บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอันตรายจากรังสี (Present State of Knowledge)

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่ารังสีสามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ได้เอนกประการ เช่น ทางการแพทย์ ทางอุตสาหกรรม ทางเกษตรกรรม การวิจัย เป็นต้น แต่ในขณะเดียวกันรังสีก็สามารถเป็นอันตรายต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้ โดยเฉพาะมนุษย์ถ้าหากได้รับรังสีมากเกินไป (ประมาณ 400 เรม) ก็อาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ ผลของรังสีที่มีต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตอาจแบ่งได้เป็นสองประการ ดังนี้:-

1.1.1 ผลของรังสีต่อร่างกาย (Somatic effects) เป็นอันตรายที่อาจเกิดขึ้นต่อร่างกายของผู้รับรังสีเท่านั้น อันตรายที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อย ในเวลาเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ได้รับ เช่น ถ้าได้รับรังสีขนาด 600 เรมทั่วร่างกาย (whole body) อาจเป็นอันตรายแก่ชีวิตได้ในช่วงระยะเวลาเพียงวันหรือสัปดาห์ แต่ถ้าได้รับรังสีปริมาณน้อยกว่านี้อันตรายที่เกิดขึ้นก็อาจใช้เวลาเป็นเดือนหรือปี อันตรายอย่างหนึ่งอันเนื่องมาจากรังสีและเป็นที่ทราบกันดีคือมะเร็งในเม็ดเลือด (leukemia) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าถ้าหากได้รับรังสีไม่มากนักจะเป็นอันตรายต่อร่างกายในเวลาต่อมาหรือไม่

1.1.2 ผลของรังสีต่อกรรมพันธุ์ (Genetic effects) ระบบสืบพันธุ์เป็นอวัยวะส่วนที่มีความไว (sensitive) ต่อรังสีมาก จากผลการทดลองพบว่ารังสีสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเซลล์สืบพันธุ์ (mutations) ได้ ซึ่งเป็นสาเหตุของการถ่ายทอดทางกรรมพันธุ์ ปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (gonad dose) เราถือว่าไม่มีค่าเกณฑ์ต่ำ (Threshold) กล่าวคือผลของรังสีจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ได้รับ และถือว่ามีปริมาณรังสีสะสม (Accumulative dose) ด้วย

ปกติปริมาณรังสีที่ได้รับจากธรรมชาตินั้นมีค่าประมาณ 100 มิลลิเรม (mRem) ต่อปี[1]

---

[1] Merril Eisenbud, Environmental Radioactivity (New York: McGraw-Hill Book Co. Inc., 1963), pp. 392.

ส่วนปริมาณรังสีที่กำหนดไว้ให้รับสูงขึ้นไปอีกได้ไม่เกินปีละ 170 มิลลิเรม[2] รวมเป็นอัตราสูงสุดที่ร่างกายควรจะรับได้ไม่เกินปีละ 270 มิลลิเรม ซึ่งเป็นอัตราที่คาดว่าจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกรรมพันธุ์รวดเร็วนัก อัตราสูงสุดที่กำหนดไว้นี้เป็นปริมาณรังสีที่อาจส่งผลสะท้อนทางกรรมพันธุ์และสามารถเห็นชัดได้ก็อีกหลายชั่วอายุคน (generations)ถัดมาเท่านั้น

ตามรายงานของ "The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)[3]" ได้สรุปไว้ว่าปริมาณรังสีที่ทำให้ประชากรได้รับเพิ่มขึ้นจากธรรมชาตินั้นส่วนใหญ่มาจากการใช้รังสีทางการแพทย์ โดยเฉพาะการใช้รังสีโดยตรงกับคนไข้เพื่อประโยชน์ในทางวินิจฉัยและรักษาโรค ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการศึกษาปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (gonad dose) เนื่องจากการใช้รังสีเอกซ์วินิจฉัยโรคจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและได้ทำกันมาแล้วในหลายประเทศ สำหรับประเทศไทยยังไม่เคยทำการวัดและศึกษามาก่อน ถ้าหากทราบปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของคนไข้ขณะที่รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์แล้ว ก็อาจนำมาคำนวณหาปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของประชากรได้ (Genetically Significant Dose)

1.2 <u>ความมุ่งหมายหลัก</u>

ในงานด้านการป้องกันอันตรายจากรังสีนั้น ต้องพิจารณาถึงปัญหาต่าง ๆ หลายด้าน เช่น ปัญหาผู้ใช้รังสี, สถานที่, ผู้ถูกรังสี เป็นต้น โดยเฉพาะทางการแพทย์ที่ใช้รังสีเอกซ์วินิจฉัยโรคนั้นต้องพยายามลดปริมาณรังสีที่คนไข้จะได้รับให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในการนี้จำเป็นจะต้องมีการวัดปริมาณรังสีที่คนไข้ได้รับโดยเฉพาะที่บริเวณระบบสืบพันธุ์ซึ่งเป็นส่วนที่อาจมีอันตรายได้มากที่สุด เพื่อใช้ประกอบในการคำนวณหาปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของประชากร

โดยทั่วไปการหาค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของประชากรนั้นจำเป็นจะต้องทราบรายละเอียดต่อไปนี้ :-

---

[2]Eisenbud, <u>op. cit.</u>, p. 29.

[3]Report: General Assembly Official Records, Thirteenth Session Supplement No. 17 (A/3838). 1958, pp. 14-16.

ก) ข้อมูลเกี่ยวกับผลการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (gonad dose) ของคนไข้ขณะได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์

ข) ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนคนไข้ที่ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ โดยแยกตามกลุ่มอายุ (Age groups) และเพศ (Sex)

ค) ประเภทของการวินิจฉัยโรค (Type of examinations) ซึ่งโดยปกติจะแยกออกได้เป็น 21 ประเภท ดังตารางที่ (5-1) และ(5-2)

ง) จำนวนประชากรทั้งหมดที่แยกตามกลุ่มอายุและเพศ

จ) Fertility indices*

สำหรับข้อ (ข) และ (ค) นั้น อาจสอบถามได้ที่บริการป้องกันรังสี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งได้ทำการสำรวจไว้แล้ว ส่วนข้อ (ง) และ (จ) อาจสอบถามได้ที่สำนักงานสถิติแห่งชาติได้เช่นกัน ดังนั้นเมื่อทำการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (gonad dose) ของคนไข้ขณะรับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์แล้วก็สามารถนำมาประกอบการคำนวณหาปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของประชากรได้

1.3 <u>ความมุ่งหมายเฉพาะ</u>

เพื่อศึกษาวิธีการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (Gonad dose measurements) ขณะคนไข้ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ โดยดำเนินงานเป็นขั้น ๆ ดังนี้:-

ก) ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการถ่ายรังสีเอกซ์ตามเทคนิคต่าง ๆ และบันทึกรายละเอียดขณะคนไข้ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ไว้ เช่นความหนาของคนไข้ (Patient thickness) ท่าที่ถ่าย (Projection) พลังงานของรังสีเอกซ์ที่ใช้ (Kilovoltage หรือ KV) ระยะจากจุดโฟคัสกับคนไข้ (Focus-skin distance) ฯลฯ เพื่อนำไปประกอบการคำนวณ

---

* ดูความหมายที่ท้ายเรื่อง

ข) ทำการวัดปริมาณรังสี (output) และค่า Half value thickness (H.V.T.) ของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทุกเครื่องในโรงพยาบาลที่เราต้องการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ตาม KV ต่าง ๆ

ค) เพื่อทำการทดลองหาค่า Ovary/air ratio เมื่อระบบสืบพันธุ์ (gonad) อยู่ในแนวของรังสี (In primary beam) ตามขนาดของพลังงาน (KV) และลำแสง (Field size) ต่าง ๆ โดยใช้หุ่นจำลอง (Phantom)

ง) ทดลองหาความสัมพันธ์ของรังสีสะท้อนไปถึงระบบสืบพันธุ์ เมื่อระบบสืบพันธุ์อยู่นอกแนวของลำแสง

จ) ทำการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (gonad dose) ของเพศชายโดยตรงขณะคนไข้ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ ด้วยเครื่องมือ Thermoluminescent dosemeter

1.4 <u>ขอบเขตของการวิจัย</u>

ก) ทำการวัดหาค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (gonad dose) เฉพาะในโรงพยาบาลใหญ่ ๆ ในกรุงเทพ ฯ เพียงบางแห่งที่ได้รับอนุญาต

ข) วัดเฉพาะบางเทคนิคที่ใช้ในการวินิจฉัยโรคแล้วทำให้คนไข้ได้รับปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์สูง (คือเทคนิคที่ระบบสืบพันธุ์อยู่ในแนวของลำแสง) และเทคนิคที่มีจำนวนคนไข้ที่ได้รับการตรวจมาก เช่น การถ่ายปอด (Chest) เป็นต้น แม้ว่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์จะน้อยก็ตาม

ค) วัดหาค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของคนไข้ เฉพาะการใช้รังสีเอกซ์วินิจฉัยเท่านั้น (Diagnostic X-ray examinations)

ง) ทำการวัดโดยตรงจากคนไข้ขณะรับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ และโดนใช้หุ่นจำลอง (Phantom) แทนคนไข้แล้วใช้ผลการทดลองประกอบการคำนวณ

1.5 <u>รังสีเอกซ์ที่ใช้ในทางวินิจฉัยโรค (Diagnostic X-rays)</u>

รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave)ชนิดหนึ่ง ที่มีความยาวคลื่น (Wave length) สั้น คล้ายรังสีแกมมา (Gamma rays) ผิดกันแต่ว่ารังสีเอกซ์เกิดจาก

มนุษย์ผลิตขึ้น ส่วนรังสีแกมม่าเกิดจากสารกัมมันตรังสี (Radioisotopes) มีอำนาจทะลุผ่าน (Penetrating power) สูง เนื่องจากไม่มีประจุไฟฟ้า รังสีเอกซ์เกิดจากการยิงอนุภาคอิเลคตรอน (Electrons) ที่มีความเร็วสูงไปชนสารบางชนิด ส่วนมากนิยมใช้ทังซเตน (Tungsten) เมื่ออนุภาคอิเลคตรอนชนกับเป้า (Target) จะทำให้สูญเสียพลังงานไปกลายเป็นพลังงานความร้อน (Heat) และรังสีเอกซ์ออกมา ดังนั้นพลังงานของรังสีเอกซ์จึงขึ้นอยู่กับพลังงานของอนุภาคอิเลคตรอนซึ่งขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ที่เราใส่เข้าไประหว่างขั้วของหลอดเพื่อเร่งอนุภาคอิเลคตรอนนั่นเอง

สำหรับรังสีเอกซ์ที่ใช้ในทางวินิจฉัยโรคนั้น ส่วนมากเราใช้ความต่างศักย์อยู่ในช่วงตั้งแต่ 40 ถึง 120 กิโลโวลท์ (Kilovolt) ซึ่งพลังงานของรังสีเอกซ์ในช่วงนี้ส่วนใหญ่จะน้อยกว่าพลังงานของรังสีแกมม่า แต่ก็เพียงพอที่จะทะลุผ่านร่างกายได้ เราอาจแบ่งการใช้รังสีเอกซ์ทางวินิจฉัยโรคออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.5.1 Radiography ได้แก่การใช้ในการถ่ายอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายลงไปบนฟิล์ม ในการนี้เพื่อให้ได้ภาพชัด จะต้องมีปริมาณรังสี (Intensity) สูง ระยะเวลาถ่ายสั้นมาก (เป็นเศษส่วนของวินาที) และแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ (Focus) ต้องเล็ก

1.5.2 Fluoroscopy ได้แก่การมองภาพโดยใช้รังสีเอกซ์ ในการนี้ต้องใช้เวลานาน (เป็นนาที) ดังนั้นปริมาณรังสีต้องน้อยกว่าข้อ (1.5.1) มาก เพื่อที่จะไม่เป็นอันตรายทั้งแพทย์ผู้ใช้และคนใช้

เพราะฉะนั้นเครื่องมือที่จะใช้วัดรังสีเอกซ์จะต้องวัดได้ในช่วงกว้าง (Wide range) และสามารถวัดในช่วงพลังงานต่าง ๆ กันได้

1.6 หน่วยที่ใช้ในการวัดรังสี (Units of Measurements)[4]

หน่วยที่ใช้ในการวัดรังสีมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับการใช้ ที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นหน่วยที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ

---

[4] International Commission on Radiological Units and Measurements (ICRU), Radiation Quantities and Units (Report 10a, Handbook 84, 1962) pp.2-5.

1.6.1 <u>เรินท์เกน (Roentgen)</u> เป็นหน่วยที่ใช้วัด Exposure dose ในอากาศ

"1 Roentgen" คือปริมาณรังสีเอกซ์หรือแกมม่า (Gamma) ซึ่งไอออนไนส์ (Ionize) อากาศ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร (หนัก 0.001293 กรัม) ที่ N.T.P. (Standard Temperature and Pressure) แล้วเกิดประจุไฟฟ้า 1 E.S.U. (Electrostatic Unit)

1.6.2 <u>แรด (Rad หรือ Radiation absorbed dose)</u> เป็นหน่วยที่ใช้วัดปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนไปในวัตถุ (Absorbed dose) ต่อหน่วยน้ำหนักของวัตถุนั้น

1 Rad = 100 ergs/gm

<u>ตัวอย่างการเปลี่ยนเรินท์เกนเป็นแรด</u>

จากคำจำกัดความของเรินท์เกนจะได้จำนวน ion pairs ใน 1 E.S.U.

$$= \frac{1}{4.8 \times 10^{-10}} = 2.08 \times 10^{9}$$

แต่ 1 ion pair ของอากาศใช้พลังงาน = 34 eV

∴ พลังงานทั้งหมด = $2.08 \times 10^{9} \times 34$ "

= 71×10^{3} Mev

= 0.114 ergs

แต่ Rad = 100 ergs/gm

1 ลบ.ซม.ของอากาศหนัก = 0.00129 gm

∴ ergs/gm = $\frac{0.114}{0.00129}$ = 88

นั่นคือ 1 เรินท์เกน = 0.88 แรด (ในอากาศ)

1.6.3 <u>เรม (Rem หรือ Roentgen equivalent man)</u> คือหน่วยที่ใช้สำหรับวัดปริมาณรังสีที่ให้ผลต่อร่างกายเหมือนกัน เนื่องจากผลของรังสีแต่ละชนิด เช่น รังสีเอกซ์, รังสีแอลฟา, นิวตรอน เป็นต้น มีต่อร่างกายไม่เท่ากันแม้ว่าปริมาณแรดจะเท่ากันก็ตาม ดังนั้นจึงต้องมีหน่วยเรมขึ้น

Rem = Rad x RBE

RBE คือ relative biological effectiveness ขึ้นอยู่กับชนิดของรังสี

ปัจจุบันเทอม RBE ใช้แต่ในทาง Radiobiology เท่านั้น สำหรับงานด้านการป้องกันนิยมใช้ "Dose equivalent (DE)" แทน กล่าวคือ

(DE) = D(QF)(DF).....

D หมายถึง absorbed dose

QF " quality factor

DF " distribution factor

และคูณด้วยแฟคเตอร์ตัวอื่น ๆ อีกที่จำเป็น (DE) มีหน่วยเป็นเรม เมื่อเทียบกับสูตรเดิมอาจเขียนเป็น

$(DE)_{rem} = C.F. \times D_{rad}$

C.F. เป็น Correction factor

สำหรับ fast neutron C.F. มีค่า = 10

thermal neutron " = 5

รังสีแอลฟ่า (alpha ray) " = 10 - 20

รังสีเอกซ์, แกมมา และบีตา " = 1