราะกระดูกอ่อนยังไม่ติดกัน



รูปที่2.1 ภาพแสดงกระดูกแต่ส่วนของร่างกายมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มนุษย์มีกระดูกทั้งหมด 206 ชิ้น แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. **กระดูกแกนกลางของร่างกาย(AXIAL SKELETAL)**

1.1 กระดูกกะโหลกศรีษะ (CRANIUM) 8 ชิ้น

1.2 กระดูกใบหน้า (BONE OF FACE) 14ชิ้น

1.3 กระดูกหู (BONE OF EAR) 6 ชิ้น

1.4 กระดูกโคนลิ้น (HYOID BONE) 1 ชิ้น

1.5 กระดูกสันหลัง (VERTEBRAE) 26 ชิ้น

1.5.1 กระดูกสันหลังส่วนคอ (CERVICAL VERTEBRAE) 7 ชิ้น

1.5.2 กระดูกสันหลังส่วนอก (THORACIC VERTEBRAE) 12ชิ้น

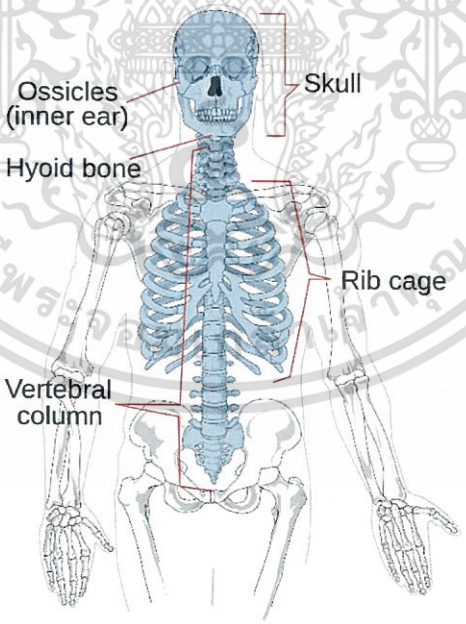
1.5.3 กระดูกสันหลังส่วนเอว (LUMBAR VERTEBRAE) 5ชิ้น

1.5.4 กระดูกกระเบนเหน็บ (SACRUM) 1ชิ้น

1.5.5 กระดูกก้นกบ (COCCYX) 1 ชิ้น

1.6 กระดูกทรวงอก (STERNUM) 1 ชิ้น

1.7 กระดูกซี่โครง (RIB) 24 ชิ้น



รูปที่2.2 ภาพแสดงกระดูกแกนกลางของร่างกายมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กระดูกระยางค์(APPENDICULAR SKELETAL)

2.1 กระดูกไหล่ (SHOULDER GIRDLE) ประกอบด้วย

2.1.1 กระดูกไหปลาร้า (CLAVICLE) 2ชิ้น

2.1.2 กระดูกสะบัก (SCAPULAR) 2 ชิ้น

2.2 กระดูกต้นแขน (HUMERUS) 2 ชิ้น

2.3 กระดูกปลายแขน (BONE OF FOREARM)

2.3.1 กระดูกปลายแขนท่อนใน (ULNA) 2 ชิ้น

2.3.2 กระดูกปลายแขนท่อนนอก (RADIUS) 2 ชิ้น

2.4 กระดูกข้อมือ (CARPAL BONE) 16 ชิ้น

2.5 กระดูกฝ่ามือ (METACARPAL BONE) 10 ชิ้น

2.6 กระดูกนิ้วมือ (PHALANGES) 28 ชิ้น

2.7 กระดูกเชิงกราน (HIP BONE) 2 ชิ้น

2.8 กระดูกต้นขา (FEMUR) 2 ชิ้น

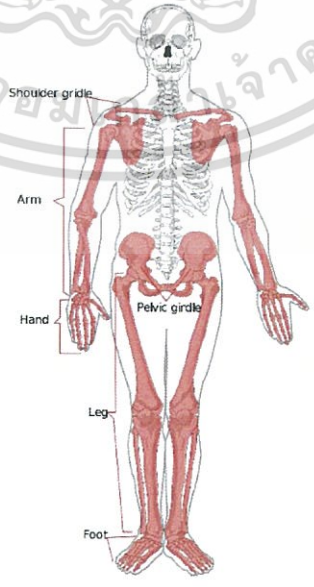
2.9 กระดูกหน้าแข้ง (TIBIA) 2 ชิ้น

2.10 กระดูกน่อง (FIBULA) 2 ชิ้น

2.11 กระดูกข้อเท้า (TARSAL BONE) 14 ชิ้น

2.12 กระดูกฝ่าเท้า (METATARSAL BONE) 10 ชิ้น

2.13 กระดูกนิ้วเท้า (PHALANGES) 28 ชิ้น



รูปที่2.3 ภาพแสดงกระดูกระยางค์ของร่างกายมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 หน้าที่ของกระดูก

1. ช่วยรองรับอวัยวะต่างๆ ให้ทรงและตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ควรอยู่
2. เป็นส่วนที่ใช้ในการเคลื่อนไหว เช่น พาร่างกายย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง
3. เป็นโครงของส่วนแข็ง
4. เป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อต่างๆและเอ็น
5. ช่วยป้องกันอวัยวะสำคัญไม่ให้ได้รับอันตราย เช่น สมอง ปอด และหัวใจ
6. ทำให้ร่างกายคงรูปได้
7. ภายในกระดูกมีไขกระดูกที่ทำหน้าที่ผลิตเม็ดเลือด
8. เป็นที่เก็บแร่ธาตุแคลเซียมในร่างกาย

2.2 โรคกระดูกพรุน

โรคกระดูกพรุน(osteoporosis) เป็นโรคที่กระดูกนั้นมีความแข็งแรงลดลงซึ่งส่งผลให้กระดูกนั้นเปราะและหักง่ายขึ้น อันเนื่องมากจากเมื่อคนเรามีอายุที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้กระดูกของคนเรานั้นก็จะสูญเสียแคลเซียมมากขึ้น ทำให้ช่องว่างในกระดูกเพิ่มมากขึ้น โดยเราจะไม่สามารถสังเกตุผลที่เกิดจากการเปลี่ยนของแคลเซียมในกระดูกได้ จนกว่าจะเกิดอุบัติเหตที่ส่งผลให้กระดูกหัก ผลกระทบจากการเป็นโรคกระดูกพรุนถึงจะแสดงให้เห็น ซึ่งหากเราสามารถรู้ได้ก่อนว่ากระดูกของเราตอนนี้มีสภาพเป็นอย่างไรเราก็จะได้มีแนวทางในการดูแลรักษากระดูกได้ดียิ่งขึ้นจำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคกระดูกพรุนก็จะลดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ปัจจัยเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกพรุน

1. ผู้หญิง วัยหมดประจำเดือนเพราะเมื่อขาดฮอร์โมนเพศจะทำให้กระดูกสูญเสียแคลเซียมอย่างมากทำให้มีโอกาสเป็นโรคกระดูกพรุนมากกว่าผู้ชาย
2. ผู้สูงอายุ ค่าแคลเซียมในกระดูกนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อคนเรามีอายุประมาน30ปีและจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่ออายุยิ่งมากขึ้นเรื่อยๆ
3. กรรมพันธุ์ โรคกระดูกพรุนนั้นเป็นโรคที่ส่งต่อได้ทางสายเลือดซึ่งหากใครมีบรรพบุรุษที่เป็นโรคนี้ก็ยิ่งมีโอกาสสูงในการเป็นโรคกระดูกพรุนเช่นกัน
4. เชื้อชาติ โรคกระดูกพรุนจะพบมากในคนต่างชาติที่มีผิดขาวและคนเอเชีย
5. ยา ยาบางชนิดมีผลต่ออัตราการสลายตัวของแคลเซียมในกระดูก อาทิเช่น ยากลุ่ม สเตอรอยด์ ยาระงับอาการชัก เป็นต้น
6. ผู้ป่วย ผู้ป่วยที่เคยประอุบัติเหตุแล้วกระดูกหัก ซึ่งการที่เคยกระดูกจะทำให้เรามีโอกาสที่จะกระดูกหักซ้ำเพิ่มขึ้นอีก เพราะกระดูกในบริเวณที่หักนั้นจะไม่มีทางกลับมาสมบูรณ์ดังเดิม

2.2.2 การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน

ในการวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนนั้นหากเราใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบของเนื้อเยื่อกระดูกจะให้ผลที่ไม่ถูกต้องเพราะสัดส่วนของส่วนประกอบของเนื้อเยื่อต่างๆในกระดูกต่างมีสัดส่วนที่คงที่ทำให้วิธีนี้ไม่ได้ผล ด้วยความรู้พื้นฐานเรื่องรังสีวิทยาที่ว่ารังสีจะถูกทำให้เบาบางลงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นโดยความหนาแน่นที่ต่างกันนั้นมีผลต่อปริมาณของรังสีที่เบาบางลงไปซึ่งการที่เราสามารถวัดปริมาณรังสีได้นั้นก็สามารถบอกได้ถึงความหนาแน่นของมวลกระดูกได้เช่นกัน ซึ่งวิธีการวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนด้วยรังสีที่นิยมกันนั้น จะใช้หลักการการเอกซเรย์2ระดับพลังงาน (DUAL ENERGY X-RAY ABSORPTION) ซึ่งตำแหน่งในการตรวจวินิจฉัยจะอยู่ที่กระดูกสันหลัง กระดูกสะโพก และ ปลายกระดูกข้อมือ ซึ่งจะทำให้เราได้ค่าที่เรียกว่า T-SCORE ซึ่งค่า T-SCOREนั้นสามารถบอกเราว่า สภาวะของกระดูกเป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ภาวะของโรคกระดูกพรุน

แบ่งออกเป็น2แบบ

แบบปฐมภูมิ

เป็นภาวะที่พบในผู้หญิงที่หมดประจำเดือนเพราะผู้หญิงประเภทนี้จะสูญเสียแคลเซียมในกระดูกเป็นจำนวนมากทำให้กระดูกนั้นมีโอกาสหักได้มากขึ้น และภาวะของโรคกระดูกพรุนแบบปฐมภูมินั้นยังพบได้ตามผู้สูงอายุทั้งชายและหญิง เพราะเมื่ออายุมากขึ้นกระดูกก็ยอมมีความแข็งแรงลดน้อยลง ซึ่งจะสามารถสังเกตได้จากอาการปวดหลัง ปวดสะโพก

แบบทุติยภูมิ

เป็นภาวะของโรคกระดูกพรุนที่เกิดจากพฤติกรรมของผู้ป่วยไม่ว่าจะเป็นการไม่ออกกำลังกาย การสูบบุหรี่ การกินยาซึ่งยาบางชนิดมีผลข้างเคียงต่อมวลกระดูกหากรับประทานในปริมานมากก็อาจทำให้มีโอกาสเป็นโรคกระดูกพรุนมากยิ่งขึ้นหรืออาจเกิดขึ้นจากการเป็นโรคบางชนิดไม่ว่าจะเป็นโรคมะเร็ง หรือ ฮอร์โมนบกพร่องก็สามารถทำให้เป็นโรคกระดูกพรุนได้

2.2.4 อันตรายจากโรคกระดูกพรุน

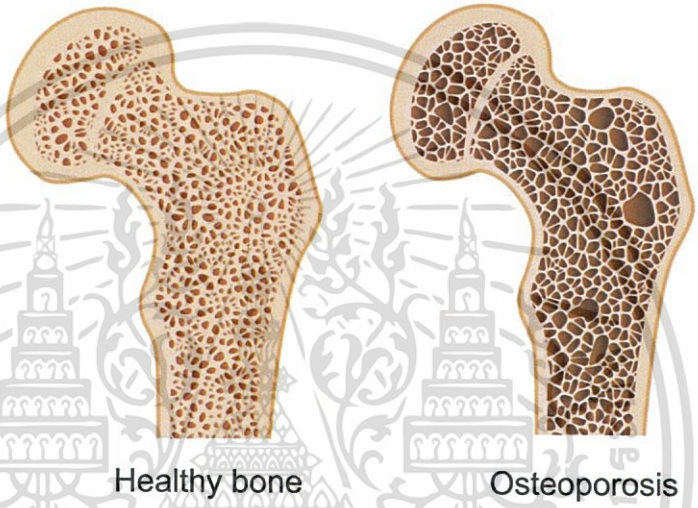
การที่ผู้ป่วยปล่อยละเลยไม่ดูแลรักษามวลกระดูกจนเป็นโรคกระดูกพรุนจะทำให้ผู้ป่วยนั้นมีอาการปวดหลัง หลังค่อมหรือบางครั้งนั้นอาจทำให้ส่วนสูงนั้นลดลง เมื่อเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้กระดูกหักจะทำให้กระดูกของผู้ป่วยนั้นกลับมาแข็งแรงดังเดิมได้ยาก ซึ่ง การที่ผู้ป่วยเป็นโรคกระดูกพรุนนั้นสามารถเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคอื่นตามมา เช่น โรคปอดบวม การติดเชื้อ เป็นต้น

2.2.5 วิธีป้องกันภาวะกระดูกพรุน

1. ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนควรดูแลตัวเองมากกว่าปกติ กินอาหารที่มีแคลเซียมสูงหรือกินยาเพิ่มแคลเซียม โดยการเพิ่มแคลเซียมให้ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนนั้นจะไม่ทำให้มวลกระดูกนั้นกลับมามีปริมาณเท่าปกติได้ แต่จะช่วยชะลอการลดลงของมวลกระดูกซึ่งจะทำให้โอกาสที่จะเป็นโรคกระดูกพรุนนั้นลงน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ เพราะจะทำช่วยลดการดึงแคลเซียมจากกระดูกไปใช้กระตุ้นการสร้างกระดูก และยังสร้างเนื้อกระดูกในบริเวณที่รับน้ำหนักจากการออกกำลังกายให้เพิ่มมากขึ้น
3. งดการสูบบุหรี่และดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอลล์
4. หลีกเลี่ยงกิจกรรมที่มีโอกาสเสี่ยงทำให้เกิดการหกล้มเพราะอาจทำให้กระดูกหักได้เพราะเมื่อกระดูกหักแล้วจะไม่สามารถกลับมาแข็งแรงดังเดิมได้



รูปที่2.4 ภาพแสดงความแตกต่างของกระดูกระหว่างคนปกติและผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน

2.3 การวัดความหนาแน่นมวลกระดูก

ในผู้ป่วยโรคกระดูกพรุนนั้นเราจะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าผู้ป่วยคนไหนจะเป็นโรคกระดูกพรุน จะรู้ได้ก็ต่อเมื่อผู้ป่วยคนนั้นประสบอุบัติเหตุเพียงเล็กน้อยแต่กระดูกกลับหักซึ่งหากเป็นโรคกระดูกพรุนกระดูกก็จะไม่สามารถกลับมาแข็งแรงดังเดิมได้เพราะมวลกระดูกเมื่อเสียไปแล้วจะไม่สามารถกลับคืนสภาพเดิมได้อีก ซึ่งวิธีการที่จะทำให้เรารู้สภาพของกระดูกเพื่อจะได้มีการดูแลและเฝ้าระวังไม่ให้กระดูกของเรานั้นสูญเสียมวลกระดูกไปอีก ก็คือ การวัดมวลกระดูก โดยการวัดมวลกระดูกจะทำให้เราสามารถรู้ได้ว่าขณะนี้สภาพของกระดูกเราเป็นอย่างไร มีมวลกระดูกเท่าไหร่ อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือไม่ โดยการวัดมวลกระดูกนั้นจะวัดจากปริมาณรังสีที่ผ่านกระดูกของเรา ซึ่งมวลกระดูกที่แตกต่างกันจะให้ค่าปริมาณรังสีที่แตกต่างกัน ทำให้เราได้ปริมาณมวลกระดูกที่เราใช้ในการวิเคราะห์ถึงโอกาสในการเป็นโรคกระดูกพรุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ความสำคัญของการตรวจวัดมวลกระดูก

ในปัจจุบันสังคมไทยนั้นกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุเพราะคนในปัจจุบันนิยมมีลูกกันน้อยก็ทำให้ปริมาณมากขึ้นซึ่งโรคกระดูกพรุนนับได้ว่าเป็นโรคประจำผู้สูงอายุเลยก็ว่าได้ซึ่งหากเป็นแล้วไม่ได้รับการรักษาที่ทันท่วงทีก็อาจทำให้เสียชีวิตโดยสาเหตุลึกๆแล้วอาจจะมาจากการเป็นโรคกระดูกพรุนก็ว่าได้ โรคกระดูกพรุนนับว่าเป็นโรคที่หากเป็นแล้วต้องการรักษาจะต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงในการรักษา ค่านมวลกระดูกในร่างกายของคนเรานั้นจะมีค่ามากสุดเมื่อมีอายุประมาณ30-35ปี ซึ่งหลังจากอายุช่วงนี้ไปแล้วมวลกระดูกจะค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่อง

ความสำคัญของการวัดมวลกระดูกนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประการ

1. การวัดมวลกระดูกเพื่อป้องการเกิดโรคกระดูกพรุน เพราะหากเราสามารถรู้มวลกระดูกของเราต้องแต่อายุยังน้อยก้จะทำให้เรามีแนวทางในการรักษาปริมาณมวลกระดูกสูงสุดไว้ให้ได้นานที่สุด ด้วยเหตุนี้ก็จะทำให้ปริมาณผู้ป่วยโรคกระดูกพรุนนั้นมีปริมาณที่น้อยลง
2. การวัดมวลกระดูกเพื่อการรักษา การวัดความหนาแน่นมวลกระดูกในรูปแบบนี้เพื่อตรวจพหาความหนาแน่นของกระดูกที่ต่ำลงและให้การรักษาตั้งแต่ระยะแรกๆก็จะสามารถป้องกันโรคกระดูกพรุนได้

2.3.2 ข้อบ่งชี้ทางคลินิกของการตรวจวัดความหนาแน่นมวลกระดูก

1.เพื่อวินิจฉัยและประเมินความรุนแรงของโรคกระดูกพรุน
2.เพื่อประเมินความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกพรุน
3.เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการรักษา
4.เพื่อติดตามผลการรักษา

2.3.3 หลักการทั่วไปของการตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก

จุดประสงค์ของการตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูกคือการตรวจวัดปริมาณเกลือแร่ในกระดูก(HYDROXYAPATITE) โดยอาศัยการดูดกลืนของรังสีเอ็กซเรย์โดยเราจะทำการวัดการลดลงของความเข้มของรังสีเมื่อเคลื่อนที่ผ่านกระดูกส่วนที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดลงของความเข้มรังสีมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอยู่ 3 ประการ

1.ระดับพลังงานของรังสีเอ็กซเรย์

2.ความหนาแน่นและส่วนประกอบของร่างกายส่วนที่เราต้องการวัด

3.ความหนาของร่างกายส่วนที่เราต้องการวัด

2.3.4 การเลือกตำแหน่งในการตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก

การเลือกตำแหน่งในการตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกนั้นตำแหน่งที่จะให้ค่าได้แม่นยำมากที่สุดควรจะเป็นตำแหน่งที่กระดูกนั้นหักเพราะสามารถให้ค่าที่ถูกต้องได้โดย ตำแหน่งที่สามารถประมาณค่ามวลกระดูกทั่วร่างกายได้ดีที่สุดมีอยู่ 3 ตำแหน่ง คือในส่วนของกระดูกสันหลัง กระดูกสะโพก และ กระดูกส่วนปลายของข้อมือ ซึ่งถ้าหากเราเลือกใช้กระดูกส่วนอื่นในการประมานค่ามวลกระดูกทั่วร่างกายจะสามารถบอกได้แค่บางสภาวะเท่านั้น อาทิเช่น เราสามารถเลือกใช้กระดูกปลายนิ้วในการประมานค่ามวลกระดูกทั่วร่างกายได้เฉพาะในคนปกติและค่าจะเริ่มผิดพลาดเมื่อใช้ในการวัดผู้ป่วยที่เป็นโรคกระดูกพรุน ซึ่งอาจเป็นเพราะกระดูกเนื้อโปร่งนั้นมีการเผาพลาญที่สูงกว่ากระดูกเนื้อแน่นซึ่งเมื่อมีการเผาผลาญที่ต่างกันนั้นก็จะทำให้ระดับการสูญเสียมวลกระดูกในแต่ละตำแหน่งต่างกัน ซึ่งทำให้เราไม่สามารถทำนายโอกาสเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกพรุนจากการวัดที่ตำแหน่งนี้ได้

2.3.5 ลักษณะการวัดมวลกระดูก

1. กรณีที่วัดมวลกระดูกเพื่อการวินิจฉัยในผู้ป่วยที่มีโอกาสเสี่ยงที่จะเป็นโรคกระดูกพรุนควรเลือกตรวจในบริเวณ กระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar spines) และกระดูกต้นขาส่วนต้น (proximal femur)

2. กรณีตรวจคัดกรอง เราจะตรวจที่กระดูกส่วนปลาย เพราะการตรวจชนิดนี้จะใช้ตรวจคนจำนวนมากๆ ต้องอาศัยความรวดเร็ว และประหยัด ซึ่งการตรวจชนิดจะบอกได้คร่าวๆ ซึ่งมีความเหมาะสมในการตรวจคัดกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 การแปลผลการตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก

ในทางคลินิกการแปลผลการตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูกจะอยู่บนพื้นฐานสำคัญ 3 ประการ คือ การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน การตัดสินใจให้การรักษาและการติดตามผลรักษา

2.3.6.1 การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน

ในการวินิจฉัยความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกพรุนนั้นจะเป็นการนำค่าความหนาแน่นกระดูกของผู้ป่วย มาเทียบกับค่าความหนาแน่นกระดูกอ้างอิงที่เหมาะสมโดยจะกำหนดเชื้อชาติ และ เพศเดียวกัน

1. T-score ที่เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าปกติของคนที่มีค่ามวลกระดูกสูงสุด (คนหนุ่มสาวที่มีอายุประมาณ 30-35ปี)

$$T\ score = \frac{measured\ BMD - young\ adult\ mean\ BMD}{young\ adult\ SD}$$

Measured BMD คือ ค่าความหนาแน่นของเกลือแร่กระดูกในผู้ป่วยที่ต้องการวัด

Young adult mean BMD คือ ค่าความหนาแน่นของเกลือแร่กระดูกเฉลี่ยของคนปกติในที่อยู่ในวัยที่มีมวลกระดูกสูงสุด

Young adult SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหนาแน่นของเกลือแร่กระดูกของคนปกติ

2. T-score หมายถึง การเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าในคนปกติที่มีอายุในช่วงเดียวกัน

$$T\ score = \frac{measured\ BMD - \ age\ matched\ mean\ BMD}{age\ matched\ SD}$$

age matched mean BMD คือ ค่าความหนาแน่นของเกลือแร่กระดูกเฉลี่ยของคนปกติที่อยู่ในช่วงอายุเดียวกัน

age-matched SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหนาแน่นของเกลือแร่กระดูกของคนปกติที่อยู่ในช่วงอายุเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์ของค่า T-score

ค่าT-score สามารถแบ่งสภาพของกระดูกออกเป็น 3 ประเภท

1.T score > -1 SD หมายความว่า ความหนาแน่นของกระดูกจะอยู่ในเกณฑ์ปกติ

2. -2.5 SD < T score < -1 SD หมายความว่า อยู่ในภาวะกระดูกบาง

3. T score < -2.5 SD หมายความว่า อยู่ในภาวะกระดูกพรุน

2.3.6.2 การตัดสินใจในการรักษา

ตามการวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน ผู้ป่วยที่มีค่า T score < -2.5 SD จะเป็นโรคกระดูกพรุน แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นเราควรพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบด้วย เช่น อายุ ประวัติกระดูกหักของผู้ป่วยและคนในครอบครัว และ น้ำหนัก เป็นต้น

2.3.6.3) การติดตามผลการรักษา

การวัดความหนาแน่นของกระดูกซ้ำเพื่อติดตามอัตราการสูญเสียมวลกระดูกความน่าเชื่อในการวัดซ้ำนั้นจะขึ้นอยู่กับความแม่นยำของเครื่องมือที่ใช้ และระยะห่างในการวัดแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 ข้อห้ามในการตรวจวัดความหนาแน่น

1. สตรีมีครรภ์ ห้ามตรวจวัดความหนาแน่นมวลกระดูเพราะรังสีจากการตรวจวัดอาจเป็นอันตรายต่อทารกในครรภ์ได้ และเนื่องจากสตรีมีครรภ์จะมีหน้าท้องที่ค่อนข้างหนาซึ่งจะส่งผลต่อการคำนวณค่าความหนาแน่นมวลกระดูกได้
2. บุคคลที่มีการรับประทานสารทึบรังสี ภายใน2-3วันก่อนหน้า ไม่ควรเข้ารับการตรวจหาความหนาแน่นมวลกระดูกเพราะสารทึบรังสีจะไปรบกวนการตรวจได้แต่บุคคลที่ได้รับสารทึบรังสีทางหลอดเลือดดำสามารถเข้ารับการตรวจได้ตามปกเพราะสารทึบรังสีจะถูกขับออกทางปัสสาวะอย่างรวดเร็ว
3. บุคคลที่เพิ่งผ่านการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์โดยใช้สารกัมมันตรังสี เพราะสารกัมมันตรังสีจะยังคงอยู่ในร่างกายและแผ่รังสีแกรมมาออกมาซึ่งจะส่งผลรบกวนต่อการคำนวนค่าความหนาแน่นมวลกระดูก ควรเว้นระยะประมาณ2-3 วันหลังการได้รับสาร
4. บุคคลที่ไม่สามารถควบคุมร่างกายให้อยู่นิ่งได้เป็นระยะเวลาเท่ากับที่ตรวจ
5. บุคคลที่มีโรคทางกระดูกสันหลัง หรือกระดูกสันหลังพิการไม่สามารถตรวจวัดความหนาแน่นมวลกระดูกเนื่องจากค่าที่ได้ไม่สามารถเชื่อถือได้ จึงควรเลี่ยงไปตรวจที่ตำแหน่งอื่นแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.1 แสดงการรักษาที่เหมาะสมสำหรับผลการตรวจความหนาแน่นของกระดูกแต่ละประเภท

ผลการตรวจความหนาแน่นของกระดูก	ความเสี่ยงต่อการกระดูกหัก	การรักษา
อยู่ในเกณฑ์ปกติ	ต่ำ	ไม่จำเป็น
ภาวะกระดูกบาง	ปานกลาง	กรณีวัยใกล้หมดระดู (perimenopause) พิจารณาให้การป้องกันหรือตรวจประเมินการสูญเสียกระดูก กรณีผู้สูงอายุผู้สูงอายุที่มีประวัติกระดูกหักจากความเปราะบาง ควรให้การรักษา
โรคกระดูกพรุน	สูง	ควรได้รับการรักษา
โรคกระดูกพรุนชนิดรุนแรง	สูงมาก	ในคนอายุไม่มากควรหาสาเหตุและรีบเข้ารับการรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 รังสีเอกซ์

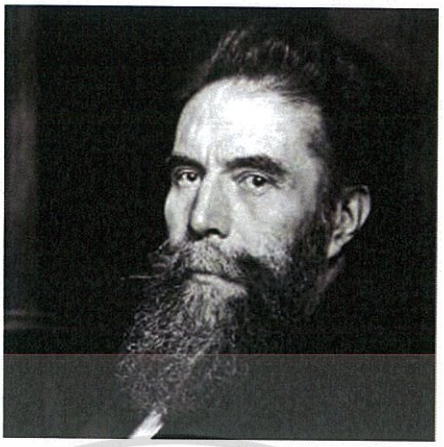
รังสีเอกซ์ เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนสภาวะของระดับพลังงานของอะตอมจากระดับพลังงานสูงไปสู่ระดับพลังงานต่ำ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีและที่มนุษย์ผลิตขึ้นจากกลไกทางอิเล็กทรอนิกส์ เมื่ออะตอมได้รับการกระตุ้นจะทำให้บริเวณวงโคจรอิเล็กตรอนของอะตอมนอกนิวเคลียสได้รับผลกระตุ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนจากสภาวะปกติไปสู่สภาวะกระตุ้นและจะลดระดับพลังงานกลับมาสู่สภาวะปกติ ในกระบวนการกลับเข้าสู่สภาวะปกตินั้นจะเกิดการแทนที่ในที่ว่างจากชั้นอิเล็กตรอนวงนอกซึ่งมีพลังงานสูงเข้าแทนที่อิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นให้หลุดออกไปจากวงโคจร การแทนที่นี้ก่อให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโฟตอน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปลดปล่อยออกมานี้เรียกว่า รังสีเอกซ์เรือง

2.4.1) การค้นพบรังสีเอ็กซ์

ศาสตราจารย์เรินต์เกน (Wilhelm Conrad Röntgen) เป็นผู้ค้นพบรังสีเอกซ์คนแรก ดังรูปที่ 2.5 เมื่อปี ค.ศ.1895 ขณะที่กำลังศึกษารังสีแคโทด แล้วพบว่า แผ่นกรองแสงที่ทำจากกระดาษ และเคลือบด้วยสารประกอบแบเรียม แพลทิโนไซยาไนด์ เรืองแสง ขณะที่วางอยู่ห่างหลอดรังสีแคโทดออกไป 120 เซนติเมตร และขณะเดียวกันเขาได้สังเกตเห็นตัวอักษร “A” ที่เคลือบสารแบเรียม แพลทิโนไซยาไนด์ ที่อยู่ห่างออกไปประมาณ 20 ฟุต ก็เกิดการ เรืองแสงขึ้นเช่นกัน ทั้งที่ไม่ได้อยู่ในระยะของหลอดรังสีแคโทด ซึ่งเขาได้ตั้งข้อสังเกตว่า จะต้องมีรังสีชนิดหนึ่งที่มองไม่เห็น และมีอำนาจทะลุทะลวงสูง สามารถผ่านออกจากหลอดรังสีแคโทดไปกระทบแผ่นเรืองรังสี ซึ่งในครั้งแรกที่พบนั้น ไม่ทราบว่าคือรังสีอะไร จึงเรียกรังสีนี้ว่า รังสีเอกซ์

จากนั้น เขาใช้เวลาอีกหลายสัปดาห์ทำการสังเกตศึกษาการทะลุทะลวง ของรังสีเอกซ์ผ่านกระดาษ หนังสือ ไม้ และโลหะ รวมถึงคนด้วย ทั้งนี้เขาได้ถ่ายภาพมือ ภรรยาด้วยรังสีเอกซ์เป็นภาพแรกไว้อีกด้วยดังรูปที่ 2.6 เรินต์เกนจึงได้รับการประกาศว่าเป็นผู้ค้นพบรังสีเอกซ์ ต่อมาเขาจึงได้รับรางวัลโนเบล (Nobel prize) สาขาฟิสิกส์เป็นคนแรกในปี 1901

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.5 แสดงรูปของศาสตราจารย์เรินต์เกน (Wilhelm Conrad Röntgen) ผู้ค้นพบรังสีเอกซ์

รูปที่2.6 แสดงรูปถ่ายจากรังสีเอกซ์รูปแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ประเภทของรังสีเอ็กซ์

2.4.2.1 รังสีเอกซ์ที่มีสเปกตรัมแบบต่อเนื่อง

เป็นรังสีเอกซ์ที่ได้มาจากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์โดยการเร่งให้อนุภาคมีประจุวิ่งเข้าชนเป้าโลหะ เช่นอิเล็กตรอนให้มีความเร็วสูงวิ่งเข้าชนเป้า โลหะ เมื่ออิเล็กตรอนสูญเสียความเร็วก็จะปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรังสีเอกซ์ที่มีลักษณะของสเปกตรัมแบบต่อเนื่อง หรือที่เรียกว่า เบรมส์ชตราลุง

2.4.2.2 รังสีเอกซ์ที่มีสเปกตรัมแบบเฉพาะตัว หรือรังสีเอกซ์เฉพาะตัว

เป็นรังสีเอกซ์ที่ได้มาจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีซึ่งเป็นการกระตุ้นโดยอาศัยพลังงานจากภายในอะตอม โดยเกิดการเปลี่ยนชั้นวงโคจรของอิเล็กตรอนจากชั้นพลังงานสูงกว่ามายังชั้นพลังงานต่ำกว่า การเปลี่ยนชั้นพลังงานนี้ จะปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของรังสีเอกซ์เฉพาะตัว (Characteristic x-rays) นอกจากนั้นยังมีการเกิดรังสีเอกซ์ที่มีลักษณะของสเปกตรัมแบบเฉพาะตัวจากการกระตุ้น โดยอาศัยพลังงานจากภายนอกอะตอม ซึ่งสามารถเกิดรังสีเอกซ์ที่มีลักษณะของสเปกตรัมแบบเฉพาะตัว ตามชนิดของเป้าโลหะที่ใช้ลดความเร็วของอิเล็กตรอนในเครื่องกำเนิดรังสี

การกระตุ้นโดยพลังงานจากการเปลี่ยนแปลงภายในอะตอม

การกระตุ้นแบบนี้ เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงภายในอะตอม ซึ่งอะตอมในกลุ่มนี้จะเป็นอะตอมของธาตุกัมมันตรังสี ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลาโดยธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงนี้ เป็นการเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียร์

– การเกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัวจากการชนของรังสีแกมมาภายในอะตอม เกิดจากการที่นิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีที่อยู่ในสภาวะกระตุ้นปล่อยพลังงานออกมาเพื่ออยู่ในสภาวะพื้น โดยพลังงานที่ปล่อยออกมาจะอยู่ในรูปของรังสีแกมมา ซึ่งเมื่อรังสีแกมมาออกมาจากนิวเคลียสจะ มีโอกาสชน และถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส จนเมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานมากพอจนหลุดจากอะตอมจะเกิดที่ว่างภายในอะตอม อิเล็กตรอนที่อยู่ในชั้นพลังงานสูงกว่าจะเคลื่อนที่ลงมาแทนที่และปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรังสีเอกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัวจากการชนของอนุภาคเบต้าภายในอะตอม นิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีจะสลายตัวโดยให้อนุภาคเบต้าออกจากนิวเคลียส เมื่ออนุภาคเบต้าออกจากนิวเคลียสมีโอกาสที่จะชน และถ่ายเทพลังงานให้อิเล็กตรอนที่โคจรอยู่รอบอะตอม เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานมากพอ ทำให้หลุดออกจากอะตอมอิเล็กตรอนในชั้นโคจรที่มีพลังงานสูงกว่าจะเคลื่อนที่ลงมาแทนที่พร้อมทั้งปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของรังสีเอกซ์

– การเกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัวจากการจับอิเล็กตรอน (Electron capture) อิเล็กตรอนที่โคจรอยู่ชั้นในใกล้นิวเคลียสจะถูกจับหรือดึงดูดเข้าสู่นิวเคลียส ทำให้เกิดที่ว่างขึ้น ซึ่งอิเล็กตรอนในชั้นพลังงานสูงกว่าจะเข้ามาแทนที่แล้วปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรังสีเอกซ์

การกระตุ้นโดยอาศัยพลังงานจากภายนอกอะตอม

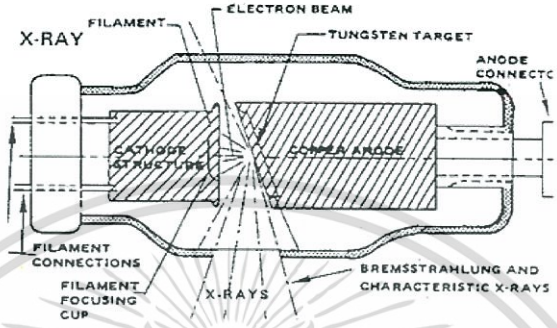
พลังงานจากภายนอกอะตอมอาจอยู่ในรูปของอนุภาคที่มีพลังงานสูงหรือโฟตอน (Photon) เมื่ออนุภาคพลังงานสูงหรือโฟตอนผ่านเข้าไปในอะตอมของธาตุมีโอกาสที่จะชน และถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในอะตอม เมื่อพลังงานที่ถ่ายเทให้สูงมากพอจนอิเล็กตรอนหลุด จากอะตอม ทำให้เกิดที่ว่างขึ้น อิเล็กตรอนในชั้นระดับพลังงานที่มากกว่าจะเคลื่อนที่ลงมาแทนที่ในชั้นระดับพลังงานที่ต่ำกว่าพร้อมทั้งปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาเป็นรังสีเอกซ์เฉพาะตัว

2.4.3) เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์

เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ หลอดรังสีเอกซ์ ซึ่งเป็นหลอดแก้วสุญญากาศ ภายในมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว คือ ขั้วลบ (แคโทด) หรือไส้หลอด (filament) และขั้วบวก (แอโนด) หรือ เป้า (target) ขั้วทั้ง 2 ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปในไส้หลอดซึ่งทำจากทังสเตน (tungsten) แล้วจะเกิดความร้อนจนเพิ่มอุณหภูมิสูงประมาณ 2,000 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากไส้หลอด และถูกเร่งให้เคลื่อนที่ไปกระทบกับเป้า ซึ่งทำจากโลหะผสมระหว่างทังสเตนกับวัสดุอื่น เช่น โมลิบดินัม (molybdenum) หรือรูเนียม (rhenium)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากทังสเทนมีเลขเชิงอะตอมสูง จุดหลอมเหลวสูง และส่งผ่านความร้อนได้ดี เมื่ออิเล็กตรอนความเร็วสูงกระทบกับเป้า จะสูญเสียพลังงานไปเป็นความร้อน (≥99%) และส่วนพลังงานที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นรังสีเอกซ์



รูปที่2.7 ภาพแสดงแหล่งกำเนิดรังสี

2.4.4 กระบวนการเกิดรังสีเอกซ์

เมื่ออิเล็กตรอนความเร็วสูงจากไส้หลอดกระทบเป้า รังสีเอกซ์จะเกิดขึ้นจากกระบวนการที่สำคัญ คือ

1. เมื่ออิเล็กตรอนจากไส้หลอดชนกับอิเล็กตรอนในวงโคจรอะตอมของเป้า และสามารถทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน ด้วยการผลักอิเล็กตรอนให้หลุดออกจากอะตอม เมื่ออิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรอื่นที่ห่างออกไปเข้ามาแทนที่ว่าง ก่อนจะปลดปล่อยพลังงานออกในรูปรังสีเอกซ์ ซึ่งเรียกว่า รังสีเอกซ์เฉพาะตัว (characteristic X-ray) พลังงานของรังสีเอกซ์จะเปลี่ยนไปเมื่อชนิดของเป้าเปลี่ยนไป กล่าวคือ พลังงานของรังสีเอกซ์เฉพาะตัวจากทังสเทนมีค่าแตกต่างจากตะกั่ว รังสีเอกซ์ชนิดนี้มีชื่อว่า แคแรกเทอริสติก ซึ่งหมายถึง มีลักษณะเฉพาะตัวตามชนิดของเป้า

2. เมื่ออิเล็กตรอนจากไส้หลอดวิ่งเข้าใกล้นิวเคลียสของเป้า เมื่อนั้น อิเล็กตรอนจะเกิดการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ เพราะแรงจากประจุบวกของนิวเคลียส และอิเล็กตรอนเองมีพลังงานลดลง โดยการปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรังสีเอกซ์ ที่มีชื่อเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบรมส์ชตราลุง (bremsstrahlung) ซึ่งมีพลังงาน (*E*) เท่ากับผลต่างของพลังงานอิเล็กตรอนก่อนผ่านเข้าอะตอม (*Ei*) และหลังจากออกจากอะตอม (*Ef*)

เบรมส์ชตราลุงจึงมีพลังงานได้หลายค่า ขึ้นอยู่กับว่าอิเล็กตรอนที่วิ่งเข้าชนสามารถเข้าใกล้นิวเคลียสได้มากเพียงใด และมีการสูญเสียพลังงานเพียงใด แต่จะมีค่าพลังงานสูงสุดเท่าพลังงานของอิเล็กตรอน เช่น อิเล็กตรอนที่มีพลังงานจลน์ 70 keV เมื่อทำให้เกิดเบรมส์ชตราลุงก็จะมีพลังงานตั้งแต่ 0 จนถึง 70 keV ไม่เกินกว่านี้

2.4.5 คุณสมบัติของรังสีเอกซ์

1. เป็นรังสีประเภทคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่นเดียวกับรังสีแกมมา แต่มีช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่า คือ ประมาณ 0.01 – 100 Å (อังสตรอม)

2. มีคุณสมบัติเหมือนกับแสงสว่างธรรมดา มีความเร็วการเดินทางในสุญญากาศเท่ากับความเร็วแสง คือ 3.8×10^{8}m/s นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติการสะท้อน การหักเห และเบี่ยงเบน เหมือนกับแสงสว่างธรรมดา

3. เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และไม่ถูกทำให้เบี่ยงเบนโดยสนามแม่เหล็ก และไฟฟ้า

4. ทำให้วัตถุบางอย่างเรืองแสงได้ ซึ่งวัตถุจะต้องมีสารบางอย่างที่ทำให้เรืองแสงได้

5. เป็นรังสีก่อไอออน เมื่อผ่านในตัวกลางที่เป็นอากาศหรือก๊าซ

6. ทำให้เกิดรอยดำบนแผ่นฟิล์มถ่ายรูปได้ เช่นเดียวกับแสงสว่าง

7. ทะลุทะลวงผ่านวัตถุต่าง ๆ ได้ดี สามารถทะลุผ่านเนื้อเยื่อมนุษย์ และสัตว์ พลาสติกเสื้อผ้า แต่ไม่สามารถผ่านโลหะตะกั่วหรือคอนกรีตหนาๆได้

8. ถูกดูดกลืนโดยวัตถุที่มีเลขเชิงมวลสูง

9. มีสมบัติเช่นเดียวกับแสง เช่น การสะท้อน (reflection) การหักเห (refraction) การเลี้ยวเบน (diffraction)

10. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีในสิ่งมีชีวิต เช่น เซลล์ของร่างกายถูกทำลาย หรือเกิดการกลายพันธุ์ (Mutation) ถ้าได้รับรังสีเป็นจำนวนมาก และเป็นเวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 ประโยชน์ของรังสีเอกซ์ทางการแพทย์

แบ่งออกเป็น2ประเภท คือ รังสีวินิจฉัย และ รังสีรักษา

2.4.6.1 รังสีวินิจฉัย

รังสีเอกซ์ เมื่อฉายทะลุอวัยวะที่ต้องการตรวจแล้ว จะเกิดเป็นรูปแบบขึ้นบนฟิล์มเอกซเรย์ เมื่อนำฟิล์มเอกซ์เรย์ไปล้างตามกรรมวิธี จะได้ภาพทั้งภายนอก และภายในของอวัยวะ เช่น กระดูกที่ฝังอยู่ในเนื้อ หรือแผลวัณโรคที่อยู่ในเนื้อปอด ทำให้วินิจฉัยโรคได้ โดยไม่ต้องผ่าอวัยวะนั้นเข้าไปดูภายใน ถ้าฉายรังสีที่มีรูปแบบแล้วนี้ไปถูกกระจกที่ฉาบด้วยแบเรียมแพลติโนไซอะไนต์ หรือแคลเซียมทังสเตตในห้องมืด ก็จะเห็นภาพของอวัยวะภายในได้ทันที แต่ภาพนี้ไม่ค่อยจะชัดนัก เพราะแสงเรืองที่เกิดขึ้นนั้นอ่อนมาก จึงต้องดูในห้องมืด และรังสีแพทย์ผู้ตรวจต้องปิดตา หรืออยู่ในห้องมืดเสียก่อน 20 นาที จนตาคุ้นกับความมืด จึงจะดูเห็น การตรวจด้วยวิธีนี้เรียกว่า ฟลูออไรสโคปี(FLUOROSCOPY) ซึ่งในปัจจุบันนี้ มีผู้นำภาพจากแสงเรืองๆ ในห้องมืดนี้มาฉายผ่านเครื่องปรับความเข้มของแสงที่เรียกว่า อิเมจอินเทนซิไฟเออร์ (IMAGE INTENSIFLER) แล้วนำสัญญาณภาพไปฉายออกทางจอโทรทัศน์ ทำให้รังสีแพทย์ทำการตรวจอวัยวะภายในโดยการทำฟลูออโรสโคปีในห้องที่มีแสงสว่างธรรมดาได้ และชัดเจนกว่าการทำในห้องมืดการตรวจด้วยวิธีนี้ รังสีแพทย์จะเห็นการเคลื่อนไหวของอวัยวะภายในได้สะดวกตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจน คือ การตรวจกระเพาะอาหาร ลำไส้ และถุงน้ำดี อวัยวะบางอย่างที่ตรวจพบได้ไม่ชัดเจน แพทย์อาจทำให้เห็นชัดเจนขึ้นได้ โดยใช้สารทึบแสงบางอย่าง สารเหล่านี้พอจะจำแนกได้ดังนี้

1. สารทึบแสงที่ทึบน้อยกว่าเนื้อ ได้แก่ ก๊าซ ต่างๆ เช่น อากาศ คาร์บอนไดออกไซด์และไนทรัสออกไซด์
2. สารทึบแสงที่ทึบมากกว่าเนื้อ ได้แก่ สาร ประกอบไอโอดีน และแบเรียมซัลเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการวินิจฉัยด้วยรังสีเอกซ์

1. **เทอร์โมกราฟี (THERMOGRAPHY)**

การถ่ายรูปโดยใช้แสงอินฟราเรด (INFRARED) ซึ่งแสดงรูปแบบของอุณหภูมิของผิวหนังตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยมีสมมุติฐานว่า ร่างกายส่วนใดมีก้อนมะเร็งอยู่ข้างใต้ผิวหนัง ส่วนนั้นจะมีอุณหภูมิสูงกว่าที่ผิวหนังส่วนอื่นๆ

2. **ไมโครเวฟเทอร์โมกราฟี (MICROWAVE THERMOGRAPHY)**

เทอร์โมกราฟีแบบธรรมดาที่กล่าวมาแล้ว ใช้แสงอินฟราเรด ซึ่งมีอำนาจทะลุทะลวงต่ำ จึงเหมาะที่จะวัดและทำแผนที่ของอุณหภูมิที่ผิวหนัง แต่ไมโครเวฟเทอร์โมกราฟีสามารถวัดอุณหภูมิได้ลึกลงไปในเนื้อ มากกว่าแบบธรรมดา คือวัดได้ลึกลงไป ราว ๑ เซนติเมตร ในเนื้อ และ ๘ เซนติเมตร ในไขมัน และในกระดูกข้อเสียของไมโครเวฟเทอร์โมกราฟี คือ ภาพที่ ได้ไม่ค่อยชัด

3. **โทโมกราฟี (BODYSECTION)**

การถ่ายภาพเอกซเรย์ให้เห็นชัดเฉพาะในระนาบที่ต้องการดูเพียงระนาบเดียวโดยให้ส่วนอื่นๆ ที่อยู่นอกระนาบที่ต้องการดูพร่ามัวไปหมด วิธีถ่าย คือ จัดให้หลอดเอกซเรย์ และกล่องใส่ฟิล์มเอกซเรย์ มีการเคลื่อนไหวไปในทิศทางและด้วยความเร็วที่มีส่วนสัมพันธ์กันตลอดเวลา โดยมีจุดหมุนระหว่างหลอดเอกซเรย์ กับกล่องใส่ฟิล์มเอกซเรย์ หยุดนิ่งอยู่ในระนาบของร่างกายที่เราต้องการดู การเคลื่อนที่ของหลอด เอกซเรย์และกล่องใส่ฟิล์มเอกซเรย์

4. **โฟโทฟลูออโรกราฟี (PHOTOFLUOROGRAPHY)**

การทำฟลูออโรสโคปี แล้วใช้กล้องถ่ายรูปถ่ายจากจอฟลูออโรสโคปีอีกทีหนึ่งจะได้ภาพเป็นฟิล์มเล็กขนาด ๗๐ X ๗๐ มิลลิเมตร หรือ ๑๐๐ X ๑๐๐ มิลลิเมตร เพื่อสะดวกรวดเร็ว และประหยัดฟิล์มด้วย จึง เหมาะที่จะใช้ถ่ายเอกซเรย์ปอดสำหรับคนจำนวนมากๆ แบบนี้ดีที่ประหยัด แต่ไม่สามารถให้รายละเอียดได้เมื่อพบสิ่งผิดปกติแล้ว ต้องศึกษารายละเอียดด้วยฟิล์มขนาดใหญ่อีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. **ซีเนเรดิโอกราฟี (CINERADIOGRAPHY)**

การถ่ายภาพยนตร์จากจอฟลูออโรสโคปี โดยผ่านเครื่องปรับความเข้มของแสงที่เรียกว่า อิเมจอินเทนซิไฟเออร์

6. **แมมโมกราฟี (MAMMOGRAPHY)**

การเอกซเรย์เต้านม โดยใช้รังสีเอกซ์ ที่มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำมาก คือ ประมาณ ๒๐ กิโลโวลต์ และไม่ใช้แผ่นโลหะกรองรังสีเอกซ์หน้าหลอด การถ่ายด้วยวิธีนี้มักใช้ฟิล์มและกล่องใส่ฟิล์มสำหรับการนี้โดยเฉพาะ ทำให้เกิดความคมชัด และเห็นรายละเอียดของพยาธิสภาพภายในของเนื้ออ่อนๆ ของต่อมน้ำนม ท่อน้ำนม หัวนม และลานหัวนม ตลอดจนเส้นเลือดของเต้านมได้ชัดเจนกว่าถ่ายด้วยวิธีธรรมดามาก

7. **การถ่ายรูปจากเทปโทรทัศน์**

ในวารสารรังสีวิทยา และเวชศาสตร์นิวเคลียร์ นานาชาติ เดือนกันยายน พ.ศ.๒๕๒๓ มีรายงานของ เดวิด เอ็ม. ไฮนส์ (DAVID M. HYNES) กับคณะแห่งศูนย์สุขภาพเซนต์โจเซฟ เมืองโตรอนโต แคนาดา ถึงความสำเร็จในการอัดเทปโทรทัศน์ จากการทำฟลูออโรสโคปี แล้วเลือกถ่ายเฉพาะรูปที่ต้องการจากเทปที่อัดไว้นั้น โดยใช้กล้องถ่ายแบบมัลติฟอร์แมต (MULTIFORMAT CAMERA) การถ่ายภาพจากเทปโทรทัศน์นี้ ทำให้เกิดผลดี คือ นอกจากประหยัดฟิล์มได้มากแล้ว ยังลดจำนวนรังสีเอกซ์ที่ใช้ ลงมากด้วย

8. **ดิจิตอลเรดิโอกราฟี (DIGITAL RADIOGRAPHY)**

การนำเอาดิจิตอลคอมพิวเตอร์มาใช้เก็บข้อมูลของอวัยวะ และนำมาสร้างเป็นภาพขึ้นในจอโทรทัศน์ วิธีนี้ทำให้เราสามารถถ่ายภาพรังสีเอกซ์ของอวัยวะเล็กๆ เช่น เส้นเลือดได้ โดยไม่ต้องฉีดสารทึบแสงเข้าเส้นโลหิตแดงเพียงแต่ฉีดสารทึบแสงจำนวนน้อยๆ (เช่นที่ใช้ในการตรวจไต) เข้าเส้นเลือดโลหิตดำ ที่แขน ซึ่งทำง่ายกว่า และปลอดภัยกว่ามากด้วย

9. **ซีโรเรดิโอกราฟี (XERORADIOGRAPHY)**

เป็นการถ่ายเอกซเรย์โดยไม่ต้องใช้ฟิล์ม วิธีทำ คือ ใช้แผ่นที่ฉาบด้วยประจุไฟฟ้าสถิต มาบรรจุลงในกล่องกันแสง แล้วเอาถ่ายเอกซเรย์แทนฟิล์มเอกซเรย์ เมื่อถ่ายแล้ว เอาไปผ่านเครื่องล้างแผ่นไฟฟ้าสถิต โดยไม่ต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ห้องมืดจะได้ภาพอวัยวะของเราออกมาเป็นสีน้ำเงินจางๆ บนแผ่นกระดาษ ส่วนแผ่นไฟฟ้าสถิตนั้น เอากลับไปใช้ซ้ำได้อีกไม่จำกัดจำนวนครั้ง ลักษณะของภาพที่ได้นั้น มีความละเอียดชัดเจนสูง เห็นเนื้อเยื่อตลอดจนกระดูกได้พร้อมกันหมด จึงมีประโยชน์มาก คุณภาพของภาพที่ได้มานั้นดีมาก จนเป็นที่หวังได้ว่า ในอนาคตวิธีนี้จะนำมาใช้แทนดิจิตอลเรดิโอกราฟีได้

10. แพนอรัลโทโมกราฟี (PANORAL TOMOGRAPHY)

การถ่ายเอกซเรย์ทั้งปากให้ชัดในระนาบกลางของฟัน โดยใช้การเคลื่อนของกล่องฟิล์มที่ได้ส่วนสัมพันธ์กับการเคลื่อน ของหลอดเอกซเรย์ และให้การเคลื่อนนั้นเป็นแบบเส้นโค้ง ๒ เส้น ที่หันส่วนโค้งเข้าหากัน ภาพเอกซเรย์ที่ได้แสดงฟันทุกซี่มาเรียงกันเป็นระเบียบ ฟันล่าง และฟันบนทุกซี่จะมารวมกันอยู่ในภาพเดียวกัน จึงเหมาะที่จะใช้ในการจัดฟัน

11. แพนอรามิกเดนทัลเรดิโอกราฟี (PANORAMIC DENTAL RADIOGRAPHY)

เราอาจถ่ายเอกซเรย์ฟันทั้งปากได้อีกวิธีหนึ่ง โดยสร้างหลอดเอกซเรย์ให้เล็กมากขนาดนิ้วมือ ให้รังสีเอกซ์ออกมาจากตรงปลายหลอด เอาหลอดเอกซเรย์ยื่นเข้าไปในปาก และเอากล่องใส่ฟิล์มอย่างอ่อนและโค้งมาหุ้มรอบปาก รังสีเอกซ์จากหลอดเอกซเรย์ในปาก จะวิ่งทะลุฟันและผนังปาก ย้อนกลับออกมากระทบฟิล์ม เอกซเรย์ในกล่องภาพที่ได้ จะเป็นภาพขยายที่โตกว่าขนาดจริงของฟัน แสดงภาพของฟันทุกระนาบรวมกัน จึงเหมาะที่จะใช้ถ่าย เพื่อหาฟันผุมากกว่าแพนอรัลโทโมกราฟี

2.4.6.2 รังสีรักษา

การนำรังสีชนิดต่างๆ มาใช้ในการรักษาโรค เนื่องจากรังสีเอกซ์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยาต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ถ้าเซลล์ได้รับรังสีเอกซ์ในขนาดสูงมากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางเสื่อม และขนาดสูงพอที่จะทำให้เซลล์ตาย ได้มนุษย์จึงเอาคุณสมบัติข้อนี้มาใช้ในวิชารังสีรักษา คือ ฉายรังสีเอกซ์ให้เนื้อร้าย เช่น เนื้อมะเร็งตายได้ ทั้งๆที่ส่วนใหญ่ เนื้อมะเร็งก็ถูกล้อมรอบอยู่ด้วยเนื้อดี และเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉายเนื้อมะเร็งก็จะถูกเนื้อดีข้างๆ ด้วยเสมอแต่เนื้อมะเร็งเป็นเซลล์อ่อนเกิดใหม่ เมื่อถูกรังสีก็จะตายง่าย ผิดกับเนื้อดีที่เกิดมาก่อน จึงทนทานต่อรังสีเอกซ์มากกว่า ถ้าเรากะขนาดที่ใช้ให้ดีเนื้อมะเร็งก็จะตายแต่เนื้อดีรอบๆ จะยังอยู่

เครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-๖๐

เป็นเครื่องฉายสำหรับใช้ในรังสีรักษา รังสีแกมมา มีสมบัติทางกายภาพเหมือนกับรังสีเอกซ์ทุกประการ แต่เป็นรังสีที่เกิดตามธรรมชาติ จากนิวเคลียสของอะตอมของธาตุ ที่มีกัมมันตภาพรังสี เช่น โคบอลต์-๖๐

2.5 วิธีการตรวจวัดความหนาแน่นมวลกระดูก

การตรวจวัดความหนาแน่นกระดูกสามารถวัดได้หลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับรังสีที่เลือกใช้ไม่ว่าจะเป็นรังสีแกรมมา รังสีเอกซ์ หรือ คลื่นความถี่สูงโดยการเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและตำแหน่งของกระดูก โดยร่างกายของคนเรานั้นประกอบด้วย กระดูกเปลือกแข็ง (CORTICAL) ประมาณร้อยละ80 และกระดูกเนื้อพรุนประมาณร้อยละ 20 โดยกระดูกกระดูกเนื้อพรุนนั้นเป็นกระดูกที่มีการสร้างและสลายกระดูกเร็วกว่ากระดูกเปลือกแข็ง ดังนั้นกระดูกเนื้อพรุนจึงเป็นกระดูกที่มีความไวสำหรับการตรวจวัดความหนาแน่นมวลกระดูก

2.5.1 การวัดมวลกระดูกในรูปแบบต่างๆ

1. ROUTINE RADIOGRAPHIC EVALUATION OF THE SKELETON

เป็นการวัดมวลกระดูกจากภาพถ่ายเอกซ์เรย์ ซึ่งวิธีนี้จะให้ภาพที่มีคุณภาพต่ำเนื่องจากจะต้องมีการสูญเสียมวลกระดูกไปประมาณ20-40%
จึงสามารถวินิจฉัยได้

2. PHOTODENSITOMETRY

เป็นการวัดค่าความหนาแน่นมวลกระดูกจากการภาพถ่ายเอกซ์เรย์ของมือ

3. RADIOGRAMMETRY

เป็นการวัดความหนาแน่นมวลกระดูกโดยจะวัดที่กึ่งกลางของกระดูกฝ่ามือ (METACARPAL)ชิ้นที่สองของมือข้างที่ไม่ถนัด เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณความหนาและพื้นที่ของกระดูกเปลือกแข็ง โดยวิธีนี้สามารถตรวจได้กับกระดูกที่มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกซึ่งมักจะเป็นกระดูกเปลือกแข็งเท่านั้น โดยการวัดความหนาแน่นมวลกระดูกโดดยวิธีนี้นับว่าเป็นวิธีที่ใช้เวลาในการตรวจนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. SINGLE PHOTON ABSORBTIOMETRY (SPA)

เป็นวิธีการวัดความหนาแน่นมวลกระดูกที่ได้รับการพัฒนามาจาก RADIOGRAPHIC ABSORBTIOMETRY และ RADIOGRAPMETRY วิธีนี้จะใช้การวัดความหนาแน่นมวลกระดูกที่กระดูกรยางค์ เพราะบริเวณที่จะทำการตรวจนั้นจะต้องมีเนื้อเยื่อกระอยู่รอบๆน้อย และ สม่ำเสมอ ซึ่งในร่างกายคนเราก็จะมีที่บริเวณปลายแขนและส้นเท้า โดยรังสีที่ใช้ในการตรวจจะเป็น I-125 หรือ AM-241

5.SINGLEENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY (SEXA)

เป็นวิธีที่ใช้วัดความหนาแน่นมวลกระดูกโดยมีหลักการเช่นเดียวกับวิธี SPA แต่มีการเปลี่ยนแหล่งกำเนิดจาก สารกัมมันตรังสีมาเป็นรังสีเอกซ์เรย์ เพราะสารกัมมันตรังสีนั้นจะมีการสลายตัว แต่เอกซ์เรย์นั้นไม่มีการสลายตัว จึงทำให้แหล่งกำเนิดของวิธีSEXA นั้นใช้งานได้ยาวนานกว่า

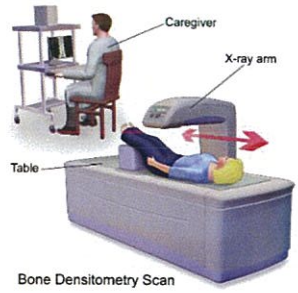
6. DUAL PHOTON ABSORPTIONMETRY (DPA)

เป็นวิธีที่ใช้หลักการเดียวกับวิธีSPA แต่จะมีการใช้แหล่งกำเนิดที่ให้รังสี2 ระดับพลังงาน ซึ่งจะใช้ GD-153 ซึ่งจะให้พลังงาน40KEV และ 10KEV ซึ่งเนื้อเยื่อและกระดูกจะมีการดูดกลืนรังสีที่ไม่เท่ากัน ที่ต้องปรับมาใช้เป็นสองระดับพลังงานเพราะวิธี SPA นั้นไม่สามารถหาค่าความหนาแน่นมวลกระดูกที่กระดูกสันหลังและกระดูกสะโพกได้อย่างแม่นยำซึ่งจะทำให้สามารถใช้งานได้อย่างครอบคลุมมากกว่า

7. DUAL ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY (DEXA)

เป็นวิธีการวัดมวลกระดูกที่ถูกพัฒนามาจากวิธี DPA โดยการใช้รังสีเอกซ์ 2 ระดับพลังงาน ซึ่งการใช้รังสีเอกซ์ 2 ระดับพลังงานนั้น จะเพิ่มความความคมชัดให้กับภาพ และ ใช้เวลาสแกนน้อยกว่าวิธี DPA ซึ่งวิธี DEXAนั้นสามารถนำมาใช้ในการหาค่าความหนาแน่นมวลกระดูกที่กระดูกสันหลังส่วนเอวกระดูกสะโพกและกระดูกบริเวณส่วนแขนท่อนระหว่างข้อศอกจนถึงข้อมือ โดยประโยชน์ของDEXA นอกจากจะสามารถนำมาใช้ในการหาค่าความหนาแน่นมวลกระดูกเพื่อประกอบในการวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนแล้วนั้นยังสามารถนำมาใช้ในการทำนายความเสี่ยงของการเกิดกระดูกหัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

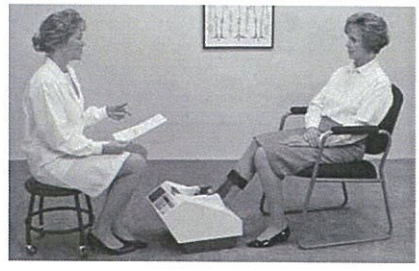


รูปที่2.8 เครื่องฉายรังสีเอกซ์ 2 ระดับพลังงาน

8. QUANTITATIVE ULTRASOUND (QUS)

เป็นวิธีที่ใช้ในการหาค่าความหนาแน่นมวลกระดูก โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงในการตรวจซึ่งตำแหน่งที่ใช้ในการตรวจนั้นคือตำแหน่งของกระดูกส้นเท้า วิธีนี้จะมีทรานดิวเซอร์2ตัว ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดเสียง และ ตัวรับสัญญาณเสียง จะมีน้ำหรือเจลเป็นตัวกลางเพื่อไม่ให้เกิดการสูญสียสัญญาณเสียง โดยสัญญาณเสียงที่รับได้นั้นจะถูกนำมาเป็นตัวกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เราเรียกว่า QUANTITATIVE ULTRASOUND (QUS) โดยค่าที่จะบ่งชี้ถึงความหนาแน่นมวลกระดูกประกอบไปด้วย

1. ความเร็วของเสียง (SPEED OF SOUND: SOS) บ่งชี้ถึงความหนาแน่น และ ความยืดหยุ่น
2. การลดลงของความเข้มเสียง(BROAD BOND ULTRASOUND ATTENUATION: BUA)บ่งชี้ความหนาแน่นระดับโมเลกุล ,การเรียงตัว และความยืดหยุ่นของกระดูก
3. QUANTITATIVE ULTRASOUND INDEX (QUI) หรือ STIFFNESS เป็นตัวช่วยเพิ่มความไวในการตรวจความหนาแน่น ทำนายค่าความยืดหยุ่นและโอกาสการเกิดกระดูกหัก



รูปที่2 9 แสดงภาพของผู้ป่วยกำลังใช้เครื่อง QUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. QUANTITATIVE COMPUTED TOMOGRAPHY (QCT)

เป็นวิธีที่ใช้ในการวัดความหน่าแน่นมวลกระดูกโดยการนำมวลกระดูกที่วัดได้นั้นไปเปรียบเทียบกับเครื่องมือพิเศษที่วางอยู่ใต้ผู้ป่วย ซึ่งการตรวจด้วยวิธีนี้จะถูกวัดเป็นปริมาตรโดยวิธีอื่นมักจะวัดเป็นหน่วยพื้นที่ ทำให้วิธีการวัดแบบ QCTนั้นเป็นวิธีที่ได้รับปริมาณรังสีสูงสุด แต่ผลทีได้นั้นไม่ได้มีความแตกต่างจากผลจากวิธีDEXA ทำให้วิธีนี้ไม่ได้รับความนิยมในการใช้ตรวจวัดค่าความหนาแน่นมวลกระดูก

เอกลักษณ์ของวิธี QCT คือสามารถแยกกระดูกเปลือกแข็งและกระดูกเนื้อพรุนได้ ซึ่งประโยชน์ตรงนี้ถูกนำไปใช้ในการดูการเปลี่ยนแปลงของกระดูกพรุนซึ่งจะเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ไวกว่าวิธีอื่นๆ

ตารางที่2. 2 แสดงความแตกต่างของเครื่องตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูกในด้านต่างๆ

วิธี	ตำแหน่งกระดูกที่วัด	ความแม่นยำ	เวลาที่ใช้ในการตรวจและวิเคราะห์ผล (นาที)	ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ(μSv)
RADIOGRAPHIC ABSORPTIOMETRY	มือ	1-2	5-10	<1
SUNGLE X-RAY ABSORPTIOMETRY	ข้อมือ กระดูกส้นเท้า	1-2	5-10	<1
DUAL X-RAY ABSORPTIOMETRY	กระดูกสันหลัง กระดูฏต้นขา ข้อมือ กระดูกทั้งร่างกาย	1-3	5-10	1-10
QUANTITATIVE COMPUTED TOMOGRAPHY	กระดูกสันหลัง ข้อมือ กระดูกต้นขา	2-4	10-15	50-100
QUANTITATIVE ULTRASOUND	กระดูกส้นเท้านิ้วมือ กระดูกหน้าแข้ง	1-3	5-10	ไม่มี

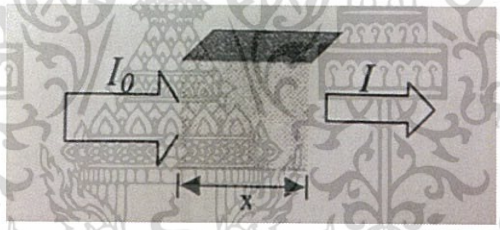
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ทฤษฎีของการวัดความหนาแน่นมวลกระดูกโดยใช้รังสีเอกซ์ 2 ระดับพลังงาน

การวัดความหนาแน่นมวลกระดูกโดยการใช้รังสีเอกซ์2ระดับพลังงานเป็นวิธีที่ถูกเลือกใช้ในการตรวจวัดค่าความหนาแน่นมวลกระดูกเนื่องจากการคุณสมบัติการถูกดูดกลืนของรังสีเอกซ์พลังงานต่ำและพลังงานสูงนั้นให้ผลที่แตกต่างกันซึ่งเมื่อนำภาพที่ได้จากทั้ง2ระดับพลังงานมะคำนวณและตัดผลในส่วนของเนื้อเยื่อออกไปก็จะทำให้เราได้ภาพของกระดูกที่ชัดเจนมากขึ้น ทำให้ได้ค่าความหนาแน่นมวลกระดูกที่แม่นยำขึ้น

2.6.1 กฎของแลมเบิร์ต เบียร์ (LAMBERT-BEER LAW)

เนื่องจากรังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง ที่ส่งผลให้อะตอมรอบๆที่รังสีเคลื่อนที่ผ่านนั้นเกิดการแตกตัวได้ โดยทำให้เกิดปรากฏการณ์โฟโต้อิเล็กตริกและปรากฏการณ์คอมพ์ตันซึ่งส่งผลให้รังสีเอกซ์ที่เคลื่อนที่ทะลุผ่านตัวกลางนั้นมีความเข้มลดลง



รูปที่2.10 แสดงการดูดกลืนรังสีเอกซ์ในวัสดุที่มีความหนา X

สัมประสิทธิ์การดูดกืนเชิงเส้น

แบ่งออกเป็น2กรณี 1.กรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนมีเพียงค่าเดียว

2.กรณีค่าสัมประสิทธ์การดูดกลืนมีหลายค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.1 กรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนมีเพียงค่าเดียว

เป็นการจำลองว่าตัวกลางที่รังสีเอกซ์เคลื่อนที่ผ่านนั้นมีเพียงชนิดเดียว เมื่อรังสีเอกซ์ที่ระดับพลังงานหนึ่งมีค่าความเข้มเท่ากับ I เคลื่อนที่ผ่านวัตถุที่มีความหนา X ความเข้มของรังสีเอกซ์จะถูกลดทอนเป็นตามกฎของแลมเบิร์ต

$$\frac{dI}{I} = -\mu dx$$

อินทิเกรตทั้ง2ข้าง

$$\int_{I_o}^{I} \frac{dI}{I} = -\mu \int_{0}^{x} dx$$

$$\mathrm{LN}\, I - \mathrm{LN}\, I_o = -\mu x$$

$$I = I_o e^{-\mu x}$$

I คือ จำนวนโฟตอนที่ออกจากวัตถุ

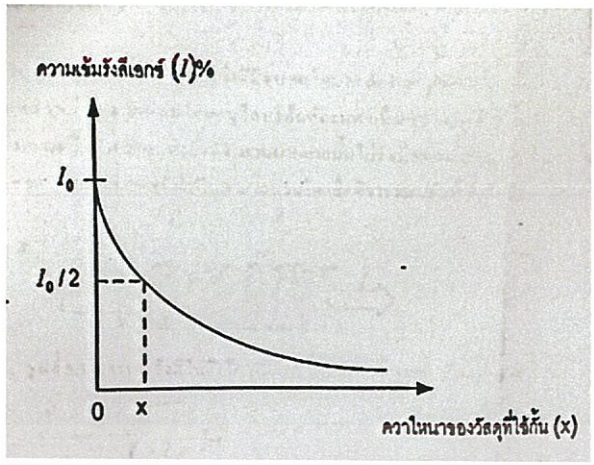
I_o คือ จำนวนโฟฟตอนที่ฉายเข้าวัตถุ

μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืน

x คือ ความหนาของวัตถุ

จะเห็นว่าเป็นสมการที่แสดงค่าความเข้มของรังสีเอกซ์ โดยค่าความเข้มของรังสีเอกซ์นั้นจะลดลงแบบเอกซ์โพพเนนเชียลดังรูปที่(2.11)โดยคาสัมประสิทธิ์การลดลงแบบเชิงในแต่ละอวัยวะในร่างกายที่รังสีเอกซ์ระดับพลังงานต่างดังตารางที่(2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.11แสดงกราฟความเข้มของรังสีเอกซ์เมื่อใช้วัสดุกั้น

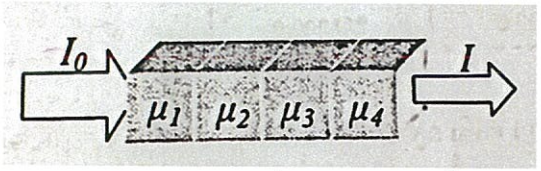
ตารางที่ 2.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การลดลงเชิงเส้นของเนื้อเยื่อต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ที่ระดับพลังงานของรังสีเอกซ์เท่ากับ 60 keV,84 keV และ 122 keV ตามลำดับ

เนื้อเยื่อ	μ (cm^{-1})		
	60 keV	84 keV	122 keV
กระดูก	0.528	0.464	0.410
เลือด	0.208	0.182	0.163
เกรย์แมตเตอร์	0.212	0.184	0.163
ไวต์แมตเตอร์	0.213	0.187	0.166
ซีเอสเอฟ (CSF)	0.207	0.181	0.160
น้ำ	0.206	0.180	0.160
ไขมัน	0.185	0.162	0.144
อากาศ	0.0004	0.0003	0.0002

2.6.1.2 กรณีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนมีหลายค่า

เป็นการอ้างอิงถึงความเป็นจริงของร่างกายมนุษย์ที่เนื้อเยื่อนั้นไม่ได้เป็นชนิดเดียวตลอดซึ่งทำให้เกิดค่าสัมประสิทธิ์หลายค่า ทำให้เกิดความขัดแย้งกับกรณีแรกทำให้ต้องมีการปรับปรุงทฤษฎีของแลมเบิร์ต เบียร์ โดยการแบ่งย่อยในส่วนที่รังสีเอกซ์เคลื่อนที่ผ่านเป็นชนิดเล็กๆโดยมีข้อกำหนดว่าในแต่ละส่วนนั้นจะต้องมีเนื้อเดียวกันหมายความว่าในแต่ละชิ้นส่วนจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนได้เพียงค่าเดียว ซึ่งในแต่ละชิ้นไม่จำเป็นว่าจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนค่าเดียวกัน ขึ้นอยู่กับเส้นทางการเคลื่อนที่ผ่านเนื้อเยื่อของรังสีเอกซ์ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2. 12 แสดงการฉายรังสีไปยังวัตถุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนหลายค่า

ทำให้ได้สมการว่า

$$I = I_o e^{-\int \mu dx}$$
$$I = I_o e^{[-(\mu_1+\mu_2+\mu_3+\mu_4)x]}$$

การหาค่าสัมประสิทธิ์เชิงมวล

หาได้จากการนำค่าสัมประสิทธิ์เชิงเส้นมาหารด้วยความหนาแน่นโดยค่าสัมประสิทธิ์เชิงมวลนั้นจะมีหน่วยเป็นcm^2/g ซึ่งจะทำให้เราเขียนสมการได้ดังนี้

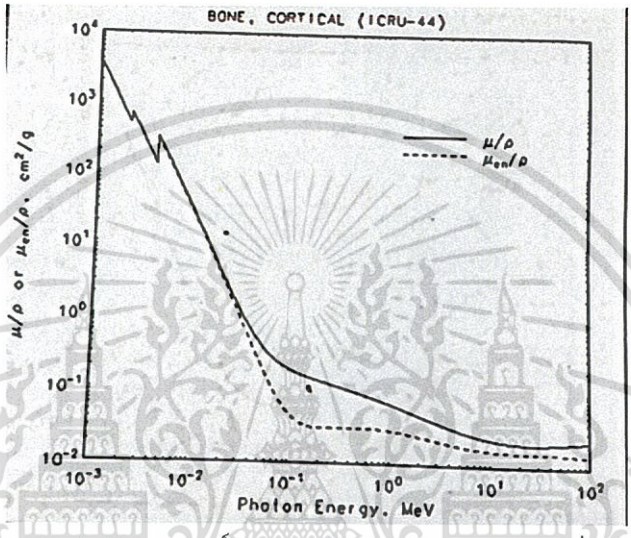
$$I = I_o e^{-(\mu/\rho)(\rho x)}$$

โดยค่าสัมประสิทธิ์เชิงมวลในตัวกลางชนิดเดียวกันที่มีมวลเท่ากันจะมีค่าเท่ากันไม่ว่าจะมีสถานะต่างกันโดยเราสามารถพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์เชิงมวลของตัวกลางชนิดต่างๆได้จาก ICRU REPORT (THE INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENT: คณะกรรมาธิการ ระหว่างประเทศว่าด้วยหน่วยและการวัดรังสี)

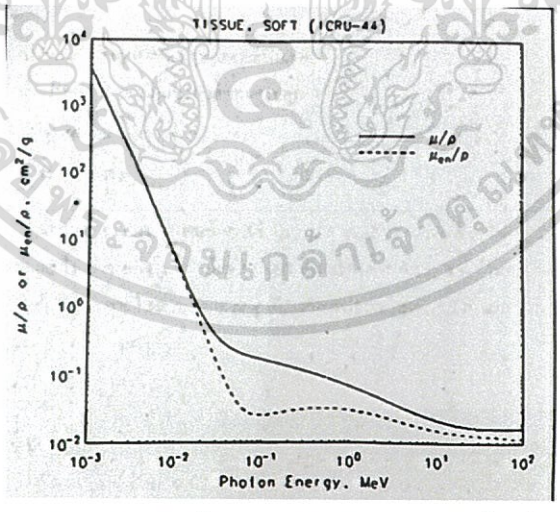
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 หลักการของวิธี DUAL ENERGY X-RRAY ABSORRRBTIOMETRY

เป็นวิธีการที่ใช้รังสีเอกซ์พลังงานต่ำ2ระดับพลังงานสลับกันแล้วถ่ายภาพออกมา ซึ่งที่ใช้รังสีเอกซ์พลังงานต่ำ2ระดับพลังงานทำให้ตรวจได้รวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับมีค่าน้อยกว่าการใช้รังสีวิธี สามารถนำไปใช้ในการประเมินเนื้อกระดูกที่ตำแหน่งกระดูกสันหลัง กระดูกแขน และ กระดูกขา



รูปที่2.13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวลของกระดูกที่ระดับพลังงานต่างๆ



รูปที่2. 14 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวลของเนื้อเยื่อที่ระดับพลังงานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราฉายรังสีเอกซ์ผ่านอวัยวะที่ต้องการซึ่งเส้นทางที่รังสีเคลื่อนที่ผ่านนั้นประกอบไปด้วยกระดูกและเนื้อเยื่อทำให้สมการในการคำนวนความเข้มของรังสีนั้นเป็น

$$I = I_o e^{-(\mu_s \rho_s x_s + \mu_b \rho_s x_b)}$$
$$\mathrm{LN}(I_o/I) = (\mu_s \rho_s x_s + \mu_b \rho_s x_b)$$

เนื่องจากเรามีการใช้รังสีที่2ระดับพลังงาน ซึ่งทำให้เราสามารถเขียนสมการได้ว่า

รังสีเอกซ์พลังงานต่ำ: $\mathrm{LN}(I_o/I)^l = (\mu_s \rho_s x_s^l + \mu_b \rho_s x_b^l)$

รังสีเอกซ์พลังงานสูง: $\mathrm{LN}(I_o/I)^h = (\mu_s \rho_s x_s^h + \mu_b \rho_s x_b^h)$

โดยที่

μ_s คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวลของเนื้อเยื่อ

μ_b คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวลของกระดูก

x_s คือ ความหนาของเนื้อเยื่อ

x_b คือ ความหนาของกระดูก

$\mathrm{LN}(I_o/I)$ คือ ค่าเฉลี่ยของความเข้มภาพเอกซ์เรย์

$\rho_s x_b$ คือ

ค่าBMDที่เราต้องการซึ่งเราจะต้องลบเอาส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อออกเพื่อให้ส่วนที่เหลือส่วนที่ต้องการ

กำหนดให้

$$K = \mu_s^l / \mu_s^h$$

จะได้

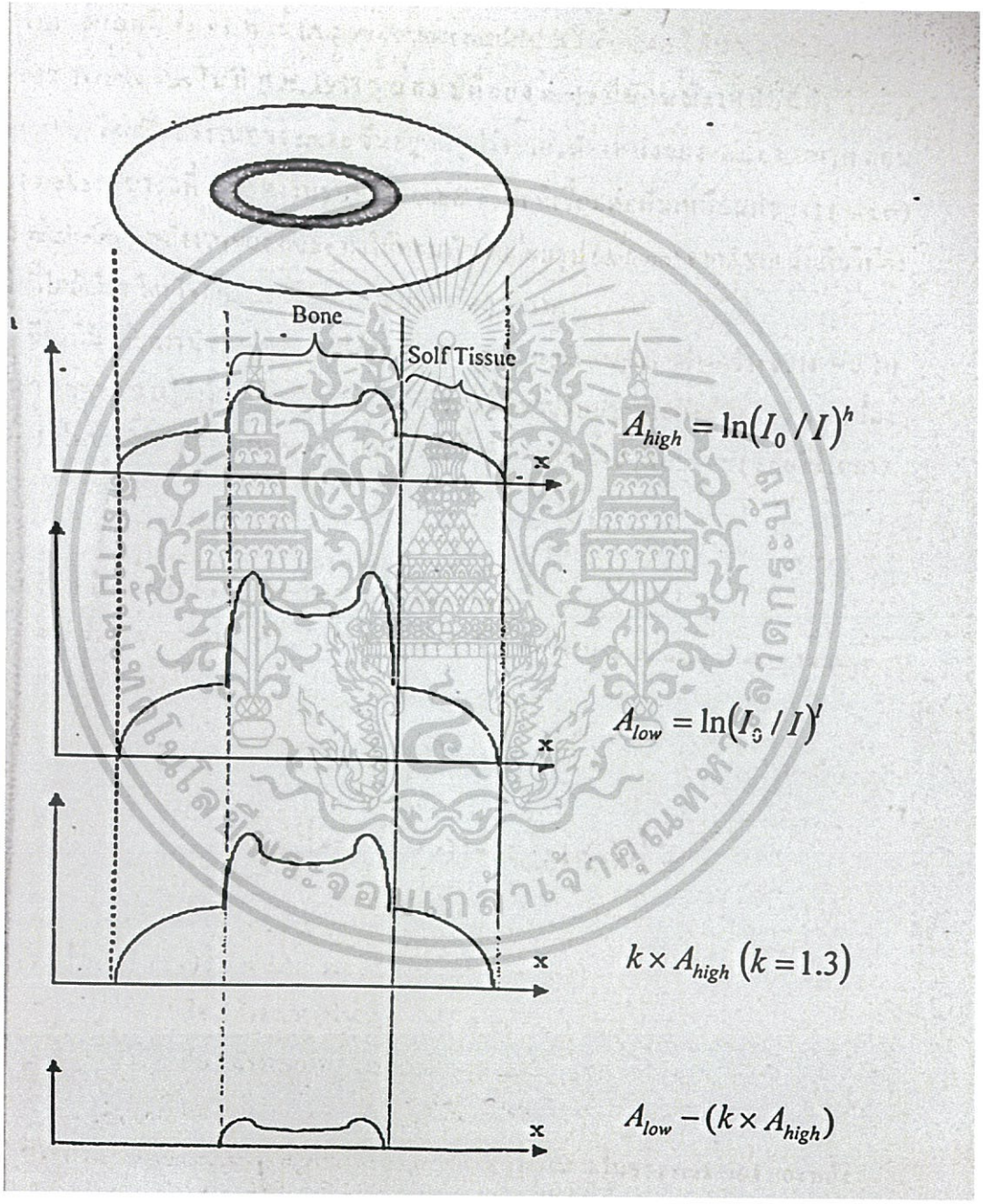
$$BMD = \frac{\mathrm{LN}(I_o/I)^l - k \cdot \mathrm{LN}(I_o/I)^h}{\mu_b^l - k \cdot \mu_b^h} \quad (cm^2/g)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และหาค่า BMC หาได้จาก

$$BMC = BMD \times \text{พื้นที่}$$

BMD คือ ความหนาแน่นของกระดูก$(Bone\ Mineral\ Density)$
BMC คือ ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก $(Bone\ Mineral\ Content)$



รูปที่2.15 แสดงการกำจัดเนื้อเยื่อที่อยู่รอบๆกระดูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 หลักการของกล้องดิจิตอล

หลักการทำงานของกล้องดิจิตอลมีความคล้ายคลึงกับกล้อง 35 มม. ที่ใช้ฟิล์มธรรมดาทั่วไป คือมีเลนส์สำหรับรับแสงที่สะท้อนจากวัตถุ และมีรูปรับแสง (Aperture) ซึ่งสามารถปรับขนาดได้ มีชัตเตอร์สำหรับเปิดรับแสงในปริมาณและนานเท่าใด ส่วนความแตกต่างจะอยู่ที่ตัวรับแสงของกล้อง กล้องดิจิตอลใช้ตัวรับแสงที่เรียกว่า CCD (Charge-Couply Device) ทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงแทนฟิล์ม และ CCD นี้จะมีทางยาวโฟกัสที่สั้น ทำให้ได้มุมมองของภาพ (Angle of View) แคบ เนื่องจากตัวรับภาพมีขนาดที่เล็กกว่าฟิล์มกล้องดิจิตอลมีการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ของกล้อง 35 มม. คือ การล้าง อัด ขยาย เอาไว้ในขั้นตอนเดียวกันแบตเตอรี่ที่ใช้ในกล้องดิจิตอลมี 2 แบบคือ แบตเตอรี่ที่ใช้ได้ครั้งเดียว ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก และแบตเตอรรี่ที่นำกลับมาใช้งานได้อีกโดยการชาร์จ กล้องดิจิตอลจึงมีความสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่ากล้อง 35 มม. เนื่องจากกล้องดิจิตอลมีส่วนประกอบของการแสดงผลออกมาทางช่องมองภาพแบบ LCD ซึ่งเปรียบได้กับช่องมองภาพของกล้องแบบธรรมดา และหากเป็นกล้องดิจิตอลรุ่นใหม่ที่มีความละเอียดสูงจะมีช่องมองภาพอยู่ทั้ง 2 แบบ คือ ช่องมองภาพแบบออปติคอลและแบบดิจิตอล การทำงานของกล้องดิจิตอลประกอบด้วยระบบต่าง ๆ

2.7.1 ระบบซูมภาพในกล้องดิจิตอล

ระบบการซูมภาพในกล้องดิจิตอลมี 2 ชนิดคือ

1. Digital Zoom เป็นการซูมที่มีอยู่ในกล้องทั่ว ๆ ไป ได้ภาพที่มีคุณภาพพอใช้ได้ แต่หากซูมภาพเข้ามามากเกินไปจะทำให้ความคมชัดของภาพลดลง เนื่องจากไม่ได้เป็นการซูมภาพอย่างแท้จริง แต่เป็นเพียงการขยายภาพให้ใหญ่ขึ้นเท่านั้น และการซูมภาพชนิดนี้จะมีระยะโฟกัสที่มีสามารถปรับแต่งได้
2. Optical Zoom เป็นการซูมด้วยเลนส์ของกล้อง จะได้ภาพที่คมชัด และภาพไม่เบลอเมื่อซูมภาพเข้ามาในระยะใกล้ การซูมแบบ Opitcal นิยมใช้ในการถ่ายภาพระยะใกล้เพราะจะได้ภาพที่ออกมาชัดเจน มีความคมชัดทุกจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ตัวรับภาพ CCD และความละเอียดของภาพ

ตัวรับภาพบนกล้องดิจิตอลมี 2 ชนิดคือ CCD (Charge-Couply Device) และ CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) กล้องดิจิตอลในปัจจุบันจะใช้ CCD เป็นส่วนใหญ่ ทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงของกล้องและรับรู้ระดับของความสว่างหรือเข้มของแสงเท่านั้น แต่ไม่สามารถรับรู้หรือแยกสีได้ CCD ที่รับรู้สีต่าง ๆ ได้จะต้องวางฟิลเตอร์ลงบนชิป กล้องระดับกลางหรือกล้องที่ใช้ทั่วไปนิยมใช้ฟิลเตอร์ RGB (Red Green Blue) ซึ่งจะวางสลับกันเป็นตารางอย่างเป็นระเบียบ ตัวรับภาพ CCD ที่บันทึกได้นั้น เรียกว่า Bit Depth หรือค่าความชัดลึก กล้องดิจิตอลทั่วไปสามารถบันทึกค่าความลึกได้ที 24 บิต เช่น กล้องที่ใช้ฟิลเตอร์ RGB จะมีค่าความลึกอย่างละ 8 บิต ได้แก่ R=8 บิต G=8 บิต B=8 บิต ก็จะได้ค่าความลึกที่ 24 บิต โดยจะเรียกค่าความละเอียด เช่น 5 ล้านพิกเซล, 4.1 ล้านพิกเซล และ 3.34 ล้านพิกเซล จำนวนพิกเซลที่มากจะหมายถึงความคมชัดของภาพที่จะมีความคมชัดมากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากสามารถ บันทึกรายละเอียดของภาพได้มากขึ้น ซึ่งความละเอียดของภาพจะระบุในคู่มือการใช้งานกล้องดิจิตอล หรือตรวจสอบได้จากขนาดของ ภาพสูงสุดที่กล้องสามารถถ่ายได้ เช่น ภาพที่มีขนาด 2,048 x 1,536 เมื่อคูณขนาดทั้งแนวตั้งและแนวนอนทั้ง 2 เข้าด้วยกันจะได้ความละเอียดเท่ากับ 3,145,728 ซึ่งจะเป็นค่าพิกเซลโดยประมาณ คือมีความละเอียดประมาณ 3 ล้านพิกเซลความละเอียดของภาพจากกล้องดิจิตอลหมายถึงจำนวนพิกเซล(Pixel) ที่อยู่บนตัวรับภาพทั้งหมดความ ละเอียดของภาพหรือพิกเซล เป็นการนำจุดที่เป็นสีหลายสีหลายๆ จุดมาต่อกันให้ได้เป็นภาพออกมา หากมองโดยทั่วไปจะไม่เห็นความแตกต่างว่าภาพเหล่านั้นมีจุดจำนวนมากต่อกันอยู่ ในทางทฤษฎีเรียกภาพนี้ว่า ภาพแบบ Raster หมายถึงภาพที่นำเอาเม็ดสีจำนวนนับหมื่นนับแสนมาเรียงต่อกันแล้วเกิดเป็นรูป และเมื่อขยายภาพเหล่านั้นออกมาจะพบว่ามีเม็ดสีจำนวนมากเรียงกันอยู่ ส่วนภาพอีกลักษณะหนึ่งจะเป็นภาพที่เรียกว่า ภาพแบบ Vector ซึ่งจะไม่มีอยู่ภายในกล้องดิจิตอล เพราะเป็นภาพที่เกิดจากการใช้ซอฟต์แวร์และคอมพิวเตอร์สร้างขึ้นมา เมื่อขยายภาพเข้ามาในระยะใกล้ ๆ จะไม่พบอาการแตกของภาพเลย เนื่องจากภาพแบบ Vector เกิดจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ไม่ได้เกิดจากพิกเซลเหมือนกับภาพแบบ Raster

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความละเอียดของภาพจะเป็นตัวกำหนดประเภทของกล้องดิจิตอลได้ 4 ระดับคือ

1. กล้องความละเอียดต่ำมาก มักจะเป็นกล้องรุ่นเก่า หรือ กล้องประเภท WebCam ซึ่งมีความละเอียดไม่เกิน 3 แสนพิกเซล
2. กล้องความละเอียดต่ำ มีความละเอียดอยู่ที่ประมาณ 3 แสน – 1.5 ล้านพิกเซล
3. กล้องความละเอียดปานกลาง เป็นกล้องที่มีราคาอยู่ในระดับปานกลาง ภาพถ่ายมีคุณภาพพอใช้ได้ มีความละเอียดอยู่ที่ 2.1 – 4 ล้านพิกเซล
4. กล้องความละเอียดสูง มีความละเอียดมากกว่า 4 ล้านพิกเซล ตัวกล้องมีราคาค่อนข้างสูงและมีคุณภาพดี

2.8.3) ค่าความไวแสงและความเร็วชัตเตอร์

ค่าความไวแสงของกล้องหรือ ISO นั้นจะเป็นความไวในการเปิดรับแสง โดยที่ตัวเลขของISO มากก็จะมีค่าความไวแสงที่มากตามไปด้วย ถึงแม้ว่าค่า ISO ที่มีค่ามาก ๆ นั้นจะช่วยให้เราสามารถถ่ายภาพในที่ที่มีแสงสว่างน้อย ๆ ได้ แต่มีข้อจำกัดคือ เมื่อนำภาพที่ได้มาขยายดูก็จะเห็นเป็นจุดเล็ก ๆ จำนวนมาก ทำให้ภาพที่มีความหยาบพอสมควรความเร็วชัตเตอร์ ชัตเตอร์มีหน้าที่เป็นตัวกำหนดการเปิด-ปิดของรูรับแสงว่าจะให้มีการเปิด-ปิดนานมากน้อยเพียงใดเพื่อให้แสงผ่าน การเปิด-ปิดชัตเตอร์นี้เรียกว่า ความเร็วชัตเตอร์ ซึ่งจะวัดเป็นเศษส่วนของวินาที เช่น 1/50 วินาที หรือ 1/500 วินาที ความเร็วของชัตเตอร์ที่มีจำนวนส่วนมากจะเป็นตัวช่วยให้จับการเคลื่อนไหวของภาพที่ถ่ายให้หยุดนิ่งได้ เช่น การถ่ายภาพรถที่กำลังวิ่งอยู่บนถนน ส่วนความเร็วชัตเตอร์ที่มีส่วนต่ำ เช่น การถ่ายภาพการไหลของน้ำ การถ่ายภาพที่มีความเร็วชัตเตอร์ต่ำควรใช้ขาตั้งกล้องในขณะถ่าย เพราะช่วงเวลาในการเปิดรับแสงจะนาน หากมือไม่นิ่งพอจะทำให้เกิดการเบลอของภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 การนำภาพออกจากกล้องดิจิตอล

การนำรูปภาพที่ถ่ายมาใช้งานมีวิธีการทำหลายวิธีขึ้นอยู่กับประเภทของกล้อง กล้อง ที่ใช้หน่วยความจำแบบภายในที่ไม่สามารถถอดเปลี่ยนได้จะต้องเชื่อมต่อโดยตรงจากกล้องสู่ เครื่อง

1. Docking Station เป็นพอร์ตที่มีการถ่ายโอนข้อมูลสมัยแรกที่มีการเริ่มใช้กล้องดิจิตอลมีลักษณะเป็นฐานสำหรับเสียบตัวกล้องเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องจากในยุคนั้นยังไม่มีการเก็บข้อมูลประเภท Flash Memory
2. FireWire Port (IEEE1394) เป็นพอร์ตที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Apple แต่ผู้ผลิตรายอื่น ๆ จะเรียกชื่อต่างกันไป เช่น บริษัท Sony ตั้งชื่อว่า iLink ส่วนชื่อเรียกมาตรฐานสากลคือ IEEE1394 แต่ถ้าใช้กับกล้องดิจิตอลวีดีโอจะเรียกว่าพอร์ต DV ทั้งนี้พอร์ตดังกล่าวสามารถใช้งานร่วมกันได้ภายใต้มาตรฐานที่ได้ กำหนดขึ้นมาพอร์ต FireWire เป็นพอร์ตความเร็วสูง นิยมใช้ในกล้องวีดิโอดิจิตอล DV และกล้องถ่ายภาพดิจิตอลระดับสูง เนื่องจากมีความเร็วสูงถึง 400 ล้านบิตต่อวินาที(400Mbits/s) มีคุณสมบัติ Plug & Play สามารถต่ออุปกรณ์ได้ 63 ชิ้นต่อ 1 พอร์ต แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้กับกล้องดิจิตอลเนื่องจากราคาแพงและคอมพิวเตอร์ทั่วไปมักจะไม่มีพอร์ต FireWireหากต้องการใช้ต้องติดตั้งการ์ด FireWire เพิ่มอี
3. USB port (Universal Serial Port) เป็นพอร์ตที่นิยมใช้กับกล้องดิจิตอลมากที่สุดในปัจจุบันเนื่องจากมีความเร็วสูง สามารถถ่ายโอนข้อมูลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 12 ล้านบิตต่อวินาที(12Mbits/s) และมีคุณสมบัติ Hotplug คือสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ผ่านทางพอร์ต USB ได้ทันทีโดยไม่ต้องปิดเครื่องก่อน
4. Parallel Port เป็นการเชื่อมต่อสำหรับกล้องดิจิตอลรุ่นเก่า ๆ เพราะมีความเร็วต่ำในการส่งผ่านข้อมูลทำให้เสียเวลาในการ Upload และ Download ข้อมูลในแต่ละครั้งเป็นอย่างมาก จึงไม่เป็นที่นิยมใช้มากนัก
5. Serial port เป็นพอร์ตแบบเก่า มีความเร็วในการเชื่อมต่อต่ำ นิยมใช้ต่อกับอุปกรณ์ที่ไม่ต้องการความเร็วมากนัก เช่น โมเด็ม และเมาส์ ความเร็วสูงสุดที่ทำได้อยู่ที่115,200 บิตต่อวินาที Serial port จะอยู่บริเวณด้านหลังเครื่องคอมพิวเตอร์ มีลักษณะเป็นช่องสี่เหลี่ยมคางหมู มีขา 9 ขา (9 pin) อุปกรณ์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมต่อกับพอร์ตแบบนี้จะต้องรีสตาร์ตเครื่องก่อนคอมพิวเตอร์จึงจะสามารถมองเห็นอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ได้ ทำให้ยุ่งยากในการใช้งาน จึงไม่เป็นที่นิยมใช้

6. SCSI Port เป็นการเชื่อมต่อโดยใช้การ์ด SCSI เป็นตัวกลางการเชื่อมต่อ มีความเร็วและเสถียรภาพในการทำงานสูงแต่มีค่าใช้จ่ายสูง
7. Card Adapter เป็นการเชื่อมต่อที่ต้องใช้การบันทึกแบบ Flash Memory สามารถถอดเปลี่ยนได้ถ่ายโอนข้อมูลผ่านทางเครื่องอ่าน Flash Memory หรือที่เรียกว่า Card Adapter ซึ่งกำลังได้รับความนิยมในขณะนี้ เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย การบำรุงรักษาไม่ ยุ่งยากและราคาไม่สูงนักกล้องดิจิตอลที่มีการบันทึกข้อมูลลงบนตัวเก็บข้อมูลประเภท Flash Memory สามารถโอนถ่ายข้อมูลได้ 2 แบบคือ การส่งข้อมูลโดยตรงจากกล้องเข้าคอมพิวเตอร์โดยตรง และการนำ Flash Memory มาอ่านข้อมูลผ่านทางเครื่องอ่าน Flash Memory ชนิดนั้นๆ วิธีการรับ-ส่งข้อมูลจากกล้องดิจิตอลไปยังคอมพิวเตอร์นั้นเรียกว่า Download และ Upload การ Download เป็นการส่งข้อมูล เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์กำลังดึงข้อมูลมาจากกล้องดิจิตอล ส่วนการ Upload เป็นการส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังกล้องดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการวิจัย

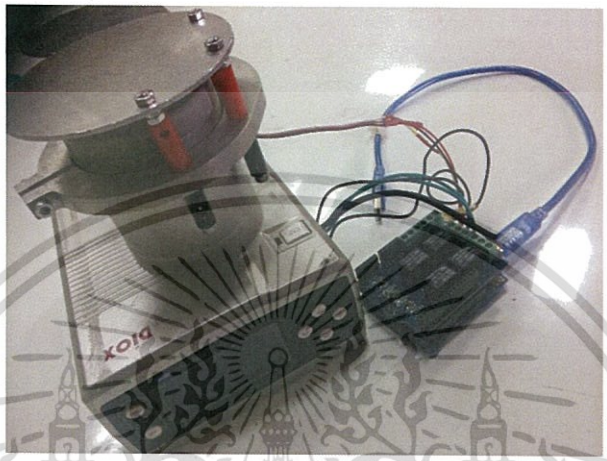
เครื่องวัดมวลกระดูกโดยใช้รังสีเอกซ์ 2 ระดับพลังงานและกล้องดิจิตอล นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการวินิจฉัยเบื้องต้นเกี่ยวกับโอกาสในการเป็นโรคกระดูกพรุน ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการศึกษาและปรับปรุงในส่วนของหน่วยรับรังสี ซึ่งหน่วยวัดรังสีได้มีการเลือกใช้ฉากสะท้อนแสงและกล้องดิจิตอลในการบันทึกภาพรังสีเอกซ์แทนการใช้หน่วยรับรังสีเอกซ์แบบสำเร็จรูปองค์ประกอบหลักของงานวิจัยชิ้นนี้ประกอบด้วยการทำงาน 3 ส่วนคือ หน่วยควบคุมแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ หน่วยรับรังสี และ หน่วยประมวลผลและแสดงผล

3.1 แหล่งควบคุมแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์

หน่วยควบคุมแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ประกอบด้วยหน่วยหลักๆดังนี้ 1.หน่วยควบคุมความต่างศักย์สูง ซึ่งจะประกอบไปด้วยออโตทรานฟอร์มเมอร์ที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบservo Motor เพื่อง่ายต่อการควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ออโตทรานฟอร์มเมอร์ทำหน้าที่ปรับแรงดันที่ป้อนให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูง หม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูงเป็นส่วนที่มีสำเร็จภายในหลอดรังสีเอกซ์ หลอดที่ใช้นั้นจะใช้หลอดที่มีกำลังไม่สูงมากนัก เช่น หลอดรังสีเอกซ์ที่ใช้สำหรับการถ่ายภาพฟันที่มีจัดโฟกัสของรังสีเล็ก มีระบบหล่อเย็นเพื่อถ่ายเทความร้อนออกจากหลอดรังสีเอกซ์ หน่วยสวิสช์ปิดเปิดการจ่ายไฟให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูงจะใช้อุปกรณ์ประเภท SCR ที่มีคุณสมบัติในการทนกระแสได้สูง หน่วยควบคุมกระแสไส้หลอดประกอบด้วยอุปกรณ์ประเภทรีโอสตัด(ตัวต้านทานปรับค่าได้) และหม้อแปลงชนิดความดันลง นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยหน่วยป้องกันอันตรายจากไส้หลอดขาดที่เกิดจากการที่กระแสเกินพิกัดหน่วยป้องกันการoverload ประกอบด้วยวงจรประเภทลอจิกซึ่งควบคุมไม่ให้การตั้งพารามิเตอร์ของการถ่ายเอกซ์เรย์ได้แก่ ความต่างศักย์สูง กระแสในการเผาไส้หลอด และเวลาสูงเกินกว่าความสามารถของหลอดรังสีเอกซ์อันจะก่อให้เกิดความเสียหายได้ หน่วยตั้งเวลาจะใช้software Timer โดยเขียนโปรแกรมในการใช้Clock จากเครื่องPC ในการควบคุมการเปิดปิดการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ผ่านทางการ์ดอินพุท เอาท์พุททำให้มีความแม่นยำสูง ในงานวิจัยนี้เราเลือกใช้แหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ผลิตจากบริษัท INTER-KOR, INC ประเทศเกาหลี DigiMed รุ่น DIOX-602P โดย DIOX นั้นเป็นเครื่องผลิดรังสีเอกซ์ที่มีขนาดเล็กน้ำหนักเบา ปริมาณรังสีที่ได้มีปริมาณไม่มากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงทำให้ผู้ใช้งานไม่ได้รับอันตรายจากรังสีเอกซ์ชุดควบคุมภายในตัวใช้สำหรับควบคุมรังสีเอกซ์ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและเวลาในการฉาย ซึ่งทำให้สะดวกแก่การใช้งาน ชุดกำเนิดแรงดันไฟฟ้าสูงชนิดความถี่สูงทำให้ได้ผลลัพธ์ที่คมชัด หลอดเอกซ์เรย์ขนาด2mA ขนาด focal spot 0.8mm. น้ำหนักรวม 1.4 กิโลกรัม



รูปที่3.1 แสดงแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในงานวิจัยกับหน่วยควบคุม

รูปที่3.2 แสดงปุ่มปรับค่าบนแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หน่วยรับรังสี

ในงานวิจัยชิ้นนี้หน่วยรับรังสีจะประกอบไปด้วย ฉากรับรังสีและกล้องดิจิตอล ซึ่งการทำงานของหน่วยรับรังสีก็คือเมื่อฉากรับรังสีนั้นโดยรังสีเอกซ์จากแหล่งกำเนิดก็จะเกิดการเรืองแสง กล้องดิจิตอลจะทำหน้าที่ในการเก็บภาพที่เกิดขึ้นบนฉากพร้อมที่จะนำไปประมวลผลต่อไป

3.2.1 ฉากเรืองแสง (Intensifying screen)

ฉากเรืองแสงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทั่วไปในทางการแพทย์ โดยเฉพาะการถ่ายภาพเอกซ์เรย์ฉากเรืองแสงจะช่วยเพิ่มความคมชัดให้กับภาพเอกซ์เรย์โดยการเปลี่ยนจากรังสีเอกซ์เรย์ไปเป็นแสงแล้วจึงเข้าสู่ฟิล์ม ทำให้ภาพที่ปรากฏบนฟิล์มนั้นมีความคมชัดมากยิ่งขึ้น สารเรืองแสงนี้จะถูกเคลือบด้วยชั้นของฟอสเฟอร์(สารที่มีคุณสมบัติในการเรืองแสงเมื่อโดนรังสีเอกซ์)เป็นชั้นบางๆ ซึ่งจะให้สีอะไรนั้นต้องขึ้นกับ ชนิดของสารฟอสเฟอร์ที่เคลือบ โดยทั่วไปที่ใช้ที่ใช้ในทางการแพทย์นั้นจะมี2สี คือ น้ำเงิน $CaWO_4$และ เขียว $Gd_2O_2S:Tb$

โดยความหนารวมทั้งหมดโดยประมาณจะอยู่ที่ 15 -16 mils (40mils = 1mm.)

3.2.1.1 ส่วนประกอบในฉากเรืองแสงนั้นจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 4 ชั้น

1. พื้นรองรับ

   ทำด้วยกระดาษอัดหรือพลาสติกโพลีเอสเตอร์หนาประมาณ 7 mils

2. แผ่นสะท้อนแสง

   แสงที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเอกซ์เรย์กับผลึกฟอสเฟอร์ที่เคลือบอยู่นั้นจะถูกปล่อยออกมาทุกทิศทุกทาง แผ่นสะท้อนแสงนี้จะช่วยสะท้อนแสงจากด้านพื้นรองรับไปยังด้านหน้าฉาก สารสะท้อนนี้จะทำด้วยวัสดุสีขาวเช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์และฉาบลงบนพื้นรองรับหนาประมาณ 7 mils

3. แผ่นเรืองแสง

   โดยชั้นของแผ่นเรืองแสงนี้จะประกอบด้วยผลึกของสารเรืองแสงทห้อยแขวนอยู่ในพลาสติกความหนาประมาน 1-4 mil แล้วแต่ความไวของฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ชั้นพลาสติกเคลือบเพื่อป้องกันผิว ชั้นของพลาสติกเคลือบเพื่อป้องกันผิวส่วนใหญ่แล้วจะใช้สารประเภทเซลลูโลส หนาประมาณ 0.7-0.8 mils ทำหน้าที่3อย่างคือ ป้องกันการเกิดประจุไฟฟ้าสถิต ป้องกันผิว และสามารถทำความสะอาดได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อชั้นแผ่นเรืองแสง

รูปที่3.3 ภาพแสดงแผ่นเรืองแสง (INTENSIFYING SCREEN)

3.2.2 กล้องดิจิตอล

กล้องดิจิตอลเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการบันทึกภาพเป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนามาจากกล้องฟิล์มซึ่งกล้องดิจิตอลเป็นกล้องที่ใช้ไฟฟ้าในการควบคุมกลไกการทำงานซึ่งภายในจะมีเซนเซอร์ที่ใช้ในการบันทึกภาพ โดยภาพที่ถ่ายได้จะถูกบันทึกแบบดิจิตอลโดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในกล้องจะอยู่ในรูปแบบของไฟล์ภาพซึ่งสามารถส่งเข้าไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อพิมพ์ออกมาเป็นภาพ หรือ สามารถนำไฟล์ภาพไปประมวลภาพเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ก็ได้ ซึ่งทางผู้วิจัยนั้น ได้ใช้กล้องดิจิตอลในการบันทึกภาพการเรืองแสงของฉากเรืองแสงเมื่อได้รับรังสีเอกซ์ แล้วนำไฟล์ภาพที่ได้ไปประมวลผลต่อไป

รูปที่3.4 แสดงกล้องดิจิตอลขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานปริญญานิพนธ์ครั้งนี้มีการเลือกใช้กล้องดิจิตอลเป็นกล้องเว็บแคม OKER รุ่น OKER WEB CAMERAS 177 ดังรูปที่ 3.5 มาเป็นตัวรับภาพถ่ายรังสี ซึ่งกล้องเว็บแคมเป็นตัวอย่างของกล้องดิจิตอลที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ที่ผู้คนมักใช้ในการติดต่อสื่อสารผ่านทางสังคมออนไลน์ในรูปแบบของสัญญาณภาพแบบเรียลไทม์ที่เป็นวิดีโอ ซึ่งคุณสมบัติในการถ่ายภาพวิดีโอได้ดี มีขนาดเล็กและราคาไม่สูงเหมือนกล้องดิจิตอลชนิดอื่น จึงเป็นเหตุผลในการเลือกกล้องดิจิตอลชนิดเว็บแคมมาใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างในการเลือกกล้องดิจิตอลเว็บแคมมาใช้สำหรับการทดลองคือ ค่าความละอียดที่กล้องสามารถถ่ายได้ เพราะจะทำให้ภาพที่ได้ออกมามีรายละเอียดที่ดีสามารถมองเห็นส่วนต่างๆชัดเจน คุณสมบัติต่อมาคือค่ารูรับแสงเพราะค่ารูรับแสงนั้นมีผลต่อความคมชัดของภาพหากเราใช้กล้องที่มีค่ารูรับแสงสูงมากๆ ภาพที่ได้ก็จะชัดทุกส่วน ทำให้เราไม่สามารถโฟกัสส่วนใดส่วนหนึ่งของภาพได้ และคุณสมบัติสุดท้ายก็คือ ความเร็วในการเก็บภาพเพราะการถ่ายภาพทางรังสีนั้น ระยะเวลาที่รังสีจะปรากฏให้เราเก็บภาพนั้นมีระยะเวลาที่น้อยมากการที่กล้องมีความสามารถในการเก็บภาพได้รวดเร็วนั้นก็จะทำให้ได้ภาพที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นซึ่งคุณสบัติต่างๆที่ได้กล่าวมาจะส่งผลให้ภาพถ่ายทางรังสีที่ได้นั้นมีคุณภาพ ซึ่งการที่ภาพจะมีคุณภาพที่ดีก็ต้องประกอบไปด้วยหลายปัจจัยไม่ได้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกล้องดิจิตอลเว็บแคมเพียงอย่างเดียว ซึ่งกล้องเว็บแคม OKER รุ่น OKER WEB CAMERAS 177 ที่เลือกมาใช้มีคุณสมบัติ ดังนี้ มีความคมชัดของภาพระดับ HD 1050P, มีความละเอียด 16ล้านพิกเซล, มีความเร็วในการจับภาพ 60เฟรมต่อวินาที และมีค่ารูปรับแสงที่ 2.0

รูปที่3.5 กล้องดิจิตอล OKER รุ่น OKER WEB CAMERAS 177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 หน่วยประมวลผลและแสดงผล

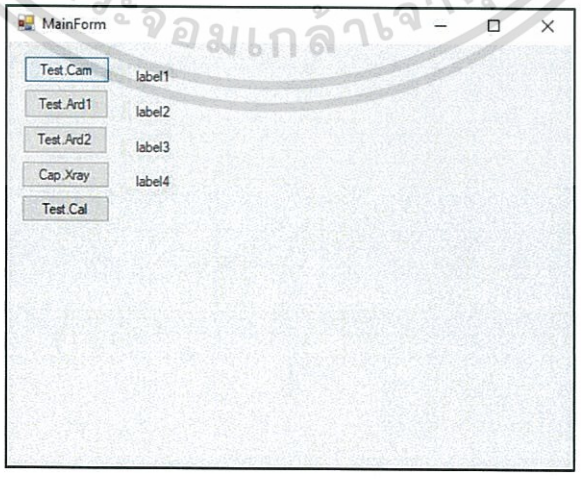
ในส่วนของหน่วยประมวลผลและแสดงผลของงานวิจัยนี้นั้นจะทำให้อยู่ในรูปของซอฟต์แวร์ โดยมีช่องทางที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้งาน เรียกหน้าต่างนี้ว่า user interface ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ผู้วิจัยได้ทำการเขียนขึ้นมานั้นจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนตัวควบคุมการทำงานของระบบตั้งแต่ควบคุมการเปิดปิดแหล่งกำเนิดรังสี การปล่อยพลังงาน ควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ชนิดเซอร์โวที่มีการติดตั้งแผ่นอะลูมิเนียมไว้ทำให้สามารถเลื่อนเปิดปิดได้ซึ่งการเลื่อนเปิดปิดแผ่นอะลูมิเนียมนั้นส่งผลให้ความเข้มของรังสีเอกซ์นั้นลดลงทำให้เกิดเป็นรังสีเอกซ์ 2 ระดับพลังงานเพราะระดับพลังงานขณะที่แผ่นอะลูมิเนียมมาปิดกั้น กับไม่ปิดนั้นมีค่าต่างกัน นอกจากนี้ ซอฟต์แวร์ที่ได้สร้างขึ้นยังทำหน้าที่ในการควบคุมการเปิดปิดของกล้องดิจิตอลที่ถูกติดไว้เผื่อใช้ในการบันทึกภาพขณะที่แผ่นเรืองแสงเรืองแสงซึ่งการติดต่อกับกล้องนั้นจะใช้ชุดคำสั่งของOpenCV (OpenCV เป็นชุดคำสั่งที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ให้สามารถประมวลผลภาพได้) หลังจากได้ไฟล์ภาพแล้วภายในซอฟต์แวร์นั้นได้มีชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความหนาแน่นมวลกระดูกตามกฎของแลมเบิร์ต-เบียร์ซึ่งหลังจากได้ค่าความหนาแน่นแล้วซอฟต์แวร์จะมีการนำภาพที่ได้จากการประมวลผลภาพพร้อมทั้งค่าความหนาแน่นมวลกระดูกที่ได้มาแสดงให้ผู้ใช้งานทราบ

รูปที่3.6 ภาพแสดงโปรแกรม visual studio ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

รูปที่3.7 แสดงชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาพที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

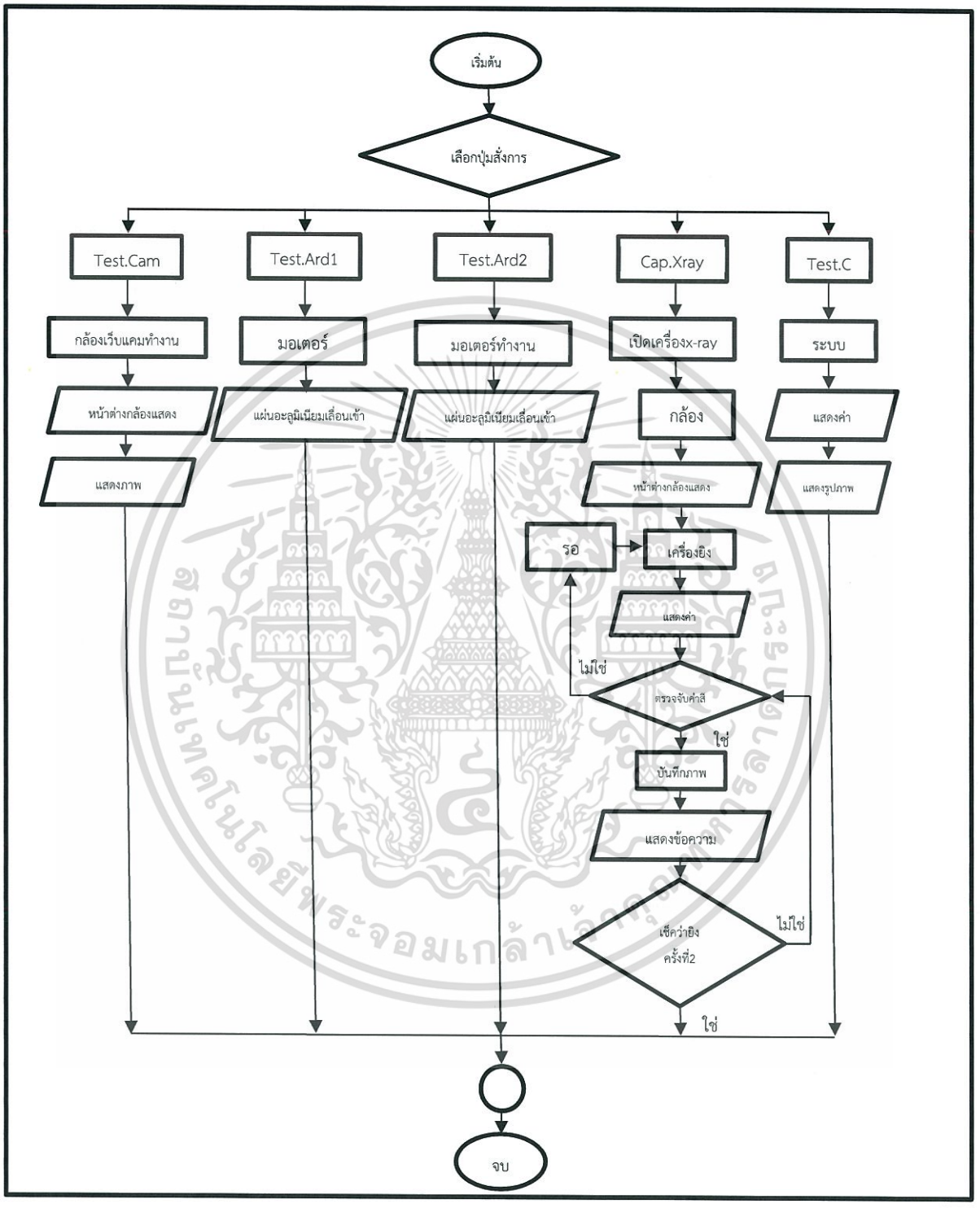
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปริญญานิพนธ์นี้ซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมานั้นมีคุณสมบัติในการควบคุมการทำงานทั้งควบคุมการเลื่อนเข้าออกของแผ่นอลูมิเนียมที่ทำให้เกิดการถ่ายภาพสองระดับพลังงาน ควบคุมการทำงานของกล้องดิจิตอลแบบเว็บแคมในการเปิดปิดการทำงานโดยจะเปิดกล้องไว้ในรูปแบบของวิดีโอเรียลไทม์เมื่อกล้องสามารถตรวจจับภาพรังสีได้ก็จะมีการบันทึกภาพขณะนั้นออกมาซึ่งมีการเขียนเงื่อนไขไว้ว่าเมื่อกล้องจับภาพที่มีค่าเฉลี่ยของสีสูงกว่ากำหนดให้กล้องทำการบันทึกภาพซึ่งเงื่อนไขของภาพพลังงานสูงและภาพพลังงานต่ำนั้นจะมีรูปแบบเดียวกันแต่จะแตกต่างกันที่ค่าสีที่กำหนดไว้เป็นขั้นต่ำซึ่งเมื่อได้ภาพถ่ายรังสีสองระดับพลังงานมา ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นจะมีปุ่มสำหรับการคำนวณค่าความหนาแน่นมวลกระดูกโดยการทำงานในปุ่มนี้จะเริ่มจากการนำภาพต้นฉบับที่ได้มาไปปรับปรุงโดยการใช้ฟิลเตอร์ในการกำจัดสิ่งรบกวนภายในภาพและมีการเปลี่ยนรูปแบบของภาพจะระบบภาพ3สีมาเป็นระบบภาพสีเทาเพราะจะได้นำไปคำนวณหาค่าความหนาแน่นต่อไป ซึ่งหลังจากที่เราเปลี่ยนระบบสีของภาพเหป็นระบบภาพสีเทาแล้วนั้นซอฟต์แวร์จะมีชุดคำสั่งในการคำนวณค่าความหนาแน่นมวลกระดูกซึ่งการคำนวณจะเป็นการไปดึงค่าข้อมูลมาแต่ละพิกเซลเมื่อได้ค่าที่คำนวณแล้วจะนำกลับไปใส่ไปในรูปผลลัพธ์เมื่อคำนวณครบทั่วทั้งภาพแล้วซอฟต์แวร์จะทำการแสดงภาพผลลัพธ์และค่าความหนาแน่นมวลกระดูกออกมา โดยสามารถดูตัวอย่างหน้าต่างการทำงานดังรูปที่ 3.8 และ การทำงานภายในโปรแกรม ดังรูปที่ 3.9



รูปที่3.8 หน้าต่างซอฟ์ตแวร์ต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.9 แผนภาพแสดงการทำงานของซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและสร้างเครื่องมือ

ในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้จัดทำได้มีการสร้างระบบการทำงานเสมือนจริงขึ้นภายในห้องทดลองโดยการได้มีการกระทำการภายในตู้ตะกั่วเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของรังสีโดยภายในตู้ตะกั่วได้มีการแบ่งออกเป็น3 ส่วน ดังนี้

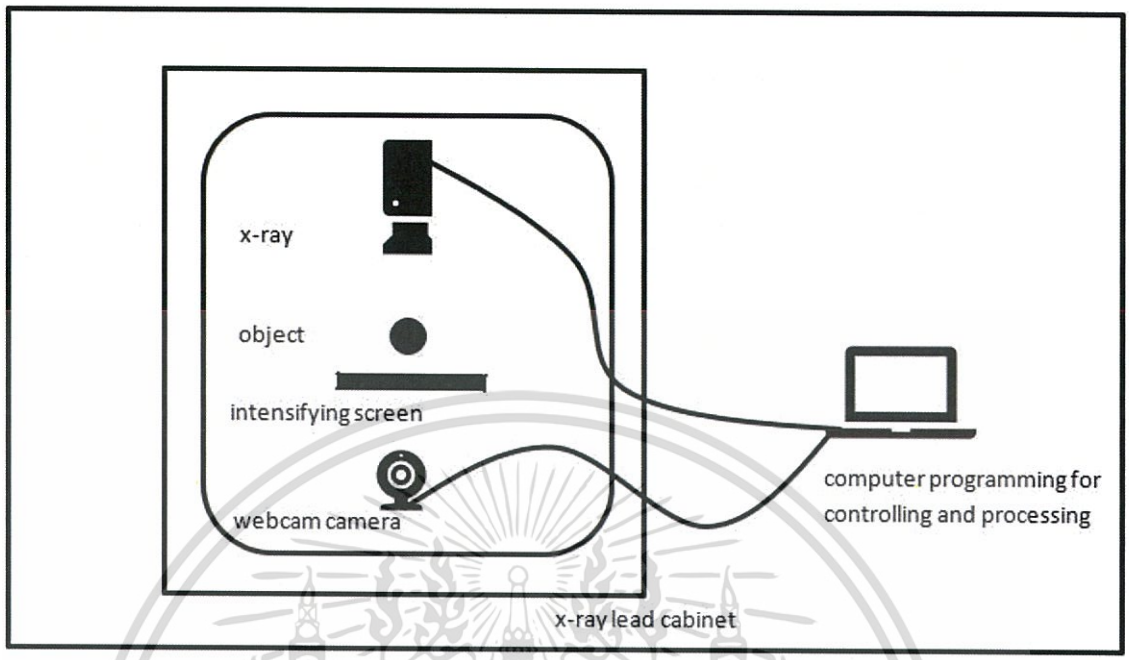
ส่วนบน เป็นตำแหน่งการวางของแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์และแผงควบคุมแหล่งจ่าย

ส่วนกลาง เป็นส่วนของแผ่นเรืองแสงรังสี โดยตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ใช้ในการวางวัตถุที่จะถูกฉายรังสี

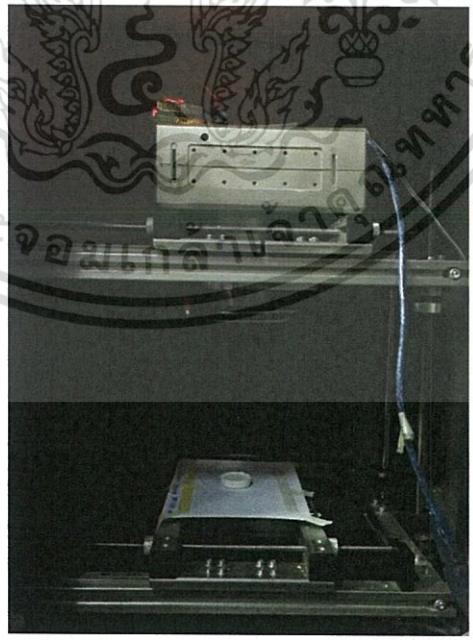
ส่วนล่าง เป็นตำแหน่งของกล้องดิจิตอลที่ทำหน้าที่ในการเก็บภาพของแสงที่เรืองอยู่ที่แผ่นเรืองแสงรังสี

ซึ่งในการออกแบบจะต้องมีการกำหนดระยะระหว่างแหล่งจ่ายรังสีเอกซ์และแผ่นเรืองแสงรังสีเพราะเนื่องจากแหล่งจ่ายรังสีจะยิงรังสีออกมาในรูปของทรงกรวย ซึ่งถ้าหากเราวางในตำแหน่งที่ใกล้กันเกินไปก็จะทำให้พื้นที่การโดนรังสีนั้นน้อยลงไปด้วย ซึ่งถ้าหากวางไกลจุดเหมาะสมก็จะไม่สามารถกำหนดพื้นที่ของรังสีได้ ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้มีการทดลองเพื่อหาระยะที่เหมาะสมในการยิงเพื่อให้ได้พื้นที่บนแผ่นเรืองแสงที่มากที่สุดโดยตำแหน่งที่เหมาะสมจะทำให้รังสีเอกซ์โดนทุกพื้นที่ของแผ่นเรืองแสง หลังจากได้ระยะที่เหมาะสมแล้วก็ต้องทำการหาระยะที่เหมาะสมระหว่างกล้องดิจิตอลซึ่งระยะตรงนี้มีส่วนสำคัญเช่นกันเพราะจะทำให้เราเห็นแสงที่เรืองในมุมแคบหรือกว้างซึ่งระยะที่เหมาะสมจะทำให้เราเห็นวัตถุที่เราฉายรังสีทั้งหมดซึ่งระยะที่เหมาะสมของระยะระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์และแผ่นเรืองแสงจะอยู่ที่ 22.5 เซนติเมตร และระยะระหว่างแผ่นเรืองแสงกับกล้องดิจิตอลจะอยู่ที่ 13 เซนติเมตร ซึ่งระบบของปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้จะถูกควบคุมผ่านซอฟต์แวร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น ซึ่งสามารถดูการออกแบบได้ดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.10 แผนภาพอธิบายการออกแบบชิ้นงาน



รูปที่3.11 แสดงภาพการจัดวางของแหล่งจ่ายรังสีและแผ่นเรืองเรืองแสงรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องวัดมวลกระดูก

3.4.1 การทดสอบความสม่ำเสมอของปริมาณรังสีเอกซ์

การทดสอบที่จะบอกถึงความสม่ำเสมอของรังสีที่ออกมาจากหน่วยกำเนิดรังสี และความสามารถในการเรืองแสงของฉากเรืองแสงโดยการทดลองนี้ทำได้โดยการยิงรังสีเอกซ์ลงไปที่ฉากรับโดยตรง แล้วนำภาพที่ได้ไปแสดงในรูปแบบของmeshซึ่งจะทำให้เราเห็นถึงความแตกต่างของระดับความเข้มของรังสีในแต่ละพิกเซลของรูป

3.4.2 การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของระดับความเข้มของรังสีเอกซ์

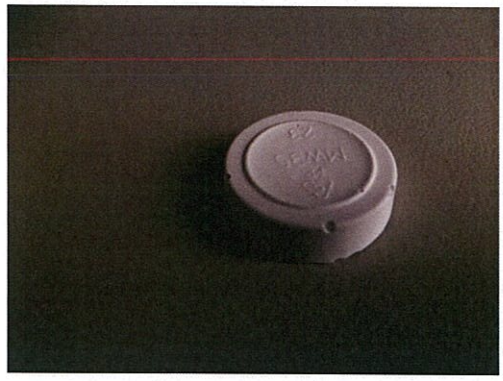
เป็นการทดสอบการลดลงของความเข้มรังสีเมื่อรังสีเคลื่อนที่ผ่าน step weight ซึ่ง step weight ทำมาจาก Aluminium ดังรูปที่ 3.12 ที่มีความหนาแตกต่างกันไป โดยในการทดสอบเราจะฉายรังสีเอกซ์ลงบนstep weight แล้วนำภาพที่ได้นั้นมาวิเคราะห์ความเข้มว่ามีการลดลงอย่างเป็นเชิงเส้นหรือไม่

รูปที่3.12 step weight

3.4.3 การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของเครื่องวัดมวลกระดูกกับเม็ดแคลเซียม

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบว่าเมื่อมีการจำลองแคลเซียมที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อนำมาทดสอบแล้วค่าความหนาแน่นมวลกระดูกที่หน่วยประมวลผลคำนวณตามกฎ ของ Lambert-Beer Lawมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือไม่ ซึ่งในการทดลองนี้ ได้มีการจำลองเม็ดแคลเซียมที่มีส่วนผสมของปูนปลาสเตอร์ 5 กรัม น้ำ 6 มิลลิลิตร และ แคลเซียมฟอตเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$) 1 กรัม, 2 กรัม ,3 กรัม, 4 กรัม และ 5 กรัม ตามลำดับ ซึ่งผลที่ควรได้คือค่าความหนาแน่นมวลกระดูกที่วัดได้นั้นควรมีค่ามากขึ้น เมื่อผสมส่วนผสมเสร็จจะได้เม็ดแคลเซียมดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.13 ภาพแสดงเม็ดแคลเซียม

3.4.4) การทดสอบความละเอียดของภาพที่ได้จากการฉายรังสี

การทดลองนี่เป็นการฉายรังสีลงบนฉาก Aluminium ที่มีช่องสเกลเล็กจำนวนมาก เรียกว่า line pair phantom radiography ดังรูปที่ 3.14 ซึ่งมักใช้ในการหาความละเอียดของภาพที่ได้จากการฉายรังสี โดยมีหน่วยในการวัดค่าความละเอียด คือ line pair per mm. โดยในการทดสอบนี่เราจะฉายรังสีลงบน line pair phantom radiography แล้วนำภาพที่ได้มาประมวลผลว่ามีความละเอียดเท่าไหร่ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ภาพไปประมวลในโปรแกรม Imagej >> Analyse >> Surface plot ซึ่งจะทำให้ได้กราฟออกมาซึ่งระดับที่แยกความละเอียดได้นั้น กราฟที่ได้จะมีหน้าตาเป็นรูปคลื่นแสดงระดับของพลังงาน

รูปที่3. 14 line pair phantom radiography

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 แผนการดำเนินโครงงาน

ข้อมูลด้านล่างเป็นแผนการดำเนินงานที่ผู้วิจัยได้วางแผนการทำงานตั้งแต่เดือน สิงหาคม 2560 ถึง เมษายน 2561 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่3.1ตารางแสดงแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	รายการ	ระยะเวลาดำเนินการ								
		2560					2561			
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.	ศึกษาหัวข้อโครงงาน	← →								
2.	พบอาจารย์ที่ปรึกษาและรายงานความก้าวหน้า	←								→
3.	นำเสนอหัวข้อโครงงาน	← →								
4.	วางแผนการทำโครงงาน	← →								
5.	ศึกษาเกี่ยวกับ DEXA และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	←								→
6.	เรียนรู้การสร้างหน้าต่างการทำงานในโปรแกรม Visual Studio C++ 2017		← →							
7.	เรียนรู้การใช้งาน OpenCVในการควบคุมกล้องดิจิตอลโดยใช้โปรแกรม		← →							
8.	เรียนรู้การทำงานและโครงสร้างของชิ้นงานรุ่นเก่า			←	→					
9.	ทดสอบคุณภาพของระบบรุ่นเก่า				← →					
10.	เรียนรู้การจับภาพถ่ายทางรังสี						←	→		
11.	เรียนรู้การปรับปรุงภาพ							← →		
12.	เรียนรู้การคำนวณหาค่าความหนาแน่นมวลกระดูก							←	→	
13.	ปรับปรุงระบบเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาด		←							→
14.	จัดทำรูปเล่มโครงงาน		←							→
15.	นำเสนอผลงาน									← →

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

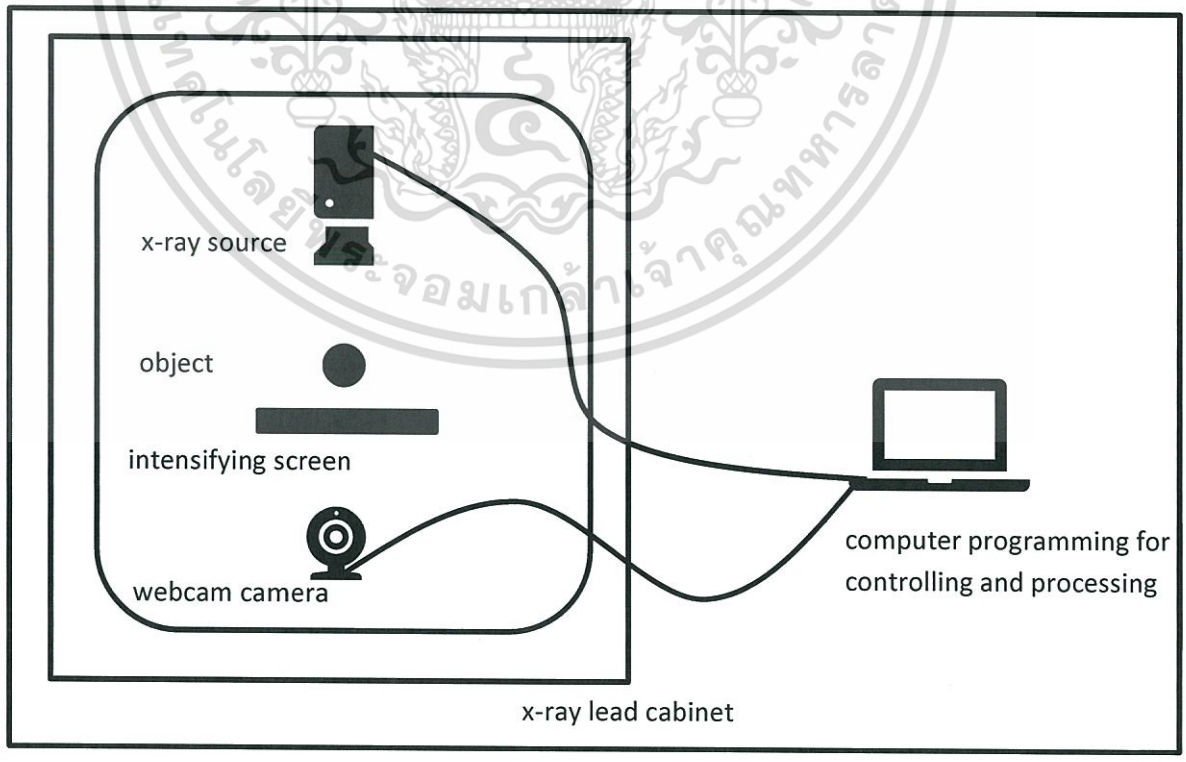
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในส่วนของการทดลองนานวิจัยชิ้นนี้ จะทำการทดลองระบบของเครื่องวัดความนหนาแน่นมวลกระดูกโดยใช้เทคนิคการฉายรังสีแบบสองระดับพลังงานและใช้กล้องดิจิตอลเป็นตัวรับภาพแทนตัวรับรังสีแบบสำเร็จรูป โดยในการทดลองในครั้งนี้จะทำการทดสอบความสม่ำเสมอ ความละเอียดของภาพเอ็กซ์เรย์จากตัวรับภาพที่เป็นกล้องดิจิตอล และการทดสอบการตอบสนองต่อปริมาณแคลเซียม

4.1 ระบบที่ใช้ในการทดลอง

ระบบที่ใช้นั้นจะเป็นระบบเสมือนจริงโดยการทดสอบเกิดขึ้นในตู้ที่มีการบุตะกั่วเพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากรังสีเอกซ์โดยในระบบจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน 1.) หัวจ่ายรังสีเอกซ์ 2.) แผ่นเรืองแสง (Intensifying screen) 3.) กล้องดิจิตอลที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับภาพ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่4. 1 แสดงรายละเอียดของระบบที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบคุณภาพของกล้องดิจิตอลที่ถูกใช้เป็นตัวรับภาพรังสี

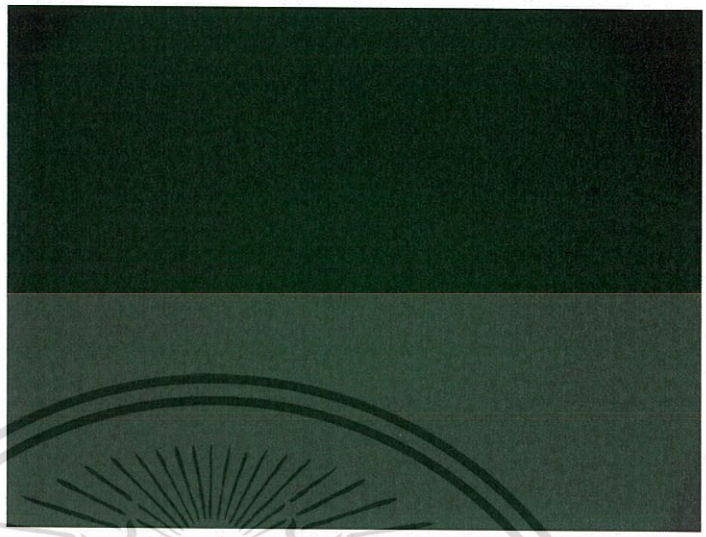
4.2.1 การทดสอบความสม่ำเสมอของรังสี

การทดสอบนี้จะเป็นตัวชี้วัดว่าทุกตำแหน่งที่รังสีกระทบจะมีปริมาณรังสีใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถทดสอบความสม่ำเสมอของรังสีได้จากการดูค่าความเข้มสีที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสี ซึ่ง การทดสอบค่าความสม่ำเสมอของรังสีนับว่าเป็นการทดสอบที่สำคัญเพราะหากภาพถ่ายรังสีมีความผิดพลาดที่เกิดจากความไม่สม่ำเสมอของรังสีจะส่งผลให้เมื่อนำภาพนี้ไปใช้ในการประมวลจะทำให้ผลการวินัจฉัยเกิดการผิดพลาด

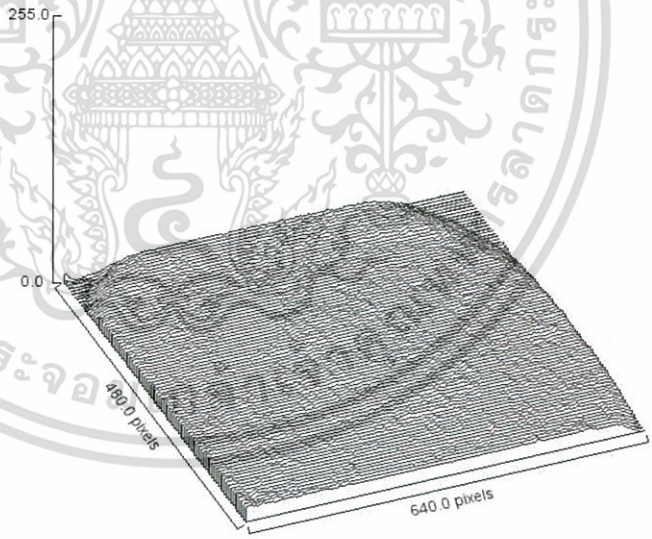
โดยการทดลองนี้จะเป็นการฉายรังสีเอกซ์ไปยังแผ่นเรืองแสงและกล้องดิจิตอลจะทำการจับภาพขณะที่แผ่นเรืองแสงมีการเรืองแสงขึ้น ซึ่งในการทดลองนี้จะไม่มีการใช้วัตถุที่เป็นตัวทดสอบวางไว้ตรงเพราะต้องการดูความสม่ำเสมองของรังสีบนภาพถ่าย ซึ่งในการทดสอบความสม่ำเสมอ เราจะใช้โปรแกรม ImageJ มาใช้ในการปรับปรุงภาพและประมวลผลภาพ โดยมีการเลือกใช้เครื่องมือmedian filter มาใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนภายในภาพ มีการแปลงภาพ เป็นภาพเป็นภาพ gray scale แล้วใช้คำสั่ง surface plot เพื่อแสดงผลความสม่ำเสมอของรังสีบนภาพดังรูปที่ 4.2 ซึ่งเมื่อนำไปกรองสัญญาณรบกวนจะได้รูปที่ 4.3

รูปที่4.2 ภาพถ่ายรังสีที่ใช้สำหรับการทดสอบความสม่ำเสมอของรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.3 แสดงภาพถ่ายรังสีที่ใช้สำหรับการทดสอบความสม่ำเสมอของรังสี



รูปที่4.4 กราฟแสดงความสม่ำเสมอของรังสี

จากผลการทดลองความสม่ำเสมอของรังสี เมื่อสังเกตในรูปที่ 4.4 จะพบว่าทุกบริเวณที่โดนรังสีจะมีค่าความเข้มรังสีใกล้คียงกันและมีความแตกต่างกันไม่มากส่วนในบริเวณที่ไม่โดนรังสีจะพบว่าค่าความเข้มของรังสีแตกต่างกันชัดเจนนับได้ว่าภาพที่ได้จากกล้องดิจิตอลที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับภาพมีปริมาณรังสีในบริเวณที่โดนรังสีสม่ำเสมอทั่วกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดสอบความละเอียดของภาพ

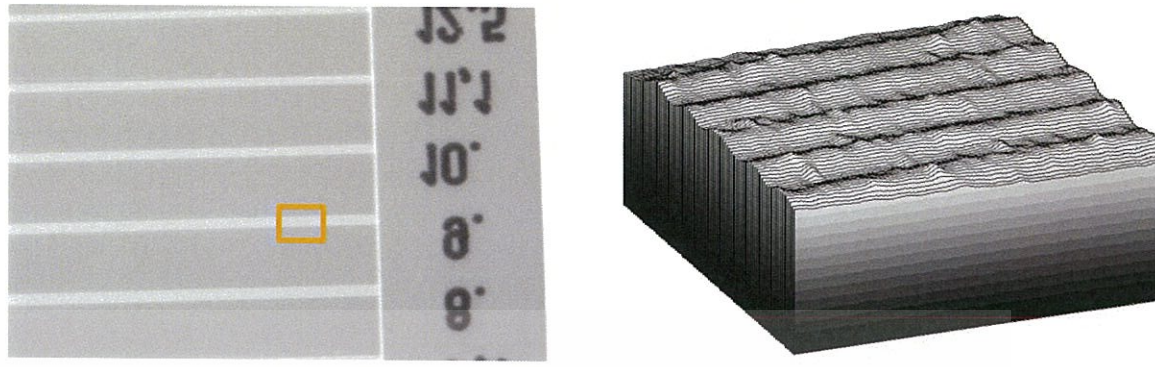
การทดสอบนี้เป็นการดูความสามารถในการแยกรายละเอียดของภาพที่มากจากกล้องดิจิตอลว่าสามารถแยกรายละเอียดได้มากน้อยแค่ไหนเมื่อเทียบกับตัวรับรังสีแบบสำเร็จรูปซึ่งในเครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูกนั้นค่าความระเอียดของภาพนับว่าเป็นค่าที่สำคัญเพราะจะเพิ่มความแม่นยำให้กับค่าความหนาแน่นมวลกระดูกมากยิ่งขึ้น

โดยการทดลองนี้จะเป็นการฉายรังสีเอกซ์ไปยังแผ่นเรืองแสงและกล้องดิจิตอลจะทำการจับภาพขณะที่แผ่นเรืองแสงมีการเรืองแสงขึ้น โดยจะมีการเลือกใช้ line pair phantom radiography ดังรูปที่ 4.5 มาเป็นวัตถุในการทดสอบความละเอียด ด้วยลักษณะของอุปกรณ์ชิ้นนี้นั้น จะมีลักษณะเป็นช่องเล็กๆที่มีความกว้างแตกต่างกันใช้ดูว่าภาพรังสีที่ได้สามารถแยกความระเอียดของเส้นตะกั่วได้ที่ความห่างเท่าไหร่ และเมื่อได้ภาพถ่ายของ line pair phantom radiography มาแล้วจะมีการนำไปประมวลผลในโปรแกรม ImageJ เพื่อตรวจสอบว่าภาพที่ได้จากกล้องดิจิตอลมีความละเอียดเท่าไหร่

รูปที่4.5 line pair phantom radiography

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

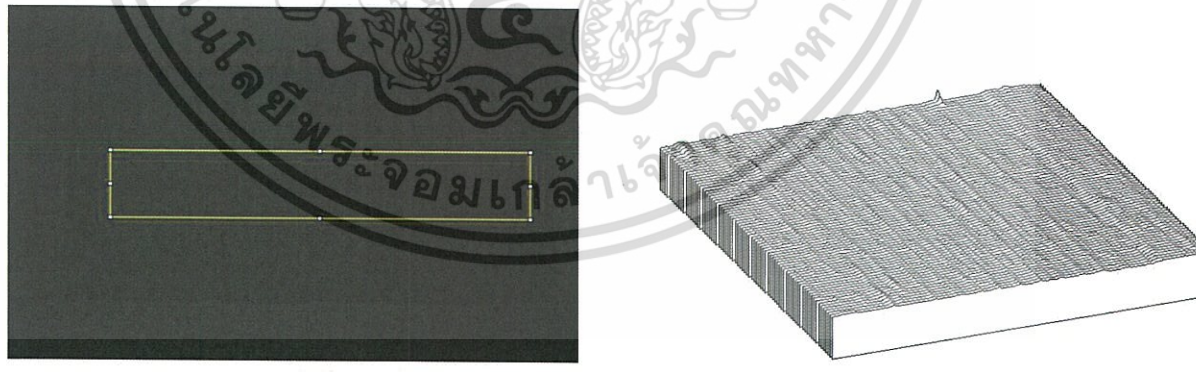
4.2.2.1 ค่าความละเอียดของภาพเมื่อใช้ตัวรับรังสีแบบสำเร็จรูป



รูปที่4.6 แสดงค่าความละเอียดของภาพเมื่อใช้ตัวรับรังสีแบบสำเร็จรูป

จากผลการทดลองจะเห็นว่าการใช้ตัวรับรังสีเอกซ์แบบสำเร็จรูปนั้นจะให้ค่าความละเอียดสูงถึง 0.9 line pair per mm. ซึ่งเมื่อนำภาพถ่ายรังสีบริเวณที่มีค่าความละเอียดที่ 0.9 line pair per mm.มาแสดงผลในรูปของกราฟพื้นผิว จะพบว่าพื้นผิวเป็นคลื่นแบบชัดเจนคือมีส่วนที่รังสีผ่านตะกั่วและส่วนที่ไม่ผ่านตะกั่วซึ่งจะให้ค่าความเข้มที่แตกต่างกันซึ่งตรงตามลักษณะของอุปกรณ์ที่นำมาทดสอบ สามารถดูได้จากรูปที่ 4.6

4.2.2.2 ค่าความละเอียดของภาพเมื่อใช้ตัวรับภาพเป็นกล้องดิจิตอล



รูปที่4. 7 แสดงค่าความละเอียดของภาพเมื่อใช้กล้องดิจิตอลเป็นตัวรับรังสี

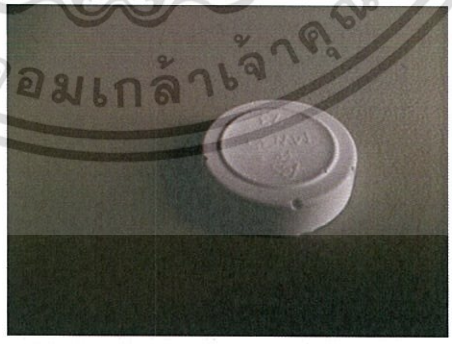
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองพบว่าการใช้กล้องดิจิตอลมาใช้เป็นตัวรับภาพ ผลปรากฏว่าการใช้กล้องดิจิตอลมาเก็บภาพรังสีนั้นภาพที่ได้มีความระเอียดค่อนข้างต่ำเพราะเมื่อนำไปวิเคราะห์เชิงพื้นผิวแล้วกราฟที่ได้ไม่สามารถแยกแยะบริเวณที่มีตะกั่วและไม่มีตะกั่ว ดังรูปที่4.7 ในแต่ละระดับของค่าความละเอียดจึงสามารถบอกได้ว่าภาพถ่ายรังสีที่ได้จากกล้องดิจิตอลมีความละเอียดต่ำซึ่งการที่ภาพมีความละเอียดต่ำนั้นอาจมีผลมาจากความละเอียดของแผ่นเรืองแสงรังสีก็เป็นได้

4.2.3 การทดสอบการตอบสนองต่อปริมาณแคลเซียม

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบว่าภาพถ่ายรังสีที่ได้จากกล้องดิจิตอลสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงแคลเซียมได้มากน้อยแค่ไหน เพราะเครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูกจะต้องสามารถบอกค่าความหนาแน่นมวลกระดูกที่แตกต่างกันได้เพื่อที่แพทย์สามารถนำผลไปวินิจฉัยต่อได้ว่ามีโอกาสเป็นโรคกระดูกพรุนมากน้อยแค่ไหน

โดยการทดลองนี้จะเป็นการฉายรังสีเอกซ์ไปยังแผ่นเรืองแสงและกล้องดิจิตอลจะทำการจับภาพขณะที่แผ่นเรืองแสงมีการเรืองแสงขึ้น มีการใช้เม็ดแคลเซียมดังรูปที่4.8มีปริมาณแคลเซียมที่แตกต่างกันมาใช้เป็นตัวทดสอบหาการตอบสนองต่อปริมาณแคลเซียมของภาพถ่ายรังสีที่ได้จากกล้องดิจิตอลซึ่งเป็นการเปรียบเทียบแทนกระดูก ซึ่งการทดลองนี้ได้ทำการทดสอบกับแคลเซียมที่มีปริมาณแคลเซียมแตกต่างกัน5ระดับ เป็นจำนวนทั้งหมด 3 ครั้ง ค่าBMC ที่วัดได้ปรากฏดังตารางที่ 4.1



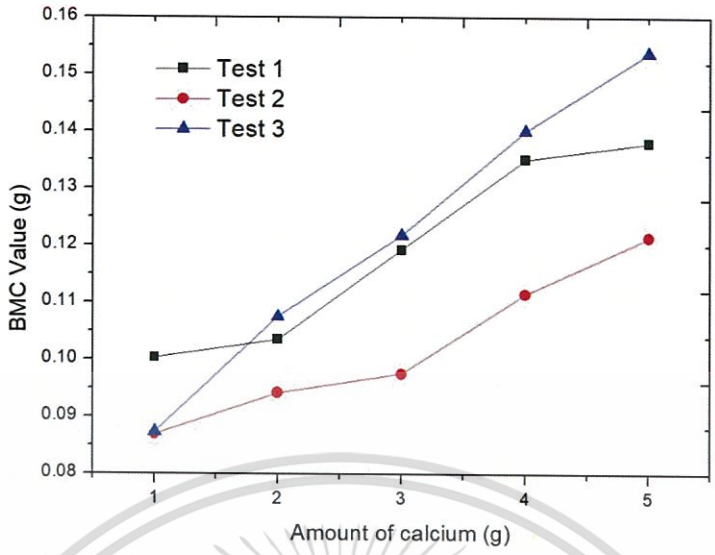
รูปที่4. 8 เม็ดแคลเซียมสำหรับการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.1 ตารางแสดงการตอบสนองต่อปริมาณแคลเซียมที่เปลี่ยนแปลง

ปริมาณแคลเซียม $(Ca_3(PO_4)_2)$	ค่า BMC		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1 กรัม	0.1004	0.0870	0.0874
2 กรัม	0.1036	0.0943	0.1076
3 กรัม	0.1193	0.0976	0.1219
4 กรัม	0.1352	0.1116	0.1401
5 กรัม	0.1381	0.1215	0.1538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



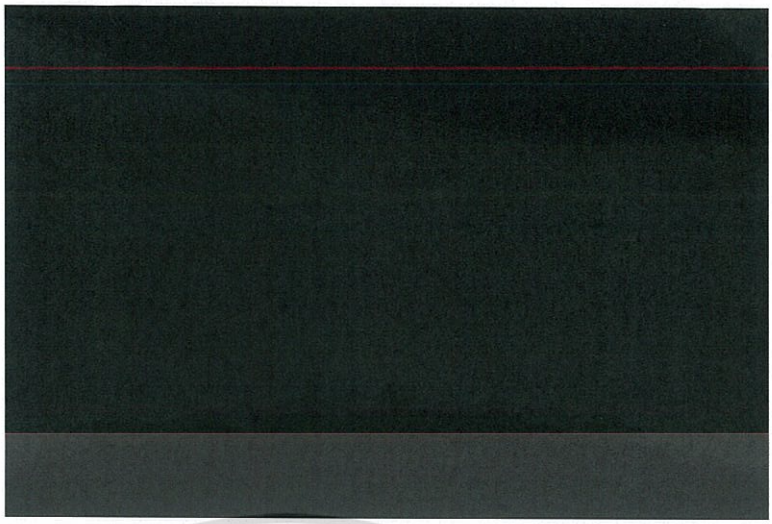
รูปที่4.9 กราฟแสดงตอบสนองปริมาณแคลเซียม

จากผลการทดลองค่าการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคลเซียมนั้นพบว่าการใช้กล้องดิจิตอลเป็นตัวรับภาพนั้นให้ผลการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงแคลเซียมนั้นเป็นแบบเชิงเส้นเมื่อวัตถุตัวอย่างมีปริมาณแคลเซียมมากขึ้นค่าความหนาแน่นมวลกระดูกก็มีค่ามากขึ้นตามไปด้วยซึ่งเมื่อทำการทดลองทั้ง 3 ครั้งแล้วนั้นพบว่าระบบยังมีการตอบสนองที่ดีต่อปริมาณแคลเซียมที่เปลี่ยนแปลงไป ดังแสดงรูปภาพที่ 4.9

4.3 การทดสอบการฉายรังสีบริเวณข้อมือ

เนื่องจากเดิมบริเวณที่ทำการฉายรังสีคือบริเวณนิ้วมือ ซึ่งการเลือกใช้นิ้วมือเป็นตำแหน่งในการหาค่าความหนาแน่นมวลกระดูกนั้นให้ค่าได้ไม่แม่นยำเท่ากับข้อมือแต่เนื่องด้วยการใช้ตัวรับรังสีเอกซ์แบบสำเร็จรูปนั้นมีขนาดเล็กทำให้ไม่สามารถตรวจวัดค่าความหนาแน่นมวลกระดูกบริเวณข้อมือได้ แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ตัวรับเป็นกล้องดิจิตอลแล้วนั้นพื้นที่ในการเก็บภาพมีเยอะขึ้น หากการเปลี่ยนมาใช้ตัวรับเป็นกล้องดิจิตอลสามารถเก็บภาพกระดูกบริเวณข้อมือได้ก็จะทำให้ค่าความหนาแน่นมวลกระดูกแม่นยำและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4. 10 รูปภาพแสดงภาพฉายรังสีของข้อมือ เมื่อใช้กล้องดิจอตอลเป็นตัวรับภาพ

จากการทดลองพบว่าการใช้กล้องดิจิตอลเป็นตัวเก็บภาพไม่สามารถเก็บเก็บของข้อมือได้ดีเท่าที่ควร จากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าเราไม่สามารถเห็นภาพของกระดูกที่ได้จากการถ่ายรังสีได้ ซึ่งอาจเกิดจากการที่หัวจ่ายรังสีเอกซ์อาจมีพลังงานน้อยเกินไปทำให้ไม่สามารถทะลุผ่านกระดูกข้อมือได้ ซึ่งต่างจากการที่ใช้นิ้วมือเป็นวัตถุ ซึ่งเราสามารถมองเห็นกระดูกข้อต่างๆในนิ้วมือได้ตามรูปที่ 4.11

รูปที่4. 11 รูปภาพแสดงภาพฉายรังสีของนิ้วมือ เมื่อใช้กล้องดิจอตอลเป็นตัวรับภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจากตัวรับรังสีแบบสำเร็จรูปในเครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูกมาเป็นกล้องดิจิตอลเพื่อลดราคาต้นทุนในการผลิตเครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูก ผลปรากฏว่าเครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูกที่ใช้กล้องดิจิตอลเป็นตัวรับภาพทำให้ภาพที่ได้ในบริเวณที่สัมผัสกับรังสีจะมีค่าความเข้มที่สม่ำเสมอกัน และ การใช้กล้องดิจิตอลเป็นตัวรับภาพนั้นภาพถ่ายรังสีที่วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคลเซียมเมื่อถูกนำไปคำนวนหาค่าความหนาแน่นมวลกระดูกผลปรากฏว่าค่าความหนาแน่นมวลกระดูกมีการตอบสนองที่สอดคล้องกับปริมาณแคลเซียมที่เปลี่ยนแปลงไป แต่หากดูผลการทดสอบด้านความละเอียดของภาพที่ได้แล้วนั้นพบว่าการใช้กล้องดิจิตอลเป็นตัวรับภาพนั้นไม่สามารถให้ความละเอียดได้เท่ากับตัวรับภาพรังสีแบบสำเร็จรูปซึ่งการที่ภาพที่ได้อาจมีผลมาจากความละเอียดของแผ่นเรืองแสงและกล้องดิจิตอลที่เลือกใช้

การเลือกใช้กล้องดิจิตอลมาเป็นตัวรับภาพแทนตัวรับภาพรังสีแบบสำเร็จรูปนั้นเพื่อจุดประสงค์ที่ว่าต้องการลดราคาของเครื่องวัดค่าความหนาแน่นมวลกระดูกมีแนวโน้มที่จะเป็นไปได้เพราะอย่างน้อยภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอลมีการตอบสนองต่อปริมาณแคลเซียมที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งหากมีการนำไปใช้ในผู้ป่วยที่มีปริมาณแคลเซียมในกระดูกที่แตกต่างกันค่าที่ได้ก็ย่อมที่จะแตกต่างกันซึ่งค่านี้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ของการเลือกใช้กล้องดิจิตอลเป็นตัวรับภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเลือกใช้กล้องดิจิตอลมาเป็นตัวรับภาพถ้าเลือกกล้องที่มีค่าความละเอียดที่สูงและค่ารูรับแสงที่กว้างอาจจะทำได้ภาพที่ชัดและคมมากกว่านี้เพราะคุณสมบัติของรูปรับแสงที่กว้างจะทำให้ได้ภาพที่คมมากกว่าภาพที่รูรับแสงแคบ

2. ด้วยข้อจำกัดในการทำวิจัยในครั้งนี้คือแผ่นเรืองแสงไม่สามารถเลือกรูปแบบได้ทำให้ได้แผ่นเรืองแสงที่มีความละเอียดค่อนข้างต่ำจึงส่งผลให้ภาพที่ได้มีความละเอียดต่ำทำให้ภาพสูญเสียรายละเอียดในบางจุดไป

3. ในการทดสอบการตอบสนองต่อปริมาณแคลเซียมนั้นจะเห็นว่าในการทดสอบทั้ง 3 ครั้งเม็ดแคลเซียมที่มีปริมาณ ($Ca_3(PO_4)_2$) เท่ากันนั้นจะมีค่าแตกต่างกันทางผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าความคลาดเคลื่อนในจุดนี้เกิดจากอายุการใช้งานของหลอดรังสีเอกซ์ที่นำมาใช้เป็นแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์เพราะเมื่อถูกฉายรังสีในแต่ระรอบที่ระยะเวลาต่างกันไม่มากจะพบว่าปริมาณรังสีที่ถูกฉายออกมาได้เปลี่ยนแปลงไปเมื่อนำภาพที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยสีของภาพ ซึ่งถ้าหากสามารถเปลี่ยนหลอดรังสีเอกซ์ให้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้จะทำให้ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกันมากยิ่งขึ้นเมื่อมีการทดสอบซ้ำ

4. ในการทำวิจัยชิ้นนี้ควรจัดสถานที่ให้สะดวกแก่การทำวิจัยไม่คับแคบมากเกินไปซึ่งจะส่งผลให้การจัดระยะต่างๆทำให้สะดวกมากยิ่งขึ้นซึ่งอาจทรงผลให้ตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นซึ่งสุดท้ายอาจส่งผลถึงความละเอียดของภาพถ่ายรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Yutthana Pititheerapab (2007): “Bone and calcium density measurements using a dual energy x-ray.”

[2] Yuttachon Promworn (2014): “Development or portable bone mineral density measurement at a finger joint system using a dual energy X-ray."

[3] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว http://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=9&chap=7&page=t9-7-infodetail05.html

[4] Radiological Society of North America, Inc. (RSNA) https://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=dexa

[5] National Osteoporosis Foundation https://www.nof.org/patients/what-is-osteoporosis/

[6] Gluer CC, Jergas M, Hans D. Peripheral measurement techniques for the assessment of osteoporosis. Semin Nucl Med 1997

[7] Wasnich RD. Perspective on fracture risk and phalangeal bone mineral density. J Clin Densitometry 1998

[8] van Kuijk C, Genant HK. Radiogrammetry and radiographic absorption. In:Genant HK, Guglielmi G, Jergas M, eds.Bone densitometry and osteoporosis. Springer-Verlag:Berlin, Germany, 1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้