



รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

การประเมินรังสีกระเจิงที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการตรวจจากเครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูก
ในกระดูกสันหลังและกระดูกส่วนปลาย

Determination of scattered radiation dose from Dual Energy X-ray
Absorptiometry (DXA) and Peripheral Bone Mineral Density (pBMD)

โดย

รองศาสตราจารย์ มานัส มงคลสุข

สนับสนุนโดย

สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต

2566



รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

การประเมินรังสีกระเจิงที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการตรวจจากเครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูก
ในกระดูกสันหลังและกระดูกส่วนปลาย

Determination of scattered radiation dose from Dual Energy X-ray
Absorptiometry (DXA) and Peripheral Bone Mineral Density (pBMD)

โดย

รองศาสตราจารย์ มานัส มงคลสุข

สนับสนุนโดย

สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต

2566

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะวิจัยขอขอบพระคุณ คณะที่มอาจารย์คณะรังสีเทคนิค มหาวิทยาลัยรังสิต และคณะรังสีเทคนิคที่อำนวยความสะดวกทั้งสถานที่และอุปกรณ์ เครื่องมือ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

รองศาสตราจารย์ มานัส มงคลสุข

หัวหน้าโครงการวิจัย



ชื่อเรื่อง: การประเมินรังสีกระเจิงที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการตรวจจากเครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูกในกระดูกสันหลังและกระดูกส่วนปลาย

ผู้วิจัย: รองศาสตราจารย์ มานัส มงคลสุข

สถาบัน: คณะรังสีเทคนิค มหาวิทยาลัยรังสิต

ปีที่พิมพ์: 2566

สถานที่พิมพ์: มหาวิทยาลัยรังสิต

แหล่งที่เก็บรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: มหาวิทยาลัยรังสิต

จำนวนหน้างานวิจัย: 47 หน้า

คำสำคัญ: ปริมาณรังสี, รังสีกระเจิง, หุ่นจำลอง, ความหนาแน่นของมวลกระดูก, ความปลอดภัยในการใช้งาน

ลิขสิทธิ์: มหาวิทยาลัยรังสิต

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้หุ่นจำลองในการวัดปริมาณรังสีจากเครื่อง DEXA และ pBMD โดยเปรียบเทียบกับการใช้หุ่นจำลองเล็กน้อย โดยเฉพาะที่ระยะ 0 และ 25 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มีปริมาณรังสีสูงสุด การเพิ่มขึ้นของปริมาณรังสีนี้เกิดจากรังสีกระเจิงที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีวัตถุอยู่ในเส้นทางของรังสี การทดลองนี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการเลือกวัสดุและตำแหน่งของหุ่นจำลองที่เหมาะสม เพื่อให้การวัดมีความแม่นยำและถูกต้อง นอกจากนี้ การวางแผนและการป้องกันรังสีมีความสำคัญในการลดความเสี่ยงจากรังสีที่ไม่จำเป็น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงเครื่องมือวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกและเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องมือทางการแพทย์ในอนาคต อีกทั้งยังช่วยให้การตรวจผู้ป่วยมีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

Title: Determination of scattered radiation dose from Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) and Peripheral Bone Mineral Density (pBMD)
Researcher: Manus Mongkolsuk
Institution: Faculty of Radiologic Technology, Rangsit University
Year of Publication: 2024
Publisher: Rangsit University
Sources: Rangsit University
No. of pages: 47 pages
Keywords: Radiation dose, Scatter radiation, Phantom, Bone mineral density, Safety in use
Copyrights: Rangsit University

Abstract

This research aims to study the impact of using phantoms in measuring radiation doses from DXA and pBMD machines, compared to not using phantoms. The results show that the radiation dose measured with phantoms is slightly higher than without them, particularly at distances of 0 and 25 centimeters, which are the distances with the highest radiation doses. This increase in radiation dose is due to the scatter radiation that increases when an object is in the path of the radiation. The experiment highlights the importance of selecting appropriate materials and positions for the phantoms to ensure accurate and precise measurements. Additionally, planning and radiation protection are crucial in reducing unnecessary radiation risks, which can affect the operators. The data from this research will be beneficial in improving bone density measuring instruments and enhancing the safety of medical device usage in the future. It also helps ensure that patient examinations are more efficient and safer.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
สมมุติฐานของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	9
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	11
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	11
การเก็บรวบรวมข้อมูล	12
การวิเคราะห์ข้อมูล	12
บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปรายผล	13
บทที่ 5 สรุป วิวิจารณ์ และข้อเสนอแนะ	28
สรุป	28
วิจารณ์	29
ข้อเสนอแนะ	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	35
ประวัติผู้วิจัย	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ของเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ที่ระยะทางต่างๆ	16
2. ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ของเครื่อง peripheral Bone Mineral Density, pBMD ที่ระยะทางต่างๆ	18
3. ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ของเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ที่ระยะทางต่างๆ (มีหุ่นจำลอง)	20
4. ตารางที่ 4 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ของเครื่อง peripheral Bone Mineral Density, pBMD ที่ระยะทางต่างๆ (มีหุ่นจำลอง)	22
5. ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ของเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ที่ระยะทางต่างๆ แบบมีหุ่นจำลองและไม่มีหุ่นจำลอง	24
6. ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ของเครื่อง peripheral Bone Mineral Density, pBMD ที่ ระยะทางต่างๆ แบบมีหุ่นจำลองและไม่มีหุ่นจำลอง	24



สารบัญรูป

ภาพที่	หน้า
1. กรอบแนวคิดในการวิจัย	3
2. Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA)	6
3. เครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกส่วนปลาย (Peripheral BMD (pBMD)	7
4. เครื่องวัดความหนาแน่นของมวล (a) Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) (GE) (b) Peripheral BMD (pBMD) (OsteoSys, EXA-3000, Korea)	9
5. เครื่องตรวจวัดปริมาณรังสีไกเกอร์ (Geiger Muller counter) ชนิดหัววัดแบบแก๊ส (Gas detector)	10
6. หุ่นจำลองสำหรับใช้ทำการทดลองวัดประเมนรังสีที่เกิดขึ้นจริง (a) Whole body phantom (b) Hand phantom	10
7. แสดงตำแหน่งที่วัดปริมาณรังสีกระดูก ๓ ตำแหน่งและมุมต่างๆ	11
8. ทีมวิจัยเริ่มวางแผนและสอบเทียบอุปกรณ์รวมถึงวัดปริมาณรังสีกระดูก	14
9. ปริมาณรังสีกระดูก ($\mu\text{Sv/h}$) จากเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry)	16
10. ปริมาณรังสีกระดูก ($\mu\text{Sv/h}$) จากเครื่อง pBMD (peripheral Bone Mineral Density, pBMD)	19
11. ปริมาณรังสีกระดูก ($\mu\text{Sv/h}$) จากเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) (ไม่มีหุ่นจำลอง)	21
12. ปริมาณรังสีกระดูก ($\mu\text{Sv/h}$) จากเครื่อง pBMD (peripheral Bone Mineral Density, pBMD) (ไม่มีหุ่นจำลอง)	23
13. ปริมาณรังสีกระดูก ($\mu\text{Sv/h}$) จากเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ที่ระยะ (a) 0 cm, (b) 25 cm	25
14. ปริมาณรังสีกระดูก ($\mu\text{Sv/h}$) จากเครื่อง pBMD (peripheral Bone Mineral Density, pBMD) ที่ระยะ (a) 0 cm, (b) 25 cm	26

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคกระดูกพรุนเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชากรทั่วโลก รองจากกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ทำให้ประเทศต้องสูญเสียงบประมาณในการรักษาจำนวนมาก ดังนั้นการป้องกันโรคโดยการตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุด สามารถทำนายความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักได้ในอนาคต ในปัจจุบันเทคโนโลยีการตรวจความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ถือเป็นการตรวจมาตรฐาน (Gold Standard) และเป็นที่ยอมรับ มีความน่าเชื่อถือสูง คือ เครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก (Dual Energy X-ray Absorptiometry, DXA) โดยใช้รังสีเอกซ์ (X-ray) ที่มีพลังงานต่างกัน 2 ระดับพลังงาน ซึ่งรังสีเอกซ์เป็นรังสีที่มีพลังงานสูงสามารถทำให้อะตอมของตัวกลางที่รังสีนั้นวิ่งผ่าน เกิดการแตกตัวเป็นประจุทั้งทางตรงและทางอ้อม ก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายได้ หากเกินขีดจำกัดปริมาณรังสี (Dose limit)

ทำให้ในปัจจุบันเครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกส่วนปลาย (peripheral Bone Mineral Density, pBMD) เข้ามามีบทบาทช่วยในการวินิจฉัยโรคมากขึ้น เนื่องจาก เครื่องมือมีราคาถูก ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่ำ มีขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวกและสามารถนำมาใช้ได้ตามโรงพยาบาลทั่วไปหรือใช้สำหรับการตรวจนอกพื้นที่ได้ แต่จากการทบทวนวรรณกรรมของผู้วิจัย ยังไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับการวัดปริมาณรังสีกระเจิงของเครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกส่วนปลาย (Peripheral DEXA, pDEXA) ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษากการวัดปริมาณรังสีกระเจิงที่มุมและระยะต่างๆ ระหว่างเครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก (Dual Energy X-ray Absorptiometry, DXA) และความหนาแน่นของมวลกระดูกส่วนปลาย (pBMD) หากผลลัพธ์ในการวัดปริมาณรังสีกระเจิงระหว่างเครื่อง DXA และ pBMD มีค่าที่ยอมรับได้ว่าผู้ปฏิบัติงานจะปลอดภัยจากรังสีในระหว่างปฏิบัติงานโดยไม่ต้องใช้เครื่องกำบังรังสี ผู้วิจัยจึงคิดว่าการศึกษานี้เป็นประโยชน์รวมถึงองค์ความรู้ทางรังสีวิทยา รวมถึงข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปตีพิมพ์ในวารสารทางรังสีวิทยาซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อองค์กรและมหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาและวัดค่าปริมาณรังสีกระดูกในกระดูกและทิศทางต่างๆบริเวณรอบ เครื่อง Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) และ Peripheral BMD (pBMD) รวมถึงทำนายพฤติกรรมการป้องกันรังสีแก่ผู้ปฏิบัติงานระหว่างปฏิบัติงาน

สมมติฐานของการวิจัย

ค่าปริมาณรังสีกระดูกในกระดูกและทิศทางต่างๆบริเวณรอบ เครื่อง Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) และ Peripheral BMD (pBMD) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Acceptable dose) ตามหลัก International Commission on Radiological Protection (ICRP) รวมถึงปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานระหว่างปฏิบัติงานหรือไม่

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง: -

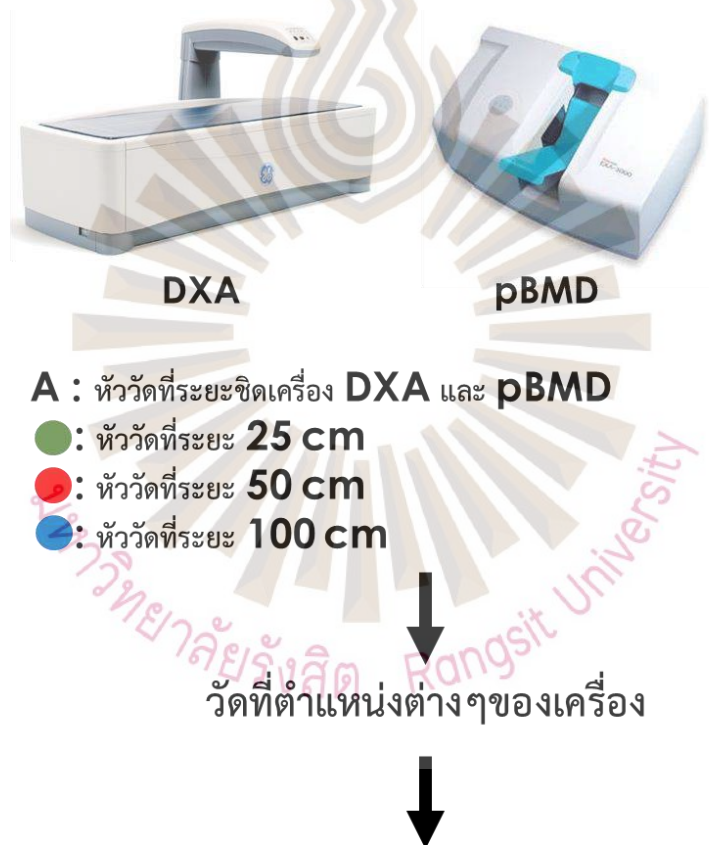
ระยะเวลาในการทดลอง: 12 เดือน

งบประมาณ: 90,000 บาท

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง: การทดลองนี้ใช้หุ่นจำลองในการวัดปริมาณรังสีจากเครื่อง DEXA และ pBMD โดยทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับการไม่ใช้หุ่นจำลอง หุ่นจำลองที่ใช้ทำจากวัสดุที่มีคุณสมบัติและความหนาแน่นใกล้เคียงกับร่างกายมนุษย์ เพื่อให้การทดลองมีความสมจริงและผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือ โดยทำการวัดปริมาณรังสีที่ระยะต่างๆ การตั้งค่าเครื่องมือวัดถูกปรับให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการทดลองนี้ เพื่อให้การวัดปริมาณรังสีมีความแม่นยำและสอดคล้องกับการใช้งานจริงในสถานการณ์ตรวจผู้ป่วย ทั้งนี้ เพื่อศึกษาผลกระทบของรังสีกระดูกและวิเคราะห์ความถูกต้องของการวัดปริมาณรังสีในสถานการณ์ที่มีวัตถุหรือผู้ป่วยอยู่ในเส้นทางรังสี ผลการทดลองที่ได้จะช่วยให้การปรับปรุงเครื่องมือวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นในการใช้งานจริง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

เป็นการประเมินรังสีกระเจิงที่เกิดขึ้นกับระหว่างการตรวจโดยใช้เครื่องวัดมวลกระดูก เครื่อง Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) และ Peripheral BMD (pBMD) โดยใช้เครื่องตรวจวัดปริมาณรังสี (Survey meter) ชนิดหัววัดแบบแก๊ส (Geiger Muller counter) โดยการทดลองนี้ได้ใช้หุ่นจำลองแทนการใช้ผู้ปฏิบัติงานจริง จากนั้นทำการประเมินหาระดับปริมาณรังสีและเปรียบเทียบระหว่างเครื่องวัดมวลกระดูก รวมถึงเปรียบเทียบกับระดับปริมาณรังสีที่ปลอดภัยที่กำหนดโดย International Commission on Radiological Protection (ICRP) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

โรคกระดูกพรุน	หรือ Osteoporosis เป็นภาวะที่ความหนาแน่นและความแข็งแรงของกระดูกลดลง ทำให้กระดูกเปราะบางและมีความเสี่ยงต่อการหักเพิ่มขึ้น โรคนี้มักเกิดขึ้นบ่อยในผู้สูงอายุ โดยเฉพาะในผู้หญิงหลังวัยหมดประจำเดือน
เครื่องตรวจวัดมวลกระดูก	เครื่องตรวจวัดมวลกระดูก หรือ Bone Densitometer เป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ใช้สำหรับวัดความหนาแน่นของกระดูกเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) และปัญหาอื่นๆ เกี่ยวกับกระดูก การตรวจนี้มักเรียกว่า DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) หรือ DEXA Scan
เอกซเรย์	รังสีแม่เหล็กไฟฟ้ามีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 5×10^{-9} เมตร ถึง 6×10^{-12} เมตร มีอำนาจการทะลุผ่านสูง สามารถเคลื่อนที่ทะลุผ่านสิ่งกีดขวางหนาๆ และประยุกต์นำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ ทางอุตสาหกรรม เป็นต้น
รังสี	พลังงานที่แผ่มาจากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่งซึ่งอาจสามารถทะลุผ่านวัตถุชนิดต่าง ๆ ได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษานี้จะทราบถึงผลลัพธ์ในการวัดปริมาณรังสีกระเจิงจากเครื่อง เครื่อง Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) และ Peripheral BMD (pBMD) ส่งผลให้สามารถทราบแนวทางในการป้องกันรังสีแก่ผู้ปฏิบัติงานระหว่างปฏิบัติงาน ว่ามีค่ายอมรับได้ว่าปลอดภัยจากรังสีในระหว่างปฏิบัติงานหรือไม่ หรือต้องใช้เครื่องกำบังรังสี ผู้วิจัยจึงคิดว่าการศึกษานี้เป็นประโยชน์ รวมถึงองค์ความรู้ในงานศึกษาวิจัยนี้จะสามารถต่อยอดในการพัฒนาแนวทางการป้องกันรังสีรวมถึงวัสดุป้องกันรังสี และสามารถเผยแพร่ในวารสารต่างประเทศได้ ซึ่งเป็นประโยชน์โดยตรงต่อการสร้างสรรคงานวิจัยและประโยชน์ต่อมหาวิทยาลัย

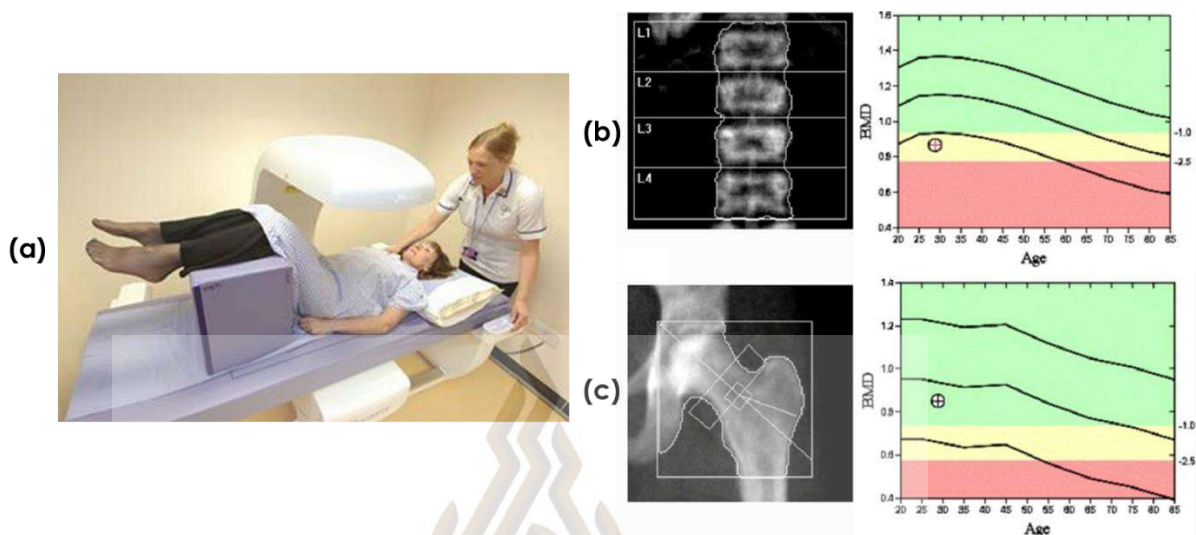
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โรคกระดูกพรุนเป็นโรคกระดูกที่เกิดขึ้นทั่วร่างกาย (Systemic skeletal disease) ซึ่งมีมวลกระดูกต่ำ (low bone mass) ร่วมกับการเสื่อมของโครงสร้างระดับจุลภาพของกระดูก (micro architecture deterioration) ส่งผลให้กระดูกมีความเปราะบางและหักง่าย ตามที่องค์การอนามัยโลกได้ให้นิยามไว้ (Mupparapu & Akintoye, 2023) และได้กำหนดเกณฑ์ในการวินิจฉัยโดยอาศัยการตรวจความหนาแน่นของกระดูก (Eirini, Nikolaos, Papadopoulou, & Georgios, 2022) ซึ่งโรคกระดูกพรุนเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่มีแนวโน้มสูงในทุกภูมิภาคของโลกรวมทั้งประเทศไทย โดยโรคกระดูกพรุนจะทำให้ผู้ป่วยกระดูกหักได้ง่าย นำมาซึ่งภาวะทุพพลภาพทำให้ไม่สามารถกลับไปดำรงชีวิตได้ปกติ และอาจเกิดภาวะแทรกซ้อนทำให้เสียชีวิตได้ ซึ่งโรคกระดูกพรุนเป็นโรคเรื้อรังที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากประชากรผู้สูงอายุเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้การเกิดกระดูกหักจากโรคกระดูกพรุนจะส่งผลให้อัตราการตายเพิ่มมากขึ้นอย่างมาก โดยพบว่าผู้หญิงอายุ 50 ปีขึ้นไป ที่มีกระดูกสะโพกหักมีอัตราการตายมากกว่าวัยเดียวกันที่ไม่มีกระดูกสะโพกหัก (Charoenngam & Pongchaiyakul, 2023) รวมถึงภาวะกระดูกหักส่งผลต่อภาวะสุขภาพของคนภายในประเทศและสูญเสียงบประมาณในการรักษาเป็นจำนวนมาก (Saisirivechakun et al., 2022)

การตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกตามช่วงอายุ จึงเป็นตัวบ่งชี้ข้างต้นของสุขภาพที่จะช่วยให้การป้องกันกระดูกหักหรือภาวะเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยการตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูกเป็นการใช้รังสีเอกซ์ปริมาณต่ำ ซึ่งจะตรวจบริเวณต่างๆของร่างกาย เช่น สะโพก มือ หรือเท้า เพื่อบ่งบอกการสูญเสียแร่ธาตุในกระดูกและความหนาแน่นของกระดูก (de Oliveira et al., 2022) หากความหนาแน่นของกระดูกลดลง ความเสี่ยงต่อการที่กระดูกหักจะเพิ่มขึ้น ซึ่งมีประโยชน์ในการประเมินความน่าจะเป็นของการแตกหักในอนาคต โดยการวัดความหนาแน่นของกระดูกมีข้อดี คือ ผู้ป่วยไม่เจ็บปวดและได้รับปริมาณรังสีที่น้อย (Gamal Andrawes, Hashem Fayek, Salah El-Din, & Atef Mostafa, 2020) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) (a) DEXA Scan method: Sample BMD assessment in DEXA spine and Femur Image (b) Scan of the lumbar spine and (c) Hip and femoral neck (Alkaissi et al., 2023; Fathima, Selvi, & Beham, 2019)

จากการศึกษาปริมาณรังสีกระเจิงของเครื่อง Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) ในระยะ 1 เมตรจากเตียงพบว่าผู้ปฏิบัติงานต้องใช้เครื่องกำบังรังสีระหว่างปฏิบัติงาน เพื่อความปลอดภัยในการป้องกันรังสีกระเจิง (Scatter radiation) จากการที่รังสีไปตกกระทบผู้ป่วย ไม่เช่นนั้น จะเกิดโอกาสที่ขีดจำกัดปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ (Occupational exposure limits) เกินได้ จึงต้องมีการสากล อย่าง International Commission on Radiological Protection (ICRP) กำหนดค่าปริมาณรังสีที่ยอมรับได้ (Acceptable dose) และแนวทางในการป้องกันอันตรายจากรังสี (Marra et al., 2019) อีกทั้งเครื่อง DXA ยังมีราคาแพง มีขนาดใหญ่ โรงพยาบาลบางแห่งในประเทศไทยขาดแคลน ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการตรวจที่ค่อนข้างสูงและไม่สะดวกต่อการเดินทางไปตรวจ (A. Nana, Slater, Stewart, & Burke, 2015)

ทำให้ในปัจจุบันเครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกส่วนปลาย (Peripheral BMD (pBMD)) เข้ามามีบทบาทช่วยในการวินิจฉัยโรคมากขึ้น เนื่องจากเครื่องมือมีราคาถูก ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่ำ มีขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวกและสามารถนำมาใช้ได้ตามโรงพยาบาลทั่วไปหรือใช้สำหรับการตรวจนอกพื้นที่ได้ (Tan et al., 2021) ดังภาพที่ 3 แต่จากการทบทวนวรรณกรรมของผู้วิจัย ยังไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับการวัดปริมาณรังสีกระเจิงของเครื่อง Peripheral BMD (pBMD) ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาการวัดปริมาณรังสีกระเจิงที่มุมและระยะทางต่างๆ หากผลลัพธ์ในการวัดปริมาณรังสีกระเจิง

มีค่าที่ยอมรับได้ว่าผู้ปฏิบัติงานจะปลอดภัยจากรังสีในระหว่างปฏิบัติงานโดยไม่ต้องใช้เครื่องกำบังรังสี ผู้วิจัยจึงคิดว่าการศึกษานี้เป็นประโยชน์อย่างมากในองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับรังสี



ภาพที่ 3 เครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกส่วนปลาย (Peripheral BMD (pBMD) ภาพจาก <https://semed.co.th/bmd/>

โดยในงานวิจัยที่ทำการศึกษารังสีโดยตรงและรังสีกระเจิงนั้นเป็นประโยชน์อย่างมากในทางรังสีวิทยา เนื่องจากจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานทราบถึงปริมาณรังสีที่แท้จริง และสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการป้องกันรังสีได้ถูกต้องแม่นยำ โดยในงานวิจัยที่ผ่านยังมีการศึกษารังสีกระเจิงจากเครื่องเอกซเรย์ต่างๆ เช่น เครื่องเอกซเรย์เคลื่อนที่ (portable X-ray) ที่ใช้สำหรับถ่ายผู้ป่วยตามหอผู้ป่วยต่างๆ โดยไม่ได้มีเครื่องป้องกันเหมือนห้องเอกซเรย์ทั่วไป ปริมาณรังสีอาจจะส่งผลกระทบต่อตัวผู้ปฏิบัติงานเองหรือว่าเตียงผู้ป่วยที่อยู่ข้างเคียง (Moonkum et al., 2023) หรือแม้กระทั่งการวัดรังสีกระเจิงในห้องตรวจฟลูออโรสโคปีที่มีการใช้รังสีตลอดเวลา และตัวผู้ปฏิบัติงานต้องมีการใช้เสื้อตะกั่วเป็นเครื่องป้องกันรังสีรังสีที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากรังสีโดยตรงจากเครื่องกำเนิดเอกซเรย์หรือรังสีกระเจิงที่ตกกระทบตัวผู้ป่วยหรือวัสดุต่างๆ ซึ่งล้วนแต่เป็นอันตรายต่อระดับสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในขณะนั้น (Bohari, Hashim, & Mohd Mustafa, 2020)

ซึ่งความรุนแรงและผลทางชีววิทยาของรังสีที่มีต่อร่างกาย สามารถเกิดผลสัมพันธ์กับระยะเวลาและการตอบสนองของเซลล์แต่ละชนิดได้ เช่น Deterministic effects (acute effect) คือ การได้รับรังสีปริมาณสูงในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ทำให้เกิดอันตรายต่ออวัยวะ โดยตรงและแสดงอาการอย่างเฉียบพลัน โดยรังสีส่งผลกระทบต่ออวัยวะที่มีการสร้างเซลล์ใหม่ๆ ตลอดเวลาเรียงตามลำดับ ดังนี้คือ ไชกระดูก อัมพาตตามด้วยช่องปาก หลอดอาหาร ลำไส้ ผิวหนัง ตับ ปอด และไต (R. N. Nana et al., 2023) หรือ ผลแบบ Stochastic effect เป็นผลจากรังสีเหนี่ยวนำทำให้เกิด การเปลี่ยนแปลงที่ DNA นำไปสู่การกลายเป็นมะเร็งและการผ่าเหล่า จัดเป็น low dose effect และไม่มี threshold level (McBride & Schae, 2020) โดยความรุนแรงสามารถเห็นได้ชัดเจนในการเปลี่ยนแปลงระดับเซลล์ที่ทีมผู้วิจัยได้เคยศึกษา

มาแล้วก่อนหน้านี้ว่า ถึงแม้จะเป็นพลังงานรังสีระดับต่ำ ก่ออาจส่งผลทำให้เซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ อาทิเช่น การเปลี่ยนแปลงโปรตีนที่ผิวในเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดียว (Moonkum et al., 2021), การเปลี่ยนแปลงในระบบภูมิคุ้มกัน (Tochaikul, Danthanavat, Pilapong, & Moonkum, 2022) หรือแม้กระทั่งการถ่ายเอกซเรย์ซ้ำส่งผลให้เห็นการเปลี่ยนต่อการลดลงของการมีชีวิตของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดียว (Tochaikul, Pilapong, Daowtak, & Moonkum, 2023)

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาระดับปริมาณรังสีและเปรียบเทียบระหว่างเครื่องวัดมวลกระดูก Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) และ Peripheral BMD (pBMD) รวมถึงปริมาณรังสีที่เกิดจากเครื่องค่าปริมาณรังสีกระเจิงในระยะและทิศทางต่างๆบริเวณรอบ ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Acceptable dose) ตามหลัก International Commission on Radiological Protection (ICRP) รวมถึงปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานระหว่างปฏิบัติงานหรือไม่ ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้เป็นประโยชน์ต่อแนวทางการป้องกันรังสีเพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด และสามารถเผยแพร่ในวารสารระดับต่างประเทศได้



บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การออกแบบวิจัย

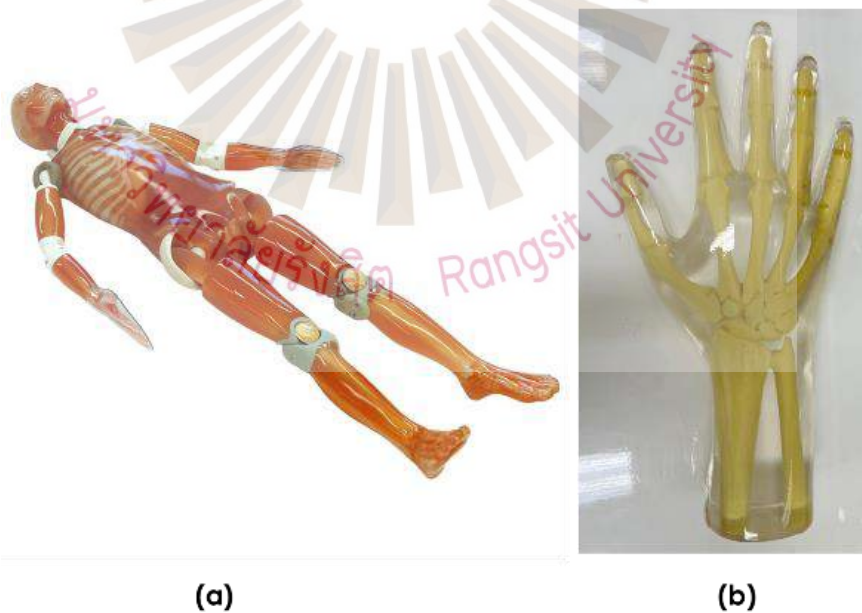
เป็นการประเมินรังสีที่กระเจิงที่เกิดขึ้นกับระหว่างการตรวจโดยใช้เครื่องวัดมวลกระดูก เครื่อง Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) และ Peripheral BMD (pBMD) ดังภาพที่ 4 หน่วยเป็น $\mu\text{Sv/h}$ โดยใช้เครื่องตรวจวัดปริมาณรังสี (Survey meter) ชนิดหัววัดแบบแก๊ส (Geiger Muller counter) ดังภาพที่ 5 โดยการทดลองนี้ได้ใช้หุ่นจำลองแทนการใช้ผู้ปฏิบัติงานจริง ดังภาพที่ 6 จากนั้นทำการประเมินหาระดับปริมาณรังสีและเปรียบเทียบระหว่างเครื่องวัดมวลกระดูก รวมถึงเปรียบเทียบกับระดับปริมาณรังสีที่ปลอดภัยที่กำหนดโดย International Commission on Radiological Protection (ICRP)



ภาพที่ 4 เครื่องวัดความหนาแน่นของมวล (a) Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) (GE) (b) Peripheral BMD (pBMD) (OsteoSys, EXA-3000, Korea)



ภาพที่ 5 เครื่องตรวจวัดปริมาณรังสีไกเกอร์ (Geiger Muller counter) ชนิดหัววัดแบบแก๊ส (Gas detector)



ภาพที่ 6 หุ่นจำลองสำหรับการทดลองวัดประเมนรังสีที่เกิดขึ้นจริง (a) Whole body phantom
(b) Hand phantom

2. ประชากร (Population: N): ผู้ปฏิบัติงาน - และกลุ่มตัวอย่าง (Sample: n): -

3. การสร้างและทดสอบเครื่องมือ

ทำการวัดปริมาณรังสีที่เกิดขึ้นจากเครื่อง Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) และ Peripheral BMD (pBMD) โดยวัดแบบไม่มีหุ่นจำลองและหุ่นจำลองเพื่อหาปริมาณรังสีและปริมาณรังสีกระเจิงที่เกิดขึ้นจริง ณ ที่ระยะต่างๆ จาก detector ดังภาพที่ 7 โดยใช้เครื่องวัดมวลกระดูก, เครื่องตรวจวัดปริมาณรังสีไกเกอร์ (Geiger Muller counter) และหุ่นจำลองสำหรับใช้ทำการทดลองวัดประเมินรังสีที่เกิดขึ้นจริงจากโรงเรียนรังสีเทคนิค วิทยาลัยวิทยาศาสตร์การแพทย์เจ้าฟ้าจุฬาภรณ ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์



A : หัววัดที่ระยะชิดเครื่อง DXA และ pBMD

●: หัววัดที่ระยะ **25 cm**

●: หัววัดที่ระยะ **50 cm**

●: หัววัดที่ระยะ **100 cm**

ภาพที่ 7 แสดงตำแหน่งที่วัดปริมาณรังสีกระเจิง ณ ตำแหน่งและมุมต่างๆ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลปริมาณรังสีที่ตำแหน่งต่างๆ รวมถึงประเมินหาระดับปริมาณรังสีและเปรียบเทียบระหว่างเครื่องวัดมวลกระดูก รวมถึงเปรียบเทียบกับระดับปริมาณรังสีที่ปลอดภัยที่กำหนดโดย International Commission on Radiological Protection (ICRP)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีที่ตำแหน่งและระยะต่างๆ รวมถึงระหว่างเครื่อง DEXA และ pBMD

6. มีการลงพื้นที่วิจัยภาคสนาม

- ห้องปฏิบัติการทางรังสี คณะรังสีเทคนิค มหาวิทยาลัยรังสิต
- โรงเรียนรังสีเทคนิค วิทยาลัยวิทยาศาสตร์การแพทย์เจ้าฟ้าจุฬาภรณ ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์

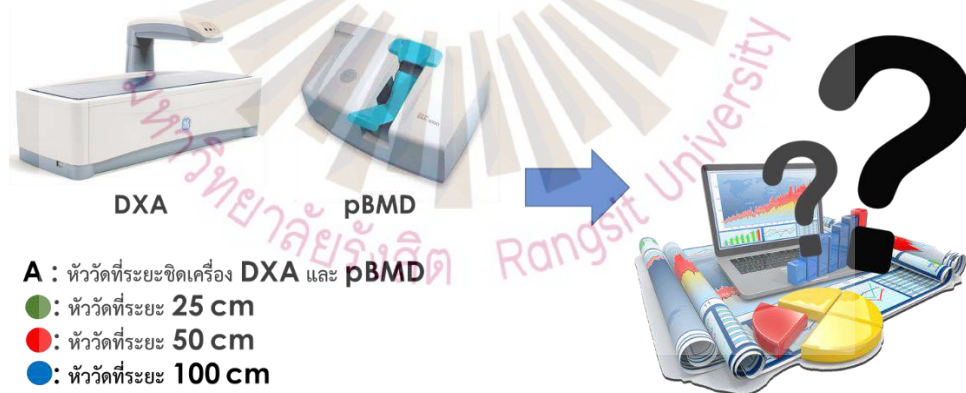


บทที่ 4

ผลการทดลอง และอภิปรายผล

ผลการทดลอง

จากข้อมูลผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาระดับปริมาณรังสีและเปรียบเทียบระหว่างเครื่องวัดมวลกระดูก Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) และ Peripheral bone mineral density (pBMD) รวมถึงปริมาณรังสีที่เกิดจากเครื่องค่าปริมาณรังสีกระเจิงในระยะและทิศทางต่างๆบริเวณรอบ ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Acceptable dose) ตามหลัก International Commission on Radiological Protection (ICRP) รวมถึงปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานระหว่างปฏิบัติงานหรือไม่ ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้เป็นประโยชน์ต่อแนวทางการป้องกันรังสีเพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด และสามารถเผยแพร่ในวารสารระดับต่างประเทศได้



ผลการดำเนินงานวิจัย

โดยผลลัพธ์ทางทีมวิจัยได้ร่วมวางแผนกับผู้ช่วยนักวิจัย เพื่อวางแผนสำหรับการเก็บข้อมูล และเริ่มทำการเก็บข้อมูล โดยได้รับการอนุเคราะห์จากโรงเรียนรังสีเทคนิค ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์สำหรับการเข้าถึงเครื่องมือและโรงพยาบาลเปาโลเกษตร ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ทีมวิจัยเริ่มวางแผนและสอบเทียบอุปกรณ์รวมถึงวัดปริมาณรังสีกระเจิงที่เกิดขึ้นจริงจาก (a) เครื่อง DXA (รพ.เปาโลเกษตร) (b) pBMD (โรงเรียนรังสีเทคนิคราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์)

โดยข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่อง รวมถึงเริ่มเขียน manuscript ควบคู่กันไปด้วยเพื่อให้ทุนวิจัยสามารถดำเนินการได้ในรอบ 1 ปี ซึ่งผลการทดลองเบื้องต้นจากเครื่อง DXA (รพ.เปาโลเกษตร) และ pBMD (โรงเรียนรังสีเทคนิคราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์) สรุปข้อมูลได้ดังต่อไปนี้

ปริมาณรังสีที่วัดได้โดยไม่มีหุ่นจำลอง

ผลจากเครื่อง Dual-Energy X-ray Absorptiometry, DXA

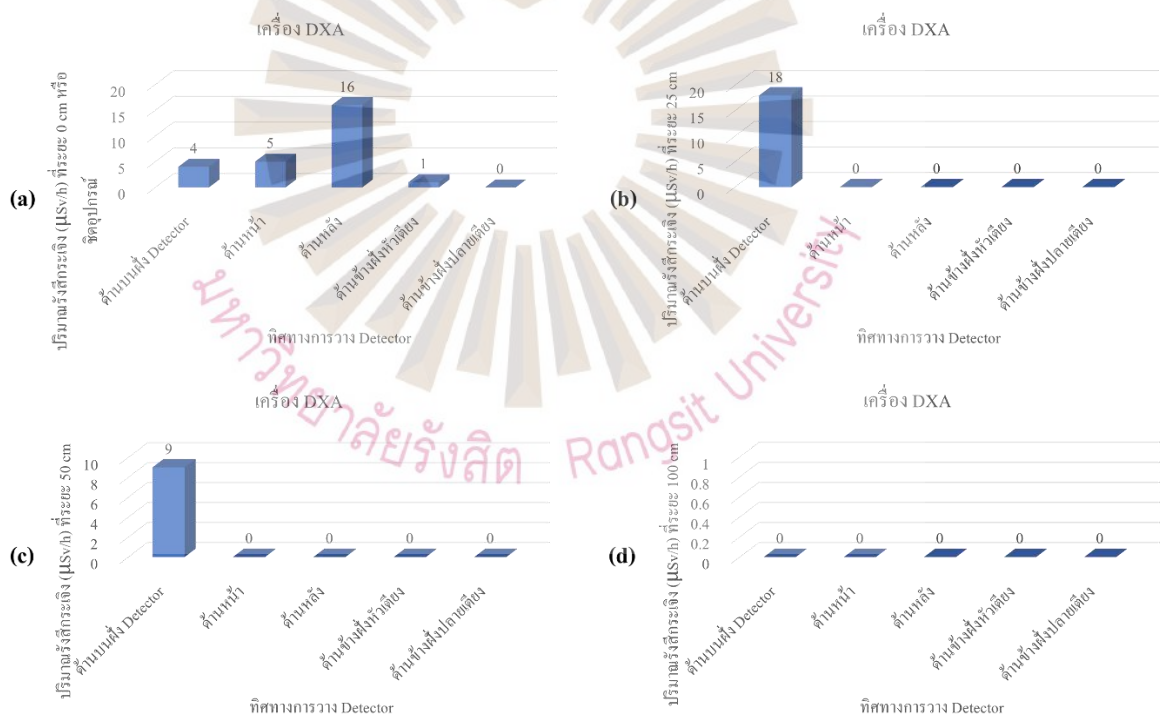
การตรวจวิเคราะห์ความหนาแน่นของกระดูก (Bone Mineral Density, BMD) ใช้รังสีเอกซ์ในปริมาณต่ำเพื่อประเมินความหนาแน่นของกระดูกในร่างกาย โดยเฉพาะในกระดูกสันหลัง สะโพก และข้อมือ การตรวจ BMD มักใช้เครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ซึ่งมีความแม่นยำสูง และสามารถประเมินความเสี่ยงในการเกิดโรคกระดูกพรุนและกระดูกหักได้

ผลการศึกษาปริมาณรังสีกระเจิงด้วยเครื่อง DXA ใช้รังสีเอกซ์ในปริมาณที่ต่ำมาก (น้อย $\mu\text{Sv/h}$) ดังตารางที่ 1 ซึ่งเทียบได้กับปริมาณรังสีที่ได้รับจากการถ่ายภาพรังสีเอกซ์ทั่วไป เช่น การตรวจทรวงอก หรือการถ่ายภาพฟัน ปริมาณรังสีที่ใช้ในการตรวจ BMD อยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับผู้ป่วย และจากรูปภาพที่ 9 จะเห็นว่าปริมาณรังสีกระเจิงจะลดลงสัมพันธ์กับระยะห่างจากเครื่องยกเว้น บริเวณที่ระยะ 25 cm จะพบปริมาณรังสีด้านฝั่ง detector สูงกว่าที่ระยะ 0 cm ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากองค์ประกอบและการใส่แผ่นป้องกันรังสีของเครื่อง ซึ่งอาจจะต้องศึกษาส่วนประกอบรายละเอียดของเครื่องต่อไป ที่ทำให้ผลปริมาณกระเจิงที่ระยะ 25 มากกว่า 0 cm

นอกจากนี้ที่ 100 cm จะไม่พบปริมาณรังสีกระเจิงที่เกิดขึ้นจากเครื่อง ซึ่งจากผลดังกล่าว ทำให้เกิดความเสี่ยงจากการได้รับรังสีด้วยเครื่อง DXA ที่ต่ำมาก ซึ่งไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วย แม้ว่าจะต้องทำการตรวจหลายครั้ง นอกจากนี้ การตรวจ BMD มักใช้ในผู้สูงอายุ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อโรคกระดูกพรุนสูง การตรวจเพื่อประเมินความเสี่ยงและทำการรักษาในระยะแรกสามารถลดความเสี่ยงของการเกิดกระดูกหักได้อย่างมาก

ตารางที่ 1 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ของเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ที่ระยะทางต่างๆ

ทิศทาง	ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ที่ระยะ (cm.)			
	0	25	50	100
ด้านบนฝั่ง Detector	4	18	9	0
ด้านหน้า	5	0	0	0
ด้านหลัง	16	0	0	0
ด้านข้างฝั่งหัวเตียง	1	0	0	0
ด้านข้างฝั่งปลายเตียง	0	0	0	0



ภาพที่ 9 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) จากเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ที่ระยะ (a) 0 cm, (b) 25 cm, (c) 50 cm และ (d) 100 cm

ผลจากเครื่อง peripheral Bone Mineral Density, pBMD

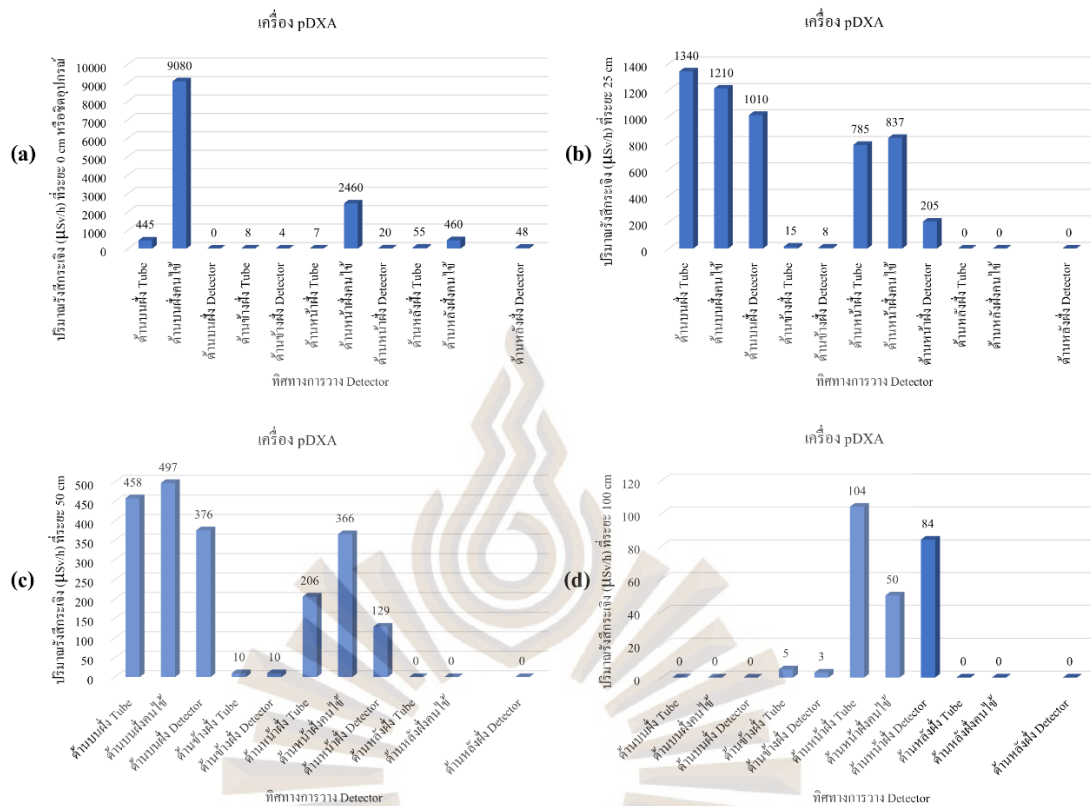
การตรวจวิเคราะห์ความหนาแน่นของกระดูกส่วนปลาย (peripheral Bone Mineral Density, pBMD) เป็นการตรวจที่เน้นประเมินความหนาแน่นของกระดูกในส่วนที่อยู่ปลาย เช่น กระดูกข้อมือ กระดูกข้อเท้า และกระดูกสันเท้า การตรวจ pBMD มักใช้เครื่องมือที่คล้ายกับ DXA แต่มีขนาดเล็กกว่า และใช้รังสีเอกซ์ในปริมาณต่ำมาก

ผลการศึกษารังสีพบว่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากการตรวจ pBMD มักอยู่ในระดับไมโครซีเวิร์ต (μSv) ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณรังสีที่ปลอดภัยสำหรับผู้ป่วย โดยจะมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่อง DXA เล็กน้อย โดยพบว่า สูงสุดที่ระยะชิดเครื่องหรือ 0 cm เท่ากับ 9080 μSv ดังตารางที่ 2 และมีปริมาณรังสีกระเจิงลดลงเมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างหัววัดและเครื่องตรวจ โดยน้อยสุดอยู่ที่ระยะ 100 cm ดังภาพที่ 10 แต่อย่างไรก็ตามความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากการตรวจ pBMD ด้วยเครื่องมือขนาดเล็กมีความปลอดภัยสูง เพราะใช้รังสีในปริมาณต่ำ ความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบจากรังสีอยู่ในระดับต่ำมาก แม้ว่าผู้ป่วยจะต้องทำการตรวจหลายครั้งก็ตาม



ตารางที่ 2 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ของเครื่อง peripheral Bone Mineral Density, pBMD ที่ระยะทางต่างๆ

ทิศทาง	ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ที่ระยะ (cm.)			
	0	25	50	100
ด้านบนฝั่ง Tube	445	1340	458	0
ด้านบนฝั่งคนไข้	9080	1210	497	0
ด้านบนฝั่ง Detector	0	1010	376	0
ด้านข้างฝั่ง Tube	8	15	10	5
ด้านข้างฝั่ง Detector	4	8	10	3
ด้านหน้าฝั่ง Tube	7	785	206	104
ด้านหน้าฝั่งคนไข้	2460	837	366	50
ด้านหน้าฝั่ง Detector	20	205	129	84
ด้านหลังฝั่ง Tube	55	0	0	0
ด้านหลังฝั่งคนไข้	460	0	0	0
ด้านหลังฝั่ง Detector	48	0	0	0



ภาพที่ 10 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) จากเครื่อง pBMD (peripheral Bone Mineral Density, pBMD) ที่ระยะ (a) 0 cm, (b) 25 cm, (c) 50 cm และ (d) 100 cm

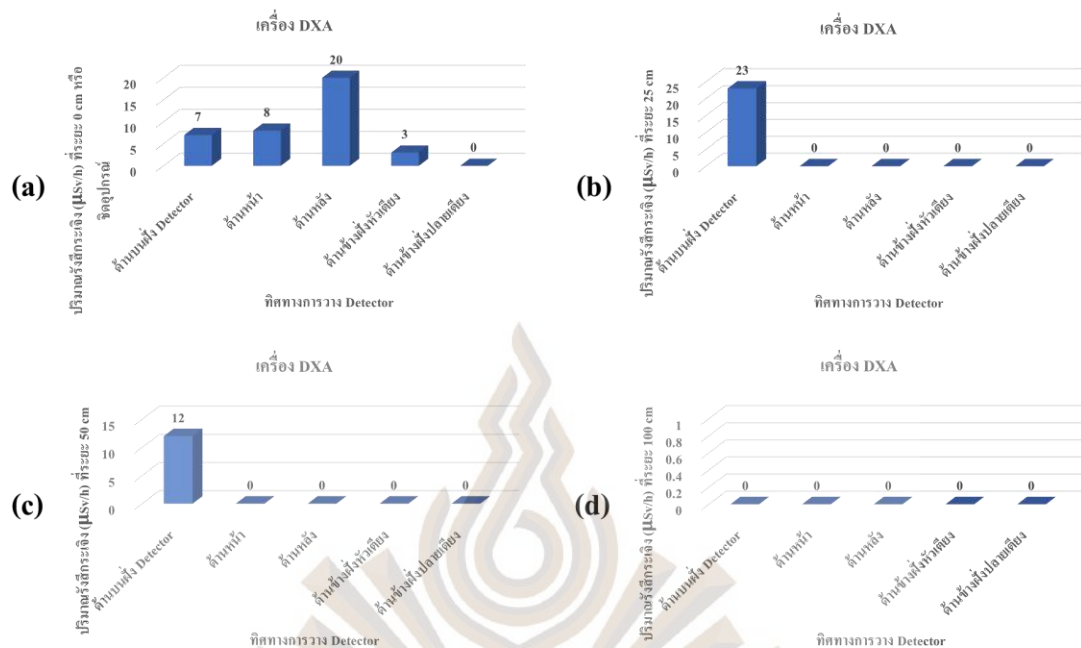
ปริมาณรังสีที่วัดได้โดยมีหุ่นจำลอง

ผลจากเครื่อง Dual-Energy X-ray Absorptiometry, DXA

ผลการศึกษาปริมาณรังสีกระเจิงด้วยเครื่อง DXA ใช้รังสีเอกซ์ในปริมาณที่ต่ำ (น้อย $\mu\text{Sv/h}$) แต่มีปริมาณสูงกว่าแบบไม่มีหุ่นจำลองเล็กน้อย ดังตารางที่ 3 และจากรูปภาพที่ 11 จะเห็นว่าปริมาณรังสีกระเจิงจะลดลงสัมพันธ์กับระยะห่างจากเครื่องและพบปริมาณรังสีด้านฝั่ง detector สูงกว่าที่ระยะ 0 cm นอกจากนี้ที่ 100 cm จะไม่พบปริมาณรังสีกระเจิงที่เกิดขึ้นจากเครื่อง ซึ่งจากผลดังกล่าว ทำให้เกิดความเสี่ยงจากการได้รับรังสีด้วยเครื่อง DXA ที่ต่ำมาก เช่นเดียวกับในกรณีไม่มีหุ่นจำลอง แต่แตกต่างกันที่การวัดแบบมีหุ่นจำลองจะมีปริมาณรังสีที่สูงกว่าเล็กน้อย

ตารางที่ 3 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ของเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ที่ระยะทางต่างๆ (มีหุ่นจำลอง)

ทิศทาง	ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ที่ระยะ (cm.)			
	0	25	50	100
ด้านบนฝั่ง Detector	7	23	12	0
ด้านหน้า	8	0	0	0
ด้านหลัง	20	0	0	0
ด้านข้างฝั่งหัวเตียง	3	0	0	0
ด้านข้างฝั่งปลายเตียง	0	0	0	0



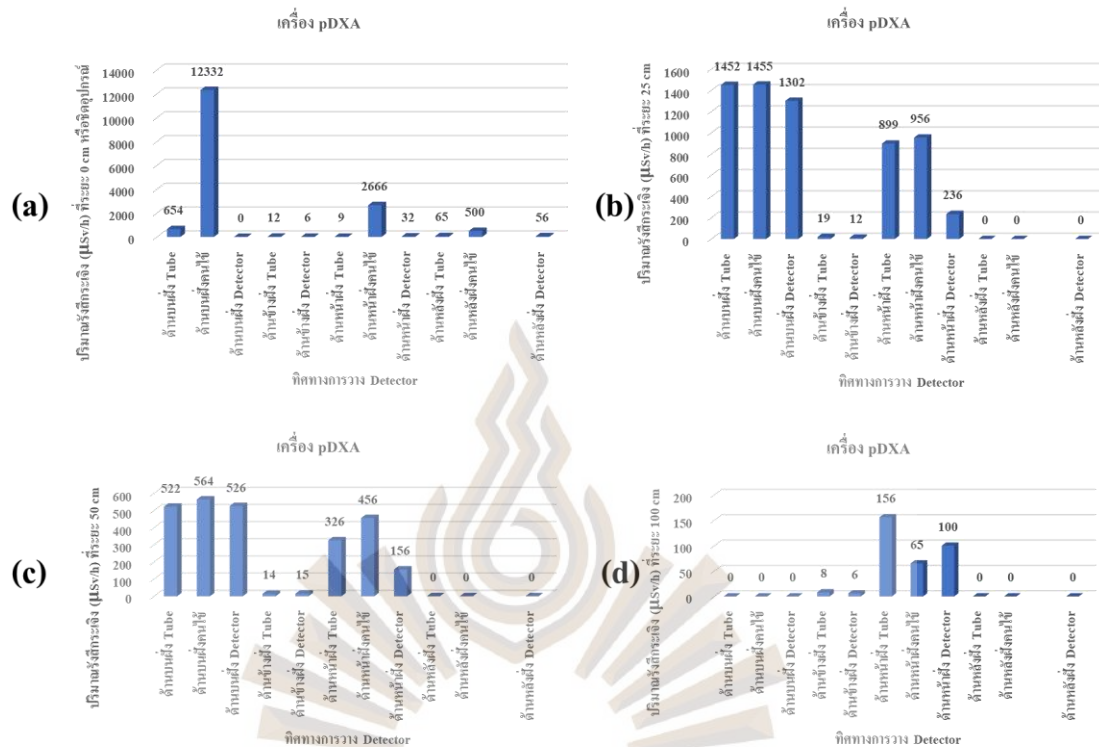
ภาพที่ 11 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) จากเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ที่ระยะ (a) 0 cm, (b) 25 cm, (c) 50 cm และ (d) 100 cm (มีหุ่นจำลอง)

ผลจากเครื่อง peripheral Bone Mineral Density, pBMD

ผลการศึกษารังสีพบว่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากการตรวจ pBMD มักอยู่ในระดับไมโครซีเวิร์ต (μSv) ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณรังสีที่ปลอดภัยสำหรับผู้ป่วย โดยจะมีปริมาณที่สูงกว่าเครื่อง DXA เล็กน้อย โดยพบว่า สูงสุดที่ระยะชิดเครื่องหรือ 0 cm เท่ากับ 12332 μSv ดังตารางที่ 4 และมีปริมาณรังสีกระเจิงลดลงเมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างหัววัดและเครื่องตรวจ โดยน้อยสุดอยู่ที่ระยะ 100 cm ดังภาพที่ 12 และเมื่อเปรียบเทียบกับกรวัดแบบไม่มีหุ่นจำลอง ปริมาณรังสีแต่ละระยะแต่ละตำแหน่งจะมีปริมาณที่สูงกว่าเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากการตรวจ pBMD ด้วยเครื่องมือขนาดเล็กมีความปลอดภัยสูง เพราะใช้รังสีในปริมาณต่ำ ความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบจากรังสีอยู่ในระดับต่ำมาก แม้ว่าผู้ป่วยจะต้องทำการตรวจหลายครั้งก็ตาม

ตารางที่ 4 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ของเครื่อง peripheral Bone Mineral Density, pBMD ที่ระยะทางต่างๆ (มีหุ่นจำลอง)

ทิศทาง	ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ที่ระยะ (cm.)			
	0	25	50	100
ด้านบนฝั่ง Tube	654	1452	522	0
ด้านบนฝั่งคนไข้	12332	1455	564	0
ด้านบนฝั่ง Detector	0	1302	526	0
ด้านข้างฝั่ง Tube	12	19	14	8
ด้านข้างฝั่ง Detector	6	12	15	6
ด้านหน้าฝั่ง Tube	9	899	326	156
ด้านหน้าฝั่งคนไข้	2666	956	456	65
ด้านหน้าฝั่ง Detector	32	236	156	100
ด้านหลังฝั่ง Tube	65	0	0	0
ด้านหลังฝั่งคนไข้	500	0	0	0
ด้านหลังฝั่ง Detector	48	0	0	0



ภาพที่ 12 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) จากเครื่อง pBMD (peripheral Bone Mineral Density, pBMD) ที่ระยะ (a) 0 cm, (b) 25 cm, (c) 50 cm และ (d) 100 cm (มีหุ่นจำลอง)

การเปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่างไม่มีหุ่นจำลองและมีหุ่นจำลอง

จากการเปรียบเทียบการวัดปริมาณรังสีไม่มีหุ่นจำลองและมีหุ่นจำลอง ดังตารางที่ 5 พบว่า ปริมาณรังสีที่แบบมีหุ่นจำลองจะมีปริมาณรังสีที่สูงกว่าเล็กน้อย โดยการเปรียบเทียบปริมาณรังสีได้เลือก เฉพาะที่ระยะ 0 และ 25 cm เท่านั้น เนื่องจากเป็นระยะที่มีปริมาณรังสีออกมาเยอะที่สุด โดยด้านบนฝั่ง Detector ของเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) จะมีปริมาณรังสีออกมาสูง และเมื่อ มีหุ่นจำลองจะส่งผลให้มีปริมาณรังสีกระเจิงเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณรังสีจากเครื่อง peripheral Bone Mineral Density, pBMD ดังตารางที่ 6 ที่พบว่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากแบบมีหุ่นจำลองสูงกว่า

ตารางที่ 5 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ของเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ที่ระยะทางต่างๆ แบบมีหุ่นจำลองและไม่มีหุ่นจำลอง

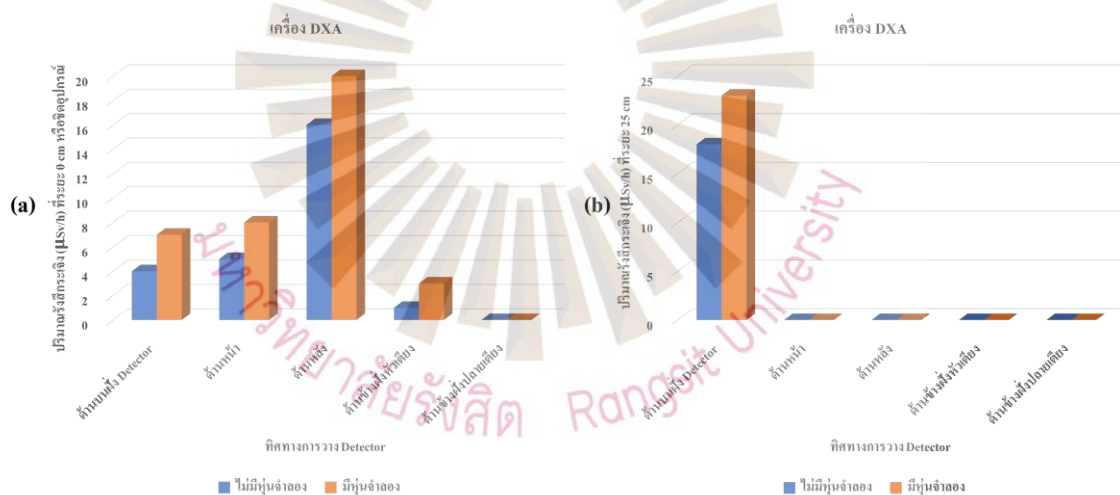
ทิศทาง	ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ที่ระยะ (cm.)			
	0	0	25	25
	ไม่มีหุ่นจำลอง	มีหุ่นจำลอง	ไม่มีหุ่นจำลอง	มีหุ่นจำลอง
ด้านบนฝั่ง Detector	4	7	18	23
ด้านหน้า	5	8	0	0
ด้านหลัง	16	20	0	0
ด้านข้างฝั่งหัวเตียง	1	3	0	0
ด้านข้างฝั่งปลายเตียง	0	0	0	0

ตารางที่ 6 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ของเครื่อง peripheral Bone Mineral Density, pBMD ที่ระยะทางต่างๆ แบบมีหุ่นจำลองและไม่มีหุ่นจำลอง

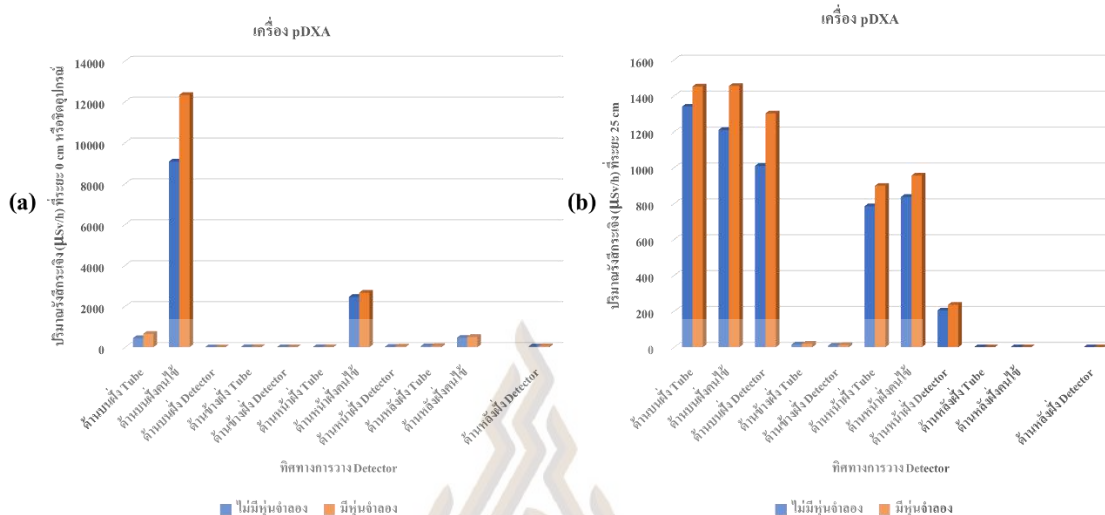
ทิศทาง	ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ที่ระยะ (cm.)			
	0	0	25	25
	ไม่มีหุ่นจำลอง	มีหุ่นจำลอง	ไม่มีหุ่นจำลอง	มีหุ่นจำลอง
ด้านบนฝั่ง Tube	445	654	1340	1452
ด้านบนฝั่งคนไข้	9080	12332	1210	1455
ด้านบนฝั่ง Detector	0	0	1010	1302
ด้านข้างฝั่ง Tube	8	12	15	19
ด้านข้างฝั่ง Detector	4	6	8	12
ด้านหน้าฝั่ง Tube	7	9	785	899
ด้านหน้าฝั่งคนไข้	2460	2666	837	956
ด้านหน้าฝั่ง Detector	20	32	205	236

ทิศทาง	ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) ที่ระยะ (cm.)			
	0	0	25	25
	ไม่มีหุ่นจำลอง	มีหุ่นจำลอง	ไม่มีหุ่นจำลอง	มีหุ่นจำลอง
ด้านหลังฝั่ Tube	55	65	0	0
ด้านหลังฝั่คนไข้	460	500	0	0
ด้านหลังฝั่ Detector	48	0	0	0

และภาพที่ 13 และ 14 แสดงกราฟปริมาณรังสีที่ตำแหน่ง 0 และ 25 cm จากเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) และ pBMD (peripheral Bone Mineral Density, pBMD) แสดงให้เห็นชัดเจนว่าปริมาณรังสีกระเจิงจะสูงขึ้นเมื่อมีหุ่นจำลอง ซึ่งเปรียบเสมือนกับการตรวจกับผู้ป่วยจริง อาจจะทำให้เกิดปริมาณรังสีที่ไม่จำเป็นต่อตัวผู้ปฏิบัติงานได้



ภาพที่ 13 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) จากเครื่อง DXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ที่ระยะ (a) 0 cm, (b) 25 cm



ภาพที่ 14 ปริมาณรังสีกระเจิง ($\mu\text{Sv/h}$) จากเครื่อง pBMD (peripheral Bone Mineral Density, pBMD) ที่ระยะ (a) 0 cm, (b) 25 cm

จากการเปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่างการใช้และไม่ใช้หุ่นจำลองในการวัดโดยเครื่อง DXA และ pBMD พบว่าปริมาณรังสีที่วัดได้เมื่อใช้หุ่นจำลองจะสูงกว่าการไม่ใช้หุ่นจำลองเล็กน้อย โดยการวัดที่ระยะ 0 และ 25 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มีปริมาณรังสีสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าที่ฝั่ง Detector ของเครื่อง DXA และ pBMD จะมีปริมาณรังสีออกมาสูงขึ้นเมื่อใช้หุ่นจำลอง ภาพที่ 13 และ 14 ยืนยันว่าปริมาณรังสีกระเจิงจะสูงขึ้นเมื่อมีหุ่นจำลอง ซึ่งเปรียบเสมือนกับการตรวจผู้ป่วยจริงที่อาจทำให้เกิดปริมาณรังสีที่ไม่จำเป็นต่อผู้ปฏิบัติงาน

ปริมาณรังสีกระเจิงคือรังสีที่ไม่ถูกดูดซึมหรือส่งผ่านโดยตรงจากแหล่งกำเนิด แต่ถูกเบี่ยงเบนออกไปหลังจากชนกับวัตถุ เช่น กระดูกหรือเนื้อเยื่อ ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ การใช้หุ่นจำลองในการทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อเลียนแบบการตรวจผู้ป่วยจริง ส่งผลให้ปริมาณรังสีที่วัดได้สูงขึ้น เนื่องจากการเกิดรังสีกระเจิงมากขึ้น การลดปริมาณรังสีที่ไม่จำเป็นสามารถทำได้โดยการป้องกันรังสี เช่น การใช้เสื้อกันรังสี การวางแผนการตรวจที่ดี และการเลือกใช้เครื่องมือที่มีเทคโนโลยีลดการเกิดรังสีกระเจิง เพื่อลดความเสี่ยงในการได้รับรังสีที่ไม่จำเป็น ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งต่อผู้ป่วยและผู้ปฏิบัติงาน

ข้อควรระวัง

- ผู้หญิงตั้งครรภ์: ไม่ควรทำการตรวจ BMD เนื่องจากการได้รับรังสีอาจมีผลต่อทารกในครรภ์ อย่างไรก็ตาม หากจำเป็นต้องทำการตรวจ ควรปรึกษาแพทย์ก่อน
- การป้องกันการได้รับรังสีเกินความจำเป็น: แม้ว่าการตรวจ BMD จะใช้รังสีในปริมาณต่ำ แต่ควรทำการตรวจเฉพาะเมื่อมีความจำเป็นและมีการวินิจฉัยที่ชัดเจนจากแพทย์
- การตรวจวิเคราะห์ความหนาแน่นของกระดูก (BMD) ด้วยเครื่อง DXA เป็นวิธีที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการประเมินความเสี่ยงของโรคกระดูกพรุนและกระดูกหัก การใช้รังสีในปริมาณต่ำช่วยให้การตรวจเป็นไปอย่างปลอดภัย และให้ผลการตรวจที่มีความแม่นยำสูง



บทที่ 5

สรุป วิเคราะห์ และข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่างการใช้และไม่ใช้หุ่นจำลองในการวัดด้วยเครื่อง DXA และ pBMD แสดงให้เห็นว่าปริมาณรังสีที่วัดได้เมื่อใช้หุ่นจำลองจะสูงกว่าการไม่ใช้หุ่นจำลองเล็กน้อย โดยเฉพาะที่ระยะ 0 และ 25 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มีปริมาณรังสีสูงที่สุด การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้หุ่นจำลองช่วยเลียนแบบการตรวจผู้ป่วยจริงได้ดี แต่ก่อให้เกิดปริมาณรังสีกระเจิงเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน การป้องกันรังสีจึงเป็นสิ่งสำคัญในการลดความเสี่ยงที่ไม่จำเป็น ข้อเสนอแนะคือควรมีการพัฒนามาตรการป้องกันรังสีเพิ่มเติม เช่น การใช้เทคโนโลยีที่ลดการเกิดรังสีกระเจิง และการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับวิธีการป้องกันรังสีอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้การตรวจวัดเป็นไปอย่างปลอดภัยทั้งต่อผู้ป่วยและผู้ปฏิบัติงาน



วิจารณ์

การทดลองนี้มุ่งประเมินปริมาณรังสีกระดูกที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการตรวจวัดความหนาแน่นมวลกระดูก (BMD) ด้วยเครื่อง DXA และ pBMD ในกระดูกสันหลังและกระดูกส่วนปลาย เปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่างการใช้และไม่ใช้หุ่นจำลอง ผลการทดลองนี้มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ในหลายแง่มุม ดังนี้

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณรังสีที่วัดได้เมื่อใช้หุ่นจำลองสูงกว่าการไม่ใช้หุ่นจำลองเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่ารังสีกระดูกจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีวัตถุอยู่ในเส้นทางรังสี (Pinto et al., 2023) การเลือกวัดที่ระยะ 0 และ 25 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มีปริมาณรังสีสูงสุด ถือเป็นทางเลือกที่เหมาะสม เนื่องจากเน้นย้ำจุดที่มีความสำคัญในการวัดและแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของรังสีกระดูกในสถานการณ์การตรวจจริง ทำให้สามารถวางแผนการป้องกันและลดความเสี่ยงจากรังสีได้ดียิ่งขึ้น (E Paulis, Schnerr, Halton, Zhen Qin, & Chua, 2024)

ประเด็นที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติม เช่น ประเภทของหุ่นจำลองที่ใช้มีวัสดุและความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อปริมาณรังสีกระดูกที่วัดได้ (Otomo et al., 2023) ตำแหน่งของหุ่นจำลองที่วาง ณ เครื่องตรวจมวลกระดูกยังมีผลต่อปริมาณรังสีกระดูกที่วัดได้อีกด้วย (Dorman et al., 2023) นอกจากนี้ การตั้งค่าเครื่องวัดความหนาแน่นของกระดูก (BMD) ก็อาจส่งผลต่อปริมาณรังสีที่วัดได้ (Carroll, 2023) การพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ทั้งหมดเป็นสิ่งสำคัญในการปรับปรุงความถูกต้องและความแม่นยำของการวัด BMD

การทดลองนี้เน้นย้ำว่าการใช้หุ่นจำลองช่วยจำลองสถานการณ์จริงในการตรวจผู้ป่วย (McGarry et al., 2020) แต่การเพิ่มขึ้นของรังสีกระดูกอาจสร้างความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น การวางแผนและการป้องกันรังสีจึงมีความสำคัญเพื่อปกป้องผู้ปฏิบัติงานจากการได้รับรังสีที่ไม่จำเป็น และเพื่อให้การตรวจมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Omer, 2021) การทำงานในสถานที่ที่มีรังสีกระดูกเพิ่มขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานในระยะยาว โดยเฉพาะถ้าไม่มีการป้องกันที่เหมาะสม

ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นอาจรวมถึงโรคมะเร็ง เป็นต้น (Rühm, Laurier, & Wakeford, 2022) ดังนั้น การป้องกันรังสีเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อลดความเสี่ยงนี้ ควรใช้ชุดป้องกันรังสีที่มีประสิทธิภาพ เช่น เสื้อกั๊กตะกั่วและผ้ากันเปื้อน และออกแบบห้องตรวจที่เหมาะสม เช่น ผนังตะกั่วและเพดานตะกั่ว เพื่อลดการสัมผัสกับรังสีกระเจิงอย่างมากที่สุด (Oakley & Harrison, 2020) นอกจากนี้ยังควรจำกัดจำนวนบุคคลในห้องตรวจและฝึกอบรมพนักงานเกี่ยวกับวิธีการป้องกันรังสีอย่างเหมาะสม (Ploussi, Efstathopoulos, & Brountzos, 2021) ดังนั้น การดำเนินการตามแนวทางเหล่านี้จะช่วยลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงต่อรังสีกระเจิงในสถานที่ทำงานได้เป็นอย่างดี

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันรังสีที่มากขึ้น ควรพิจารณามาตรการเพิ่มเติม เช่น การใช้เทคโนโลยีที่ลดรังสีกระเจิง เช่น เครื่องวัด BMD รุ่นใหม่ที่มีการตรวจจับที่ดีขึ้นและเทคนิคการตรวจวัดที่ช่วยลดปริมาณรังสีที่ใช้ (Cornacchia et al., 2020) การออกแบบหุ่นจำลองที่ใช้วัสดุและความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกับร่างกายมนุษย์มากขึ้น และการพัฒนาวิธีการวัด BMD โดยไม่ต้องใช้หุ่นจำลอง การนำเสนอมาตรการเหล่านี้จะช่วยเสริมสร้างการป้องกันรังสีที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในสถานที่ทำงาน เพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานจากรังสีกระเจิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการป้องกันรังสีเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานอย่างปลอดภัย ฝึกอบรมควรเน้นที่การเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการป้องกันรังสี เช่น การเลือกใช้ชุดป้องกันที่เหมาะสม เทคนิคการตรวจวัด BMD ที่ปลอดภัยและถูกต้อง การใช้เครื่องมือวัด BMD อย่างถูกต้องเพื่อความแม่นยำในการวัด และวิธีการลดปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการปฏิบัติงานประจำวัน ซึ่งการฝึกอบรมเหล่านี้จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้และความเข้าใจที่เพียงพอในการป้องกันและจัดการกับความเสี่ยงจากรังสีในสถานที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่าการใช้หุ่นจำลองในการวัดปริมาณรังสีด้วยเครื่อง DEXA และ pBMD ทำให้ปริมาณรังสีที่วัดได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเฉพาะในระยะ 0 และ 25 เซนติเมตร ซึ่งเป็นจุดที่มีปริมาณรังสีสูงสุด การเลือกใช้หุ่นจำลองที่มีคุณสมบัติและวัสดุที่คล้ายคลึงกับร่างกายมนุษย์จะช่วยให้ผลการวัดมีความแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้ การวางแผนและมาตรการป้องกันรังสี เช่น การใช้เสื้อกันรังสี และการตั้งค่าการใช้งานเครื่องวัดอย่างเหมาะสม จะช่วยลดปริมาณรังสีที่ไม่จำเป็นและป้องกันผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงานได้ดีขึ้น

นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อปริมาณรังสี เช่น ชนิดและความหนาของวัสดุหุ่นจำลอง รวมถึงเทคนิคการวัดในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน การฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันรังสีและการใช้เครื่องมือวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกอย่างถูกต้องและปลอดภัยก็เป็นสิ่งสำคัญ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือวัดให้มีประสิทธิภาพและความปลอดภัยสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการตรวจวัดและการรักษาผู้ป่วยในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- Alkaissi, H., Ji, B., Saxena, P., Kim, E., Salahi, N., Muthu, J., . . . Kim, E. J. (2023). Low Bone Mass and Recurrent Fractures in Neurofibromatosis With Concomitant Hemoglobin SC Disease. *Cureus*, 15(4).
- Bohari, A., Hashim, S., & Mohd Mustafa, S. N. (2020). Scatter radiation in the fluoroscopy-guided interventional room. *Radiation Protection Dosimetry*, 188(3), 397-402.
- Carroll, Q. B. (2023). *Radiography in the Digital Age: Physics-exposure-radiation biology*: Charles C Thomas Publisher.
- Charoenngam, N., & Pongchaiyakul, C. (2023). Current issues in evaluation and management of osteoporosis in Thailand. *Osteoporosis and Sarcopenia*.
- Cornacchia, S., La Tegola, L., Maldera, A., Pierpaoli, E., Tupputi, U., Ricatti, G., . . . Guglielmi, G. (2020). Radiation protection in non-ionizing and ionizing body composition assessment procedures. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 10(8), 1723.
- de Oliveira, M. A., Moraes, R., Castanha, E. B., Prevedello, A. S., Vieira Filho, J., Bussolaro, F. A., & Cava, D. G. (2022). Osteoporosis screening: applied methods and technological trends. *Medical Engineering & Physics*, 108, 103887.
- Dorman, T., Drever, B., Plumridge, S., Gregory, K., Cooper, M., Roderick, A., & Arruzza, E. (2023). Radiation dose to staff from medical X-ray scatter in the orthopaedic theatre. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 33(7), 3059-3065.
- E Paulis, L., Schnerr, R. S., Halton, J., Zhen Qin, Z., & Chua, A. (2024). Assessment of scattered and leakage radiation from ultra-portable digital chest X-ray systems: An independent study. *arXiv e-prints*, arXiv: 2406.10044.
- Eirini, K., Nikolaos, T., Papadopoulou, S. K., & Georgios, G. (2022). Bone Density Measurements and Biomarkers in Nutrition: DXA (Dual X-ray Absorptiometry), Osteopenia, and Osteoporosis. In *Biomarkers in Nutrition* (pp. 1067-1084): Springer.
- Fathima, S. N., Selvi, R. T., & Beham, M. P. (2019). Assessment of BMD and Statistical Analysis for Osteoporosis Detection. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 12(4), 1907-1914.
- Gamal Andrawes, N., Hashem Fayek, M., Salah El-Din, N., & Atef Mostafa, R. (2020). Effect of low-dose factor VIII prophylaxis therapy on bone mineral density and 25 (OH) vitamin D level in children with severe haemophilia A. *Haemophilia*, 26(2), 325-332.

- Marra, M., Sammarco, R., De Lorenzo, A., Iellamo, F., Siervo, M., Pietrobelli, A., . . . Pasanisi, F. (2019). Assessment of body composition in health and disease using bioelectrical impedance analysis (BIA) and dual energy X-ray absorptiometry (DXA): a critical overview. *Contrast Media & Molecular Imaging*, 2019.
- McBride, W. H., & Schae, D. (2020). Radiation-induced tissue damage and response. *The Journal of pathology*, 250(5), 647-655.
- McGarry, C. K., Grattan, L. J., Ivory, A. M., Leek, F., Liney, G. P., Liu, Y., . . . Shih, A. J. (2020). Tissue mimicking materials for imaging and therapy phantoms: a review. *Physics in Medicine & Biology*, 65(23), 23TR01.
- Moonkum, N., Jitchom, S., Sukaram, S., Nimtrakool, N., Boonrat, P., & Tochaikul, G. (2023). Determination of scattered radiation dose for radiological staff during portable chest examinations of COVID-19 patients. *Radiological Physics and Technology*, 16(1), 85-93.
- Moonkum, N., Wongpiem, U., Sriwongta, S., Danthanawat, N., Tochaikul, G., & Pilapong, C. (2021). Effect of X-ray diagnostic energy to peripheral blood mononuclear cells and CD34+/CD133+ expression: an in vitro study. *Journal of Current Science and Technology*, 11(1), 24-31.
- Mupparapu, M., & Akintoye, S. O. (2023). Application of Panoramic Radiography in the Detection of Osteopenia and Osteoporosis—Current State of the Art. *Current Osteoporosis Reports*, 21(4), 354-359.
- Nana, A., Slater, G. J., Stewart, A. D., & Burke, L. M. (2015). Methodology review: using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 25(2), 198-215.
- Nana, R. N., Inkoom, S., Moyo, M. N., Myoufo, F., Hasford, F., Owusu-Manteaw, P., & Motapon, O. (2023). Patient skin dose measurement and risk of deterministic effect during fluoroscopy cardiac procedures. *Radiation Protection Dosimetry*, 199(17), 2053-2060.
- Oakley, P. A., & Harrison, D. E. (2020). Death of the ALARA radiation protection principle as used in the medical sector. *Dose-Response*, 18(2), 1559325820921641.
- Omer, H. (2021). Radiobiological effects and medical applications of non-ionizing radiation. *Saudi journal of biological sciences*, 28(10), 5585-5592.
- Otomo, K., Inaba, Y., Abe, K., Onodera, M., Suzuki, T., Sota, M., . . . Chida, K. (2023). Spatial scattering radiation to the radiological technologist during medical mobile radiography. *Bioengineering*, 10(2), 259.
- Pinto, M. C., Mauter, F., Michielsen, K., Biniázan, R., Kappler, S., & Sechopoulos, I. (2023). A deep learning

- approach to estimate x-ray scatter in digital breast tomosynthesis: From phantom models to clinical applications. *Medical physics*, 50(8), 4744-4757.
- Ploussi, A., Efstathopoulos, E. P., & Brountzos, E. (2021). The importance of radiation protection education and training for medical professionals of all specialties. *Cardiovascular and Interventional Radiology*, 44(6), 829-834.
- Rühm, W., Laurier, D., & Wakeford, R. (2022). Cancer risk following low doses of ionising radiation—Current epidemiological evidence and implications for radiological protection. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 873, 503436.
- Saisirivechakun, P., Mahakkanukrauh, A., Pongchaiyakul, C., Boonya-ussadorn, T., Narongroeknawin, P., Pakchotanon, R., . . . Chaiamnuay, S. (2022). Trabecular Bone Score: a New Simple Tool for Evaluating Osteoporosis in Patients With Axial Spondyloarthritis.
- Tan, Y. J., Lim, S.-Y., Yong, V. W., Choo, X. Y., Ng, Y.-D., Sugumaran, K., . . . Ramli, N. M. (2021). Osteoporosis in Parkinson's disease: relevance of distal radius dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) and sarcopenia. *Journal of Clinical Densitometry*, 24(3), 351-361.
- Tochaikul, G., Danthanavat, N., Pilapong, C., & Moonkum, N. (2022). Effect of low dose radiation from general X-ray to T-cell lymphocyte expression using an in vitro method. *Radiation Effects and Defects in Solids*, 177(3-4), 351-359.
- Tochaikul, G., Pilapong, C., Daowtak, K., & Moonkum, N. (2023). Influence of radiation dose from repeated chest X-ray on cell morphology and proliferation in peripheral blood mononuclear cells an in vitro study. *Radiation Effects and Defects in Solids*, 1-9.

ภาคผนวก
ประวัติผู้วิจัย

คำนำหน้า ☒ นาย ☐ นาง ☐ นางสาว

ตำแหน่งทางวิชาการ ☐ ศ. ☒ รศ. ☐ ผศ. อื่นๆ

ชื่อผู้วิจัย มานัส

นามสกุลผู้วิจัย มงคลสุข

ชื่อภาษาอังกฤษ Manus

นามสกุลภาษาอังกฤษ Mongkolsuk

ที่อยู่(บ้าน) 179 ถ.เทศบาลสาย 2 แขวงวัดกัลยาณ์ เขตธนบุรี กรุงเทพฯ

จังหวัด(บ้าน) กรุงเทพมหานคร

รหัสไปรษณีย์(บ้าน) 10600

โทรศัพท์(บ้าน) -

แฟกซ์(บ้าน) -

ที่อยู่(ที่ทำงาน) คณะรังสีเทคนิค มหาวิทยาลัยรังสิต 52/347 พหลโยธิน 87 ถ.พหลโยธิน อ.เมือง

จังหวัด(ที่ทำงาน) ปทุมธานี

รหัสไปรษณีย์(ที่ทำงาน) 12000

โทรศัพท์(ที่ทำงาน) 02-791-6000 ต่อ 1723

แฟกซ์(ที่ทำงาน) 02-791-6000 ต่อ 1723

E Mail Address: Manus.m@rsu.ac.th

สาขา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์)

ปีที่จบ 2519

สถาบัน คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประเทศ ไทย

ปริญญาโท

สาขา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)

ปีที่จบ 2522

สถาบัน คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประเทศ ไทย

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์วารสารภายในประเทศ

-

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์วารสารต่างประเทศ

- 1) Moonkum, N., Wongpiem, U., Mongkolsuk, M., & Pilapong, C. (2020). Characteristic of Peripheral Blood Mononuclear Cells after Diagnostic Irradiation in Term of Morphology and Differentiation Potency. RSU International Research Conference, 412-418.
- 2) Wongpiem, U., Danthanavat, N., Mongkolsuk, M., Tapanya, T & Moonkum, N. (2020). An Evaluation of Optimal Exposure Indicator for Skull X-ray Imaging using Computed Radiography System. RSU International Research Conference, 412-418.
- 3) Danthanavat, N., Mongkolsuk, M., Tochaikul, G., Sriwongta, S., Piyajaroenporn, A., Lithreungnam, C., & Moonkum, N. (2021). Study of epoxy shielding material with barium sulphate for development of radiation protection materials in low-dose diagnostic X-ray. Radiation Effects and Defects in Solids, 1-9. doi:10.1080/10420150.2021.1972113

- 4) Tochaikul, G., **Mongkolsuk, M.**, Kobutree, P., Kawvised, S., Pairodsantikul, P., Wongs, P., & **Moonkum, N. (2023)**. Properties of cement Portland composite prepared with Barium sulfate and Bismuth oxide for radiation shielding. Radiation Effects and Defects in Solids, 1-19.
- 5) Tochaikul, G., **Mongkolsuk, M.**, Daowtak, K., Pilapong, C., & Moonkum, N. **(2024)**. Determination of radiosensitivity from chest X-ray on human breast cancer cell line MDA-MB-231 in terms of cell morphology and cell proliferation. Radiation Effects and Defects in Solids, 1-10.
- 6) Moonkum, N., **Mongkolsuk, M.**, Suwannaporn, K., & Tochaikul, G. **(2025)**. The use of designed E-book to improve a concept understanding and practical skill on a mammography machine quality control among radiological technologist students. Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 20, 002-002.

ผลงานที่ได้นำเสนอในการประชุมวิชาการภายในประเทศ

-

ผลงานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการในต่างประเทศ

-

ผลงานวิจัยที่ได้รับรางวัล

-

บทความทางวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสาร

สาขาวิชาที่นักวิจัยเชี่ยวชาญ

- 1) Radiological Technology (RT)
- 2) Radiation Physics and Medical Imaging
- 3) QA in Radiology
- 4) Law and Ethics in RT