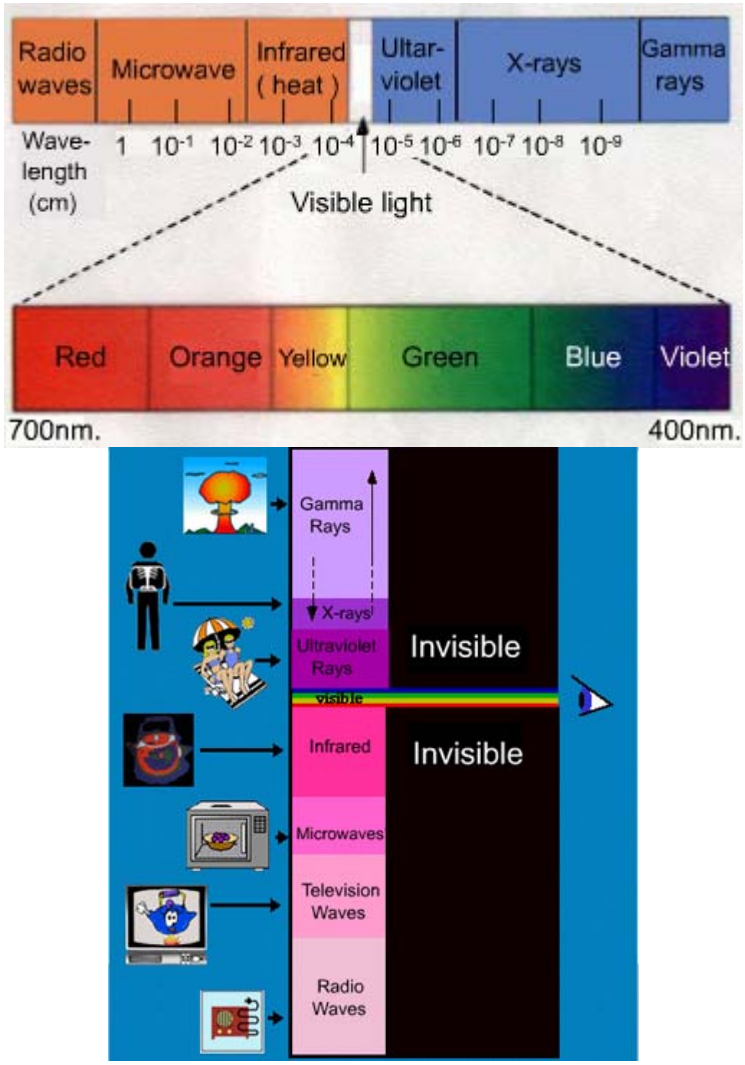
มารู้จักรังสีเอกซ์กันเถอะ เพื่อให้การใช้งานรังสีเอกซ์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

รังสีเป็นพลังงานที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดเช่น ความร้อนหรือแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ คลื่นไมโครเวฟจากเตาไมโครเวฟ รังสีเอกซ์จากหลอดเอกซเรย์ และรังสีแกมมาจากสารกัมมันตรังสี เป็นต้น รังสีหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดมีความแตกต่างที่ความถี่และความยาวคลื่นได้แก่ คลื่นความร้อน คลื่นวิทยุ แสงอินฟาเรด แสงแดด แสงอัลต้าไวโอเลต รังสีเอกซ์และรังสีแกมมา (เรียงจากความถี่ต่ำมาสูง)



รูปที่ 1.2 แถบพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(แหล่งที่มา http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/climate/cli_spectrum.html)

คุณสมบัติของรังสีเอกซ์ได้ดังนี้

1. รังสีเอกซ์เป็นทั้งคลื่นและอนุภาค การที่มีสมบัติเป็นคลื่นเพราะมีการสะท้อน การหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบน และเป็นอนุภาคเพราะมีโมเมนตัมเหมือนอนุภาคทั่วไป
2. รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ไม่สามารถที่จะถูกเบี่ยงเบนโดยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 1.3×10^{-11} ถึง 4.8×10^{-11} เมตร จึงไม่สามารถมองเห็นได้
3. รังสีเอกซ์ประกอบด้วยรังสีที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันมาก เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสงคือมีค่า 3×10^{8} m/s ในสุญญากาศ
4. รังสีเอกซ์สามารถทะลุผ่านวัตถุที่ไม่หนาจนเกินไปและมีความหนาแน่นน้อย ๆ ได้ เช่น กระดาษ ไม้ เนื้อเยื่อของคนและสัตว์ แต่ถ้าผ่านวัตถุที่มีความหนาแน่นมาก ๆ เช่น แพลตินัม ตะกั่ว กระดูก อำนาจทะลุผ่านก็จะลดลง
5. รังสีเอกซ์สามารถทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออนได้
6. รังสีเอกซ์สามารถทำให้ผลึกบางชนิดเรืองแสงและแสงที่เรืองออกมาสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าได้
7. รังสีเอกซ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ เช่นเมื่อรังสีเอกซ์ไปถูกฟิล์มถ่ายรูปจะทำให้ฟิล์มดำ จึงนำผลอันนี้มาใช้ในการถ่ายภาพบนฟิล์มเอกซ์เรย์

รังสีจะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ รังสีก่อประจุ (ionizing radiation) และไม่ก่อประจุ (non-ionizing radiation) ในทางรังสีวิทยาส่วนมากจะใช้รังสีก่อประจุ ซึ่งได้แก่ รังสีเอกซ์ และ รังสีแกมมา ในการวินิจฉัยและรักษาโรค เมื่อพิจารณารังสีนี้ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารังสีนี้อาจเรียกว่าโฟตอน ซึ่งเป็นกลุ่มพลังงานไม่มีประจุไฟฟ้า เดินทางด้วยความเร็วแสง 300,000 กม/วินาที หรืออาจพิจารณาในรูปของ อนุภาค โดยจะพิจารณาในส่วนประกอบที่เป็นโครงสร้างอะตอม (โปรตอน อิเลคตรอน เป็นต้น) ซึ่งอนุภาคเหล่านี้จะมีมวลและพลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่

แหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์

รังสีเอกซ์มิได้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ แต่เป็นรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น โดย ใช้ปรากฏการณ์อันหนึ่งที่ภาษาเยอรมันเรียกว่า เบรมม์ชตราห์ลุง (bremmstrahlung) ซึ่งแปลว่า สกัดกั้น หรือทำให้ช้าลงหรือทำให้หยุด (breaking radiation) เพราะรังสีเอกซ์ส่วนใหญ่ เกิดขึ้นจากการที่อิเล็กตรอน ซึ่งเป็นวัสดุที่มีมวลและมีน้ำหนัก วิ่งไปกระทบกับโลหะทังสเตน และถูกทังสเตนสกัดกั้นไว้ จนวิ่งช้าลงหรือจนหยุด ทำให้อิเล็กตรอนคายพลังงานจลน์ (kinetic energy) ของมันออกมา ตามกฎที่ว่า พลังงานย่อมไม่สูญหาย กล่าวคือ เมื่ออิเล็กตรอนกำลังวิ่ง มีพลังงาน 2 รูป คือ พลังงานศักย์ (potential energy) และพลังงานจลน์พอถูกทังสเตนหน่วงเหนี่ยวให้ หยุดจะเหลือแต่พลังงานศักย์ ส่วนพลังงานจลน์ไม่สูญหาย แต่เปลี่ยนรูปไปเป็น พลังงานใหม่อีก 2 รูป คือ ส่วนใหญ่ (มากกว่า 99%) เป็นความร้อน และ ส่วนน้อย (น้อยกว่า 1%) เป็นพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เรียกว่า รังสีเอกซ์ รังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นนี้เป็นส่วนผสมของรังสีเอกซ์ที่มีความยาวคลื่นต่างๆ กัน ตั้งแต่ความยาวคลื่นสั้นที่สุดซึ่งมีพลังงานสูงสุดที่เกิดจากอิเล็กตรอนที่ถูกทำ ให้หยุด และความยาวคลื่นปานกลางขนาดต่าง ๆ ไปจนถึงความยาวคลื่นที่ ยาวมาก ๆ ซึ่งเป็นรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานต่ำ และยังมีพลังงานจลน์เหลืออยู่ ส่วนผสมของรังสีเอกซ์นี้เรียกว่า เอกซเรย์สเปกตรัม (X-ray spectrum) รังสีเอกซ์ที่มีคลื่นสั้นมีพลังงานสูง จึงมีอำนาจทะลุทะลวงสูงกว่ารังสีเอกซ์ที่มี คลื่นยาว รังสีเอกซ์ยังเกิดขึ้นได้อีกวิธีหนึ่ง คือ เมื่ออิเล็กตรอนหลายวงที่วิ่ง วนรอบนิวเคลียสของอะตอม กระโดดจากวงหนึ่งที่มีระดับพลังงานสูงกว่าไปสู่ วงอื่น ที่มีระดับพลังงานต่ำกว่า จะคายพลังงานออกมาในรูปของรังสีเอกซ์ ที่ มีพลังงานเฉพาะและคงที่ สุดแล้วแต่ลักษณะอะตอมของธาตุหนึ่ง ๆ รังสี เอกซ์ที่ได้มาด้วยวิธีนี้ จึงเรียกว่า รังสีลักษณะเฉพาะ (characteristic radiation)

การประยุกต์ใช้ทางการแพทย์

ตั้งแต่การค้นพบของ Roentgen ว่ารังสีเอกซ์สามารถบอกรูปร่างของกระดูกได้ รังสีเอกซ์ได้ถูกพัฒนาเพื่อนำมาใช้ในการถ่ายภาพในการแพทย์ นำไปสู่สาขาที่เรียกว่า รังสีวิทยา โดยนักรังสีวิทยาได้ใช้ ภาพถ่าย (radiography) ที่ได้มาใช้ในการช่วยการวินิจฉัยโรคนั่นเอง

รังสีเอกซ์มักถูกนำมาใช้ในการตรวจหาสภาพทางพยาธิวิทยาของกระดูก แต่ก็สามารถหาความผิดปกติของบางโรคที่เป็นที่เนื้อเยื่อทั่วไปได้ ตัวอย่างที่พบเห็นได้ทั่วไปเช่นการเอกซเรย์ปอด ซึ่งสามารถบอกถึงความผิดปกติได้หลายโรค เช่น โรคปอดบวม (pneumonia) โรคมะเร็งปอด (lung cancer) หรือน้ำท่วมปอด (pulmonary edema) รวมถึงการเอกซเรย์ช่องท้อง เช่นการตรวจภาวะอุดตันในลำไส้เล็ก ภาวะลมหรือของเหลวคั่งในช่องท้อง ในบางครั้งยังใช้ในการตรวจหานิ่วในถุงน้ำดีหรือนิ่วในกระเพาะปัสสาวะได้ รวมทั้งในบางกรณีสามารถใช้ในการถ่ายภาพเนื้อเยื่อบางชนิด เช่น

สมองและกล้ามเนื้อได้ แต่นับแต่ในปี 2005 รังสีเอกซ์ถูกขึ้นบัญชีในรัฐบาลสหรัฐอเมริกาว่า เป็นสารก่อมะเร็ง การถ่ายภาพเนื้อเยื่อส่วนใหญ่จึงถูกพัฒนาโดยใช้เทคนิค CT scanning (computed axial tomography) หรือใช้เทคนิค MRI (magnetic resonance imaging) หรือ ultrasound ทดแทน

ปัจจุบัน การรักษาโรคมะเร็งส่วนใหญ่ได้มีการนำรังสีมาช่วยในการรักษาโรค (Radiotherapy) และได้มีการรักษาพยาธิสภาพต่าง ๆ เช่น การรักษาแบบ real-time ในการผ่าตัดถุงน้ำดี การขยายหลอดเลือด (angioplasty) หรือการกลืนสาร barium enema เพื่อตรวจสภาพลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ โดยการใช้ fluoroscopy

หน่วยวัดทางรังสี

หน่วยของรังสีและกัมมันตภาพรังสี

หน่วย คือชื่อเฉพาะที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้บอก ขนาดและปริมาณของสิ่งต่างๆ หน่วยของรังสีและกัมมันตภาพรังสี มีดังต่อไปนี้

ปริมาณ	หน่วยเดิม	หน่วยใหม่ (SI unit)
กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)	คูรี (Ci)	เบคเคอเรล (Bq)
รังสีที่ถูกดูดกลืน (Absorbed dose)	แรด (Rad)	เกรย์ (Gy)
รังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว (Exposure)	เรินท์เกน (R)	คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม (C/kg)
รังสีสมมูล (Dose Equivalent)	เรม (Rem)	ซีเวิร์ต (Sv)

ปริมาณกัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)

ดังที่กล่าวแล้วว่าคือ การเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียร์ ยังผลให้เกิดการแผ่รังสี หรือมีอนุภาคที่มีพลังงานเกิดขึ้น ไอโซโทป รังสีหรือนิวไคลด์รังสี (Radionuclide) จึงเป็นแหล่งกำเนิดรังสีชนิดหนึ่งในหลายชนิด การวัดจำนวนไอโซโทปรังสี หรือนิวไคลด์รังสี ไม่อาจทำได้โดยการชั่งน้ำหนัก หรือตวง วัดได้ เพราะไอโซโทปรังสีจะปนอยู่กับไอโซโทปอื่น ๆ เสมอ แม้แต่เมื่อทำการแยกให้บริสุทธิ์แล้ว เมื่อเวลาผ่านไปการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ก็จะทำให้เกิด ธาตุใหม่ขึ้นปะปน ดังนั้นปริมาณกัมมันตภาพรังสีในขณะใดขณะหนึ่งจึงวัดได้โดยวัดรังสีที่เกิดขึ้น ในขณะนั้น ซึ่งเป็นผลของการเปลี่ยนแปลงทาง นิวเคลียร์ที่เกิดขึ้น หน่วยของปริมาณกัมมันตภาพรังสี เดิมอาศัยการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียร์ ของธาตุเรเดียมหนัก 1 กรัม ซึ่งเท่ากับ $3.7x10^{10}$ disintegration per second และเรียกว่า 1 คูรี (Ci)

1 คูรี (Ci) = $3.7x10^{10}$ครั้งต่อวินาที่ (s^{-1})

ต่อมาใช้ SI unit หน่วยของกัมมันตรังสี ควรจะเป็น s^{-1}แต่ให้ใช้ชื่อเฉพาะว่า เบคเคอเรล (Bq) ดังนั้น

1 (Bq) = $1s^{-1}$ และ 1 Ci = $3.7x10^{10}$Bq

ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจะมีผลเมื่อเข้าสู่ร่างกาย เพราะรังสีที่เกิดขึ้นจะถูกดูดกลืนในอวัยวะและเนื้อเยื่อของร่างกายมากที่สุด โดยเฉพาะเมื่อการ เปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียร์นั้นให้อนุภาคแอลฟา หรือ เบต้า เพราะอนุภาคทั้งสองเป็นอนุภาคที่มีพิสัยต่ำ แน่นอนว่าจะต้องถ่ายทอด พลังงานทั้งหมดให้อวัยวะ และ เนื้อเยื่อในร่างกาย ทำให้เกิดอันตรายมากที่สุด

ปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน (Absorbed dose)

ผลของรังสีต่อวัตถุต่างๆบางอย่างที่สามารถสังเกตเห็นได้ เช่น การที่แก้วหรือพลาสติกเปลี่ยนสีเมื่อนำไปฉายรังสี เป็นเพราะเนื้อแก้ว ดูดกลืน พลังงานของรังสีเข้าไว้ เนื่องจากรังสีแต่ละชนิดมีความสามารถทะลุผ่านวัตถุได้ไม่เท่ากัน และถ่ายเทพลังงานให้กับวัตถุแต่ละชนิดได้ไม่เท่า กัน ดังนั้น ผลของรังสีต่อวัตถุ จึงแปรผันตามปริมาณพลังงานรังสีที่วัตถุนั้นดูดกลืนไว้ ตัวอย่าง เช่น รังสีแอลฟาและรังสีเบต้า จะถ่ายเทพลังงานทั้งหมดให้กับ วัตถุ ในระยะทางจากผิวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โฟตอนพลังงานต่ำๆ ก็เช่นกัน ผลก็คือจะทำให้เกิดรอยไหม้ที่ผิวหนัง ถ้าเป็นโฟตอนพลังงานสูงหรือนิวตรอน พลังงานบางส่วนอาจทะลุออกไปจากวัตถุ บางส่วนของพลังงาน ถูกดูดกลืนไว้ หน่วยของ Absorbed dose เดิมใช้ rad (radiation absorbed dose) ซึ่งเท่ากับพลังงานรังสีที่ถูกดูดกลืน 100 ergs ในวัตถุมวล 1 gm

1 rad = 100 ergs/gm

ในปัจจุบันหน่วย SI unit ซึ่งใช้หน่วยใหญ่คือ MKS เป็นมาตรฐาน ให้หน่วยของ absorbed dose จากหน่วยของพลังงานเป็นจูล (Joule) และหน่วยของมวลเป็นกิโลกรัม (kg) โดยใช้ชื่อเฉพาะว่า เกรย์ (Gy)

1 Gy = 1 Jkg^{-1} = 100 rads

ปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว (Exposure)

Exposure เป็นปริมาณรังสีที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับผลของรังสีเพราะเพียงแต่วัดว่า มีการแตกตัวของอากาศมากน้อยเพียงใด การวัด Exposure เป็นที่นิยมเพราะเป็นวิธีที่มีความไวสูง และสามารถวัดค่าได้ถูกต้องมากด้วยเทคนิคในปัจจุบัน หน่วยเดิมของ Exposure คือ เรินท์เกนท์ (R) ซึ่งเท่ากับปริมาณรังสี ที่ทำให้อากาศแตกตัวให้ประจุ 1 e.s.u. ในอากาศแห้ง 1 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ที่ NTP หรืออากาศมวล $1.293x10^{-3}$กรัม ปัจจุบันหน่วย SI ใช้เป็นคูลอมบ์ต่อกิโลกรัม (C/kg) โดยที่

1 เรินท์เกน = $2.58x10^{-4}$ คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม

ประจุ 1 e.s.u. มีค่าเท่ากับ $3.335x10^{-10}$ คูลอมบ์

ปริมาณรังสีสมมูล (Dose Equivalent)

Dose equivalent เป็นหน่วยที่นำเอาผลทางชีววิทยาของรังสีเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยโดยอาศัยค่า absorbed dose เฉลี่ยทั่ว กลุ่ม ของเนื้อเยื่อ หรืออวัยวะร่วมกับ radiation weighting factor (W_R) ตามชนิดและพลังงานของรังสี ในการหาค่า dose equivalent (H_T) ของกลุ่ม เนื้อเยื่อ และอวัยวะต่างๆ ดังสูตรต่อไปนี้

$$H_T = S_R W_R x D_{TxR}$$

เมื่อ D_{TxR} เท่ากับ absorbed dose เฉลี่ยทั่วกลุ่มเนื้อเยื่อ หรืออวัยวะ (T) เนื่องจากรังสี (R) ค่า W_Rนี้มีความสัมพันธ์กับค่า relative biological effectiveness (RBE) ซึ่งอาศัยการเปรียบเทียบความเสียหายของเนื้อเยื่อ เมื่อได้รับ absorbed dose จากรังสีต่างชนิด และ ต่างพลังงาน

ตารางค่า Radiation weighting factors (W_R)

Type and energy range	Radiation weighting factor,W_R
Photons, all energies	1
Electrons and neutrons, all energies	1
Neutrons, energy < 10 keV	5
10 keV to 100 keV	10
< 100 keV to 2 MeV	20
> 2 MeV to 20 MeV	10
> 20 MeV	5
Protons, other than recoil protons, energy > 2 MeV	5
Alpha particles, fission fragments, heavy nuclei	20

หน่วยเดิมของ dose equivalent เรียกว่า rem มีค่าเท่ากับ Absorbed dose (rad) x W_R ในปัจจุบัน หน่วย equivalent dose ใน SI unit ใช้ว่า ซีเวิร์ต (Sv) และมีค่าเท่ากับ Absorbed dose (Gy) x W_R ดังนั้น

1 ซีเวิร์ต (Sv) = 100 เรม (rem)

แต่หน่วย ซีเวิร์ต (Sv) เป็นหน่วยใหญ่ ค่าปริมาณรังสีส่วนมากจะเป็นมิลลิซีเวิร์ต

ผลของรังสีต่อสิ่งมีชีวิต

รังสี คือ พลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และกระแสของอนุภาคเล็ก ๆ ที่มีความเร็วสูง และมีอยู่แล้วในธรรมชาติรอบตัวเรา รังสีอาจจะมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ หากมีพลังงานและความเข้มของรังสีสูง ดังนั้น การใช้ประโยชน์จากรังสี และสารกัมมันตรังสี จึงต้องจัดให้มีมาตรการรักษาความปลอดภัยที่เหมาะสม เพื่อป้องกันอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและสาธารณชน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลวิชาการประเมินว่า มนุษย์ได้รับรังสีส่วนใหญ่จากธรรมชาติ

เนื่องจากรังสีเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง ดังนั้น เมื่อกระทบวัสดุต่าง ๆ และสิ่งมีชีวิตก็ย่อมเกิดผลกระทบขึ้นได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างได้แก่ ชนิดของรังสี พลังงานของรังสี ปริมาณของ

รังสี และชนิดของอวัยวะที่รังสีตกกระทบ ทั้งนี้ โดยที่เซลล์เนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ แต่ละส่วน ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตนั้น มีปฏิกิริยาตอบสนองต่อรังสีแตกต่างกันไป รังสีที่แผ่ออกจากธาตุกัมมันตรังสี เมื่อผ่านเข้าไปในสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย จะทำให้เกิดการแตกตัว เป็นไอออนของอะตอมตามแนวทางที่รังสีผ่านไป ทำให้เกิดผลเสียต่อสิ่งมีชีวิต 2 แบบ คือ

ผลชัดเจน (deterministic effect)

ผลที่เกิดขึ้นเมื่อร่างกายได้รับรังสีปริมาณเกินขีดเริ่มเปลี่ยน ทำให้เห็นผลกระทบอย่างชัดเจน ผลนี้จะแปรผันตรงกับปริมาณรังสีที่ได้รับ เช่น เกิดเป็นผื่นแดงขึ้นตามผิวหนัง ผมร่วง เซลล์ตาย เป็นแผลเปื่อย ภาวะเกิดพังผืดที่ปอด (fibrosis of the lung) มะเร็งเม็ดเลือดขาว (leukemia) ต้อกระจก (cataracts) ซึ่งร่างกายจะเป็นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของรังสีที่ได้รับ ส่วนของร่างกายที่ได้รับรังสี และอายุของผู้ได้รับรังสี ดังนั้นผู้ได้รับรังสีหากมีอายุน้อยแล้วอันตรายเนื่องจากรังสีจะมีมากกว่าผู้ที่มีอายุมาก ในทารกแรกเกิดแล้วอาจได้รับอันตรายถึงพิการหรือเสียชีวิตได้ ข้อมูลที่ได้จากการใช้ลูกระเบิดนิวเคลียร์ในสงครามโลกครั้งที่ 2 อุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ และการใช้รังสีทางการแพทย์ ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มอาการได้รับรังสีทั่วร่างกายออกได้เป็น 3 กลุ่ม โดยต้องเกิดภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

1. ได้รับรังสีภายในระยะเวลาสั้น ๆ (นาที)
2. ทั่วร่างกายได้รับรังสี
3. ต้นกำเนิดรังสีอยู่ภายนอกร่างกายและเป็นรังสีชนิดที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูง

โดยในกลุ่มอาการทั้ง 3 จะมีระยะของการตอบสนองดังนี้

- ระยะเตือนล่วงหน้า (prodromal stage)
  – อาเจียน ผิวหนังเป็นผื่นแดง หายใจไม่สะดวก ตาอักเสบ มีไข้
- ระยะแฝง (latent stage)
  – ไม่มีการแสดงผล อาการออกมา

ระยะแสดงผล (Manifest stage)

- – มีไข้ ท้องร่วง ติดเชื้อ เม็ดเลือดลดลง โลหิตออก ผมร่วง ผิวหนังพอง บวม และเป็นแผลลึก ปวดท้องรุนแรง กล้ามเนื้อไม่ทำหน้าที่ร่วมกัน

ดังนั้นแม้มนุษย์ได้รับรังสีทั่วร่างกาย แต่ผลที่เกิดขึ้นต่ออวัยวะต่าง ๆ จะไม่เท่ากันดังตารางต่อไปนี้

ค่าปรับเทียบตามชนิดเนื้อเยื่อ (Tissue weighting factor) ของอวัยวะต่าง ๆ

อวัยวะ	tissue weighting factor
อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (gonad)	0.20
ไขกระดูก (bone marrow)	0.12
ลำไส้ใหญ่ (colon)	0.12
ปอด (lung)	0.12
กระเพาะ (stomach)	0.12
กระเพาะปัสสาวะ (bladder)	0.05
เต้านม (breast)	0.05
ตับ (liver)	0.05
หลอดอาหาร (esophagus)	0.05
ต่อมไทรอยด์ (thyroid)	0.05
ผิวหนัง (skin)	0.01
ผิวกระดูก (bone surface)	0.01
อวัยวะอื่น ๆ (remainder)	0.05

ที่มา: ICRP Publication 60, 1994

***tissue weighting factor** หมายถึง ค่าปรับเทียบตามชนิดเนื้อเยื่อ ซึ่งแสดงถึงผลกระทบจากรังสี ที่มีต่อเนื้อเยื่อหรืออวัยวะต่าง ๆ

รูปที่ 2 < อุบัติเหตุทางรังสี (Co-60) > ประเทศไทย

ผลไม่ชัดเจน (Stochastic effect)

เป็นผลของรังสีต่อสิ่งมีชีวิต ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ของผู้ได้รับรังสีที่ปริมาณน้อย ๆ ในระยะเวลาที่นาน ๆ ผลของรังสีต่อร่างกายมนุษย์ในระยะยาวสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเกิดมะเร็ง มะเร็งซึ่งเชื่อว่าเป็นผลมาจากรังสี ได้แก่มะเร็งของเม็ดเลือดขาว ผิวหนัง กระดูก ปอด ไทรอยด์ เต้านม ซึ่งจะมีระยะแอบแฝงประมาณ 20-30 ปี ยกเว้นมะเร็งเม็ดเลือดขาวซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 7-12 ปี และหากเกิน 20 ปีไปแล้วอุบัติการณ์จะสู่ปกติ
2. อายุสั้น ผู้ได้รับรังสีจะมีอายุสั้นกว่าที่ควร
3. การถ่ายทอดไปยังลูกหลาน ถ้ามีการผ่าเหล่าเกิดขึ้นกับเซลล์สืบพันธุ์ (germ cells) ก็มีโอกาสเป็นไปได้ที่ความผิดปกติจะถ่ายทอดไปยังลูกหลาน

จากประสบการณ์ตรวจสอบผลจากรังสีจากการทิ้งลูกระเบิดนิวเคลียร์ และการศึกษาวิจัยและปฏิบัติงาน เกี่ยวข้องกับพลังงานนิวเคลียร์ รังสี และ วัสดุกัมมันตรังสี ตลอดช่วงเวลา 100 ปี ที่ผ่านมา ได้มีการสรุปผลความเสี่ยงและอันตรายของรังสีต่อมนุษย์ และสรุปเป็นเกณฑ์อันตรายของรังสีดังนี้

ระดับความแรงรังสีและอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น

ความแรงรังสีระดับ 10,000 มิลลิซีเวิร์ต ในระยะเวลาสั้น ๆ	เกิดการบาดเจ็บทางรังสีทันที และทำให้ถึงแก่ความตายใน 2-3 สัปดาห์
ความแรงรังสีระดับ 1,000 มิลลิซีเวิร์ต ในระยะเวลาสั้น ๆ	เกิดการบาดเจ็บทางรังสี เช่นคลื่นไส้ อาเจียน แต่ไม่ถึงตาย และอาจเกิดเป็นมะเร็งในระยะ หลัง
ความแรงรังสีระดับ 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	เกณฑ์ความปลอดภัยทางรังสี สำหรับผู้ปฏิบัติงานในสถานปฏิบัติงานทางรังสี
ความแรงรังสีระดับ 2 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	ระดับรังสีปกติในธรรมชาติ
ความแรงรังสีระดับ 0.05 มิลลิซีเวิร์ต	ระดับรังสีสูงสุด ที่ยอมให้มีอยู่ ณ รอบบริเวณสถานปฏิบัติงานนิวเคลียร์

อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี

รูปที่ 3 เสื้อตะกั่ว (lead upon) และ ไทรอยด์ชิลด์ (thyroid shield)

รูปที่ 4 แผ่นตะกั่วครึ่งตัวสำหรับสตรีตั้งครรภ์

รูปที่ 5 แผ่นตะกั่วปิดอวัยวะสืบพันธุ์ (Gonad shield)

รูปที่ 6 แผ่นวัดรังสีชนิด OSL

มาตรการความปลอดภัยในการป้องกันอันตรายจากรังสีโรงพยาบาลบ้านตาขุน

โรงพยาบาลบ้านตาขุนเป็นโรงพยาบาลทั่วไปขนาด 10 เตียง มีการใช้รังสีเพื่อการตรวจวินิจฉัยโรคทั่วไป และวินิจฉัยโรคทางทันตกรรม เป็นที่ทราบกันดีว่ารังสีเอกซ์มีทั้งประโยชน์และโทษ ดังนั้น การใช้รังสีเอกซ์จึงจำเป็นต้องมีการใช้อย่างถูกต้อง เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งใช้หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี ALALA (As low as reasonably achievable) ซึ่งเป็นการใช้รังสีอย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล และหลักการป้องกันอันตรายจากรังสีเอกซ์โดยใช้

Time หมายถึง ระยะเวลาในการเอกซเรย์ให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น

Distance หมายถึง ระยะทางให้ห่างจากจุดกำเนิดรังสีให้มากเท่าที่จำเป็น

Shield หมายถึง อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีเอกซ์ ซึ่งรังสีเอกซ์สามารถป้องกันด้วยอุปกรณ์ที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ตะกั่ว หรือ คอนกรีตหนา ซึ่งโรงพยาบาลบ้านตาขุนมีตะกั่วชนิดเสื้อ และชนิดเฉพาะส่วน เช่น ส่วนไทรอยด์ และอวัยวะสืบพันธุ์ ซึ่งเป็นอวัยวะที่ไวต่อรังสี

สำหรับบุคคลที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับรังสีไม่ควรเกิน 20 มิลลิซีเวิร์ทต่อปี

สำหรับบุคคลทั่วไปไม่ควรเกิน 1 มิลลิซีเวิร์ทต่อปี

มิลลิซีเวิร์ต (Millisievert : mSv) เป็นหน่วยวัดปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับ

วิธีการปฏิบัติในการป้องกันอันตรายจากรังสี

1. <u>การป้องกันอันตรายจากรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงาน และผู้ร่วมงาน</u>

1.1 ขณะทำการถ่ายภาพรังสี เจ้าหน้าที่จะต้องอยู่หลังฉากป้องกันรังสี

1.2 หากจำเป็นต้องจับผู้รับบริการ จะต้องสวมเสื้อตะกั่ว และ อุปกรณ์ป้องกันไทรอยด์ โดยยืนอยู่ไกลจากลำแสง และไม่อยู่ในทิศทางของแสง

1.3 ติดเครื่องวัดรังสีประจำบุคคล โรงพยาบาลบ้านตาขุนได้ใช้เครื่องวัดรังสีชนิด OSL

1.4 การถ่ายเอกซเรย์ฟัน ควรให้ผู้ป่วยจับฟิล์มไว้เอง ถ้าไม่ได้ผลควรใช้คีมยาวจับ และเจ้าหน้าที่ควรสวมเสื้อตะกั่วด้วยเพื่อป้องกัน

1.5 เจ้าหน้าที่มีการตรวจสุขภาพประจำปีทุกปี

1.6 ขณะที่ทำการถ่ายภาพรังสีจะต้องปิดประตูห้องเอกซเรย์ให้สนิท และมีป้ายห้ามเข้าขณะที่ไฟสีแดงหน้าห้องปรากฏอยู่

1.7 ไม่หันหลอดเอกซเรย์ไปทางห้องควบคุม

1.8 เจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบด้านรังสีจะต้องได้รับการอบรมวิชาการทางด้านรังสีทุกปี

1.9 มีการตรวจความพร้อมของเครื่องมือให้มีความพร้อมใช้ก่อนปฏิบัติงานทุกเช้า

1.10 มีการตรวจวัดความถูกต้องและแม่นยำปริมาณรังสีของเครื่องเอกซเรย์โดยศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11 ทุกปี

1.11 มีป้ายแจ้งเตือนบริเวณรังสีให้ทราบหน้าห้องตรวจ

2. <u>การป้องกันอันตรายจากรังสีสำหรับผู้รับบริการ</u>

เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้รังสี และผู้รับบริการได้รับรังสีน้อยที่สุด ควรปฏิบัติตามขั้นต้นดังนี้

2.1 การตรวจเอกซเรย์ควรจะกระทำเมื่อแพทย์เห็นสมควร

2.2 ควรหรี่ลำแสงให้เหมาะสมกับอวัยวะที่ตรวจ

2.3 ตั้งระยะ F.F.D ถูกต้อง เพื่อป้องกัน skin dose มากเกินไป เป็นไปตามกฎกำลังสองผกผันระยะของหลอดเอกซเรย์ หรือ dose ก็จะลดลง

2.4 เทคนิคในการถ่ายฟิล์มและล้างฟิล์มต้องถูกต้องต้องมาตรฐาน ควรเลือกใช้ฟิล์มและสกรีนที่มีความไวที่สูง

2.5 ใช้แผ่นกั้นรังสีบริเวณอวัยวะที่มีความไวต่อรังสี เช่น Thyroid shield (บริเวณไทรอยด์) และ Gonad shield (บริเวณอวัยวะสืบพันธุ์)

2.6 ใช้ Filter ในการกรองแสงเพื่อกำจัด secondary radiation ที่ไม่เป็นประโยชน์

2.7 ใช้เทคนิคการจัดท่าผู้ป่วยถูกต้อง และอธิบายขั้นตอนการตรวจให้ผู้รับบริการรับทราบ

2.8 ใช้อุปกรณ์ immobilizer เพื่อป้องกันการเคลื่อนไหวของผู้รับบริการขณะทำการถ่ายภาพรังสี

2.9 มีการตรวจสอบสภาพความพร้อมใช้ของเครื่องมือก่อนปฏิบัติงานทุกเช้า

2.10 มีการตรวจสอบชื่อ สกุล ผู้รับบริการก่อนทำการถ่ายภาพเอกซเรย์เพื่อลดความผิดพลาดในการเอกซเรย์ผิดคน

2.11 มีการซักประวัติการตั้งครรภ์ในสตรีวัยเจริญพันธุ์ และบันทึกการซักประวัติในซองฟิล์มผู้รับบริการ โดยระยะที่ปลอดภัยของการตั้งครรภ์คือ 10 วันนับหลังจากประจำเดือนวันแรก

2.12 มีป้ายเตือนบริเวณรังสีหน้าห้องตรวจ และป้ายแจ้งเตือนให้กับสตรีที่ตั้งครรภ์หรือสงสัยว่ามีการตั้งครรภ์แจ้งให้เจ้าหน้าที่ทราบ

2.13 ผู้รับบริการเอกซเรย์ฟัน ควรได้รับการป้องกันโดยการสวมอุปกรณ์ป้องกันไทรอยด์และสอบถามประวัติการตั้งครรภ์

2.14 ใช้เทคนิค High kV และ low mA

2.15 มีการตั้งค่าเอกซเรย์ตาม Exposure chart

2.16 สำหรับสตรีที่ตั้งครรภ์ที่จำเป็นต้องเอกซเรย์ มีการใช้ตะกั่วชนิดครึ่งตัว ปิดบริเวณช่วงท้อง

2.17 ผู้ที่ช่วยในการจัดท่าผู้ป่วยจะต้องได้รับการป้องกันอันตรายจากรังสีเอกซ์ โดยสวมเสื้อตะกั่วทุกครั้ง

2.18 ผู้ที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการตรวจเอกซเรย์ ไม่ควรเข้ามาในแผนกโดยไม่จำเป็น

รูปที่ 7 แสดงการป้องกันอันตรายจากรังสีบริเวณลำคอให้กับผู้รับบริการเอกซเรย์ฟัน

รูปที่ 8 ภาพแสดงการเปิดแสงเฉพาะส่วนที่เอกซเรย์

รูปที่ 9 ภาพแสดงการป้องกันอันตรายจากรังสีให้กับสตรีตั้งครรภ์

รูปที่ 10 ภาพแสดงการทำ QC เครื่องล้างฟิล์มก่อนปฏิบัติงาน

รูปที่ 11 ภาพแสดงการหันลำตัวออกเพื่อลดการรับรังสีบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์

รูปที่ 12 ภาพแสดงการป้องกันอันตรายจากรังสีให้ญาติและผู้ป่วย