บทที่ 2

รายงานอื่นที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับผลของรังสี[1]

ภายหลังการค้นพบเอกซเรย์ในปี พ.ศ. 2438 แล้วประมาณ 6 เดือน นักวิทยาศาสตร์ที่ทำการทดลองเรื่องรังสีเอกซ์ก็พบว่า รังสีชนิดนี้สามารถทำให้เกิดอาการผิดปกติบนผิวหนังได้ เช่น ผมร่วง ผิวหนังไหม้เกรียม และผิวหนังอักเสบ ผิวหนังที่ไหม้เกรียมบางแห่งกลายเป็นแผลเรื้อรังได้ แต่อย่างไรก็ตามในสมัยนั้นจำนวนบุคคลที่ได้รับอันตรายเนื่องจากรังสีเอกซ์เป็นจำนวนเท่าใดยังไม่มีใครทราบ เมื่อ พ.ศ. 2441 ได้มีการค้นพบเรเดียมแล้ว ซึ่งอีก 40 ปี ต่อมาปรากฏว่ามีคนใช้เรเดียมเป็นจำนวน 2 ปอนด์ ซึ่งทำให้คนเป็นอันตรายจากรังสีที่ปล่อยออกมาจากธาตุนี้ เพราะยังไม่ทราบวิธีใช้ที่ถูกต้อง และในสมัยเดียวกันนั้นพบว่าคนงานในเหมืองถ่านหินที่เมืองโจคิมเทา (Joachimsthal)ประเทศเชคโกสโลวาเกีย เป็นมะเร็งที่ปอดเป็นจำนวนมาก สาเหตุเพราะหายใจเอาสารกัมมันตรังสีที่เป็นแก๊สเข้าไป ซึ่งได้แก่พวกแก๊สเรดอนและโทรอน

จากประสบการณ์ในสมัยแรก ๆ นั้นยังทราบต่อไปอีกว่าถ้าได้รับปริมาณรังสีสูงจะมีการเปลี่ยนแปลงในระบบโลหิต และอาจมีผลทำให้รางกายเป็นหมันได้ด้วย

ด้วยเหตุดังกล่าวข้างต้น ในปี พ.ศ. 2485 จึงได้มีการวิจัยกันอย่างกว้างขวางถึงกลไกของรังสีที่ก่อให้เกิดอันตราย ผลของการถูกรังสีนี้จะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับ

---

[1]Merril Eisenbud Environmental Radioactivity (New York : McGraw-Hill Book Company Inc. c 1963) PP. 12 - 13

ปริมาณรังสีที่ได้รับ และขึ้นกับระยะเวลาที่ได้รับรังสีด้วย ถ้าปริมาณรังสีสูงมากภายในระยะเวลาสั้น ๆ จะสังเกตเห็นได้ทันที แต่ถ้าได้รับปริมาณรังสีที่ละน้อยเป็นเวลานาน ผลอาจจะเกิดขึ้นภายหลังก็ได้

ผลของรังสีที่ได้รับแบบครั้งเดียว
(The effects of acute exposure)[2]

เมื่อได้รับปริมาณรังสีจำนวนมากทั่วร่างกาย ผลของรังสีจะสังเกตเห็นได้ในวันแรกและวันต่อมา ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดของปริมาณรังสีที่ได้รับ เช่นถ้าได้รับขนาด 400 เรินท์เกนถึง 500 เรินท์เกน จะทำให้ถึงแก่ความตายราว 50 เปอร์เซ็นต์ (คือจำนวนผู้ถูกรังสี 100 คน จะตายราว 50 คน) ถ้าได้รับรังสีทั่วร่างกาย 1000 เรินท์เกน มีโอกาสตายถึง 100 เปอร์เซ็นต์

อาการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหลังจากถูกรังสี 100 เรินท์เกนถึง 250 เรินท์เกน จะมีอาการเวียนหัวและอาเจียร จะเป็นอยู่ราว 2 สัปดาห์ ถ้าได้รับปริมาณรังสีมากกว่า 700 เรินท์เกน ก็จะมีอาการรุนแรงมากขึ้น คือผมร่วง เจ็บคอ ตกโลหิตที่อวัยวะภายใน และตกโลหิตที่ผิวหนังและท้องเดิน สิ่งที่เปลี่ยนแปลงต่อไปที่เกิดขึ้นก็คือ ส่วนประกอบของเม็ดเลือด อวัยวะสร้างเม็ดโลหิตเสียไป และมีผลต่อส่วนประกอบของโลหิตที่ไหลเวียนอยู่ในร่างกาย

ผลของรังสีที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับรังสีแล้วเป็นเวลานาน
(Delayed effects)[3]

ถ้าได้รับปริมาณรังสีที่ละน้อยเป็นเวลานาน ผลของรังสีจะยังไม่ปรากฏให้เห็นได้ในทันที แต่จะมีอาการปรากฏให้เห็นได้ต่อเมื่อเวลาผ่านมาหลายปีแล้ว เช่นสีของผม

---

[2] Ibid., P. 14

[3] Ibid., P. 16

เป็นต้อหิน เป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาว (Leukemia) และเป็นมะเร็งชนิดต่าง ๆ พวกนี้จะเกิดขึ้นหลังจากรับรังสีสะสมอยู่นานถึง 5 ปี หรือนานกว่านั้น

ผลของรังสีทั้งหมดนี้สามารถจะแบ่งออกเป็น 2 ประการใหญ่ ๆ คือ ผลของรังสีต่อเซลล์ร่างกาย (Somatic effects) และผลของรังสีต่อเซลล์สืบพันธุ์ (Genetic effects)

1. ผลของรังสีต่อเซลล์ของร่างกาย (Somatic effects) รังสีก่อให้เกิดผลต่อสิ่งที่มีชีวิตมากมาย สิ่งที่น่ากลัวคือมะเร็งเม็ดเลือดขาว (Leukemia) และมะเร็งชนิดอื่น ๆ ต้อหิน และมีส่วนทำให้สิ่งที่มีชีวิตมีอายุสั้นกว่าปกติ

1.1 มะเร็งของเม็ดเลือดขาวเป็นโรคที่ไม่ค่อยพบมากนัก แต่จากการสังเกตพบเป็นกับชาวญี่ปุ่นที่เมืองฮิโรชิมา และนากาซากิ ในพวกเด็ก ๆ ที่ได้รับการรักษาด้วยรังสี เนื่องจากต่อมไธมัสโต พวกคนไข้ที่เป็นโรคกระดูกสันหลังอักเสบและรับการรักษาด้วยรังสี อีกพวกหนึ่งคือพวกแพทย์ที่ได้รับปริมาณรังสีทีละน้อยเป็นเวลานานหลายปี เนื่องจากปฏิบัติงานทางรังสี และพวกเด็กพวกคนไข้ที่ได้รับปริมาณรังสีแบบครั้งเดียวแต่ได้รับมาก

จากรายงานผลเกี่ยวกับการเกิดมะเร็งในเม็ดเลือดขาวไว้ดังนี้[4] อัตราส่วนการเกิดมะเร็งในเม็ดเลือดขาวระหว่างรังสีแพทย์กับแพทย์ทั่วไป ในปี พ.ศ.2486 อัตราส่วน 10.3 ต่อ 1 ในปี พ.ศ.2487 ถึง พ.ศ.2491 อัตราส่วน 6.71 ต่อ 1 และปี พ.ศ.2495 ถึง พ.ศ.2498 อัตราส่วน 3.6 ต่อ 1 จากตัวเลขจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนการเกิดมะเร็งในเม็ดเลือดขาวของรังสีแพทย์ เมื่อเปรียบเทียบกับแพทย์ทั่วไปแล้วมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากมีการป้องกันรังสีดีขึ้น

---

[4]Merril Eisenbud, Loc. cit.

1.2 มะเร็งที่กระดูก (Bone cancer) ในสมัยก่อนการทำหน้าปัทม์นาฬิกานิยมใช้เรเดียมโดยเอาผู้กันป่าย ช่างก็มักเผลอใช้ลิ้นแต่งผู้กันให้ปลายแหลม ด้วยเหตุนี้เองที่ทำให้เรเดียมเข้าสู่ร่างกาย ธาตุเรเดียมเป็นธาตุกัมมันตรังสีและมีคุณสมบัติคล้ายกับธาตุแคลเซียม ธาตุพวกนี้มันจะไปเกาะที่กระดูกและในขณะเดียวกันก็จะแผ่รังสีออกมา ทำให้กระดูกได้รับรังสีซึ่งสามารถก่อให้เกิดมะเร็งที่กระดูกได้

จากการทดลองในสัตว์ โดยใช้ธาตุกัมมันตรังสีอื่น ๆ เช่น สตรอนเทียม และบลูโตเนียม ซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนเรเดียม และพบว่าทำให้เกิดมะเร็งที่กระดูกของสัตว์ที่ใช้ในการทดลองได้เหมือนอย่างเรเดียม

1.3 มะเร็งที่ปอด (Lung cancer) การหายใจเอาอากาศที่มีสารกัมมันตรังสีปะปนอยู่ทำให้ระบบหายใจและปอดได้รับอันตรายเกิดโรคมะเร็งได้ ตัวอย่างได้แก่พวกเชคโกสโลวาเกียที่ทำงานอยู่ในเหมืองถ่านหิน หายใจเอาแก๊สเรดอนและโทรอน ซึ่งปะปนอยู่ในอากาศ จากการคำนวณพบว่าแก๊สเรดอนอยู่ในอากาศประมาณ 10^{-9} คูรี ต่อลิตร และปริมาณรังสีที่ปอดได้รับประมาณ 500 แรด ถึง 1700 แรดต่อปี[5]

1.4 มะเร็งที่ต่อมไทรอยด์ (Thyroid cancer) ต่อมไทรอยด์เป็นอวัยวะที่จะสะสมธาตุไอโอดีนไว้มากกว่าอวัยวะส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย ดังนั้นเมื่อมีสารที่เป็นกัมมันตรังสีไอโอดีน-131 (Iodine-131) ปนอยู่ในอากาศจะต้องกำหนดความเข้มข้นของไอโอดีน-131 ในอากาศไว้ด้วยเสมอ

พวกเด็กที่ได้รับการฉายรังสีเอกซ์เพื่อรักษาต่อไธมัสที่โตมีโอกาสทำให้เกิดมะเร็งที่ต่อมไทรอยด์ได้ ทั้งนี้เด็กต้องได้รับปริมาณรังสีที่คอสูงเกิน 200

---

[5] Ibid., P. 20

000563

เรินท์เกน สำหรับผู้ใหญ่จะไม่เป็นอันตรายจากการรักษาอย่างนี้ จากการสมมติฐานของเลวิส (Lewis)[6] กล่าวว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีที่ไทรอยด์ได้รับและการเกิดมะเร็งที่ไทรอยด์ไว้ดังนี้ ถ้าเด็ก 1 ล้านคนได้รับปริมาณรังสีคนละ 1 แรดแล้ว จะทำให้เกิดมะเร็งที่ไทรอยด์ได้ราว 10 คน ถึง 100 คน คิดจากช่วงระยะเวลา 20 ปีแรก หลังจากได้รับปริมาณรังสี

1.5 ต้อหิน (Cataract) ต้อหินอาจเกิดได้จากการที่เลนซ์นัยตาได้รับรังสีเอกซ์ หรือรังสีแกมม่า หรืออนุภาคเบต้า หรือรังสีนิวตรอนเป็นปริมาณสูงมาก ตามรายงานได้กล่าวว่าปริมาณรังสีเอกซ์ที่ทำให้เลนซ์นัยตาเปลี่ยนแปลงไปเมื่อได้รับปริมาณรังสี 200 เรินท์เกน แต่ทางคลินิคได้รายงานไว้ว่าปริมาณรังสีที่ทำให้นัยตาเกิดต้อหินได้ประมาณ 600 แรด ถึง 1000 แรด ในผู้ใหญ่[7] ถ้าเป็นรังสีนิวตรอนจะทำให้เกิดผลมากกว่ารังสีเอกซ์หรือรังสีแกมม่าประมาณ 5 ถึง 10 เท่า ในการทำให้เกิดต้อหิน

ต้อหินที่พบมากได้แก่ชาวญี่ปุ่นที่ถูกระเบิดปรมาณู และในพวกคนไข้ที่ได้รับการรักษานัยตาทางการแพทย์โดยใช้รังสีเอกซ์, รังสีแกมม่าหรือรังสีเบต้า รวมทั้งนักฟิสิกส์ที่ใช้เครื่องไซโคลตรอน (Cyclotrons) สำหรับต้อหินที่จะเกิดจากการรับปริมาณรังสีที่ละน้อยแต่เป็นเวลานานนั้นยังไม่มีรายงาน

1.6 ผลของรังสีทำให้อายุสั้น (Life-Shortening) รังสีสามารถทำให้อายุสั้นได้ การทำนายผลได้จากการทดลองในหนูและกระต่าย โดยให้รับรังสีวันละ 1 แรด หรือน้อยกว่านี้ จะพบว่าทำให้อายุสัตว์ทดลองนั้น

---

[6] Ibid., P. 21

[7] Ibid., P. 22

สั้นลง แต่ปริมาณรังสีที่ทำให้อายุของบุคคลสั้นลงนั้น ปัจจุบันยังไม่เป็นที่ทราบกันดีนัก แต่จากการศึกษาพบว่าอายุเฉลี่ยของรังสีแพทย์จะน้อยกว่าอายุเฉลี่ยของแพทย์ทั่ว ๆ ไปถึง 5 ปี[8]

2. ผลของรังสีต่อเซลล์สืบพันธุ์ (Genetic effects) อันตรายเกี่ยวกับเรื่องกรรมพันธุ์ของประชากรที่เนื่องจากรังสีนั้น ขึ้นอยู่กับจำนวนการเปลี่ยนแปลงของยีนส์ของประชากร การศึกษาเรื่องอันตรายจากรังสีนั้นขึ้นกับจำนวนของประชากรที่ได้รับรังสี แม้ว่าประชากรทั้งหมดได้รับปริมาณรังสีจำนวนน้อย ๆ แต่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายในเรื่องกรรมพันธุ์ได้มากกว่าประชากรส่วนน้อยที่ได้รับปริมาณรังสีสูง การหาค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์นั้น ใช้เทียบว่าประชากรทั้งหมดได้รับปริมาณรังสีเท่าใด หรือประชากรหนึ่งคนได้รับปริมาณรังสีเท่าใด เช่นประชากรแสนคนได้รับปริมาณรังสี 5 เรินท์เกนต่อคน ต่อปี (สำหรับเจ้าหน้าที่รังสี ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่คณะกรรมาธิการป้องกันรังสีระหว่างประเทศกำหนดให้เจ้าหน้าที่รังสีรับได้) จะมีค่าเทียบได้กับประชากร 180,000,000 คน ได้รับปริมาณรังสีเท่ากับ 2.8 มิลลิเรินท์เกนต่อคน ต่อปี

วิวัฒน์ จันทราพรชัย[9] ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ขณะคนไข้ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ในการหาค่า - ปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของคนไข้ที่ผ่านการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ และเมื่อนำมาคำนวณหาปริมาณรังสีที่ประชากรได้รับ โดยคิดตามสถิติจำนวนประชากรในประเทศไทยทั้งหมด ปริมาณรังสีให้ผลทางกรรมพันธุ์ของประชากรในประเทศไทยได้ค่าเท่ากับ 2.3

---

[8] K.Z. Morgan & J.E. Turner. Principles of Radiation Protection. (New York : John Wiley & Sons. Inc., c.1967) P. 432

[9] วิวัฒน์ จันทราพรชัย, "การศึกษาปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ขณะคนไข้ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกฟิสิกส์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย 2513 (อัดสำเนา) หน้า 73

มิลลิเรินท์เกนต่อคน ต่อปี

ผลของรังสีที่เกี่ยวกับกรรมพันธุ์เมื่อพ่อแม่ได้รับรังสีนั้นได้แก่ทำให้เด็กในครรภ์ตายก่อนคลอด เป็นหมัน ร่างกายอ่อนแอไม่มีความต้านทานโรค และอาจมีการเปลี่ยนแปลงอย่างอื่นอีกมาก

ปริมาณรังสีที่ได้รับจากรังสีธรรมชาติ

ตามปกติคนทุกคนได้รับปริมาณรังสีธรรมชาติอยู่ตลอดเวลา ซึ่งมีค่าประมาณ 100 มิลลิแรดต่อปี [10] รังสีธรรมชาติสามารถจะแบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

1. รังสีที่อยู่ภายนอกร่างกาย ได้แก่รังสีคอสมิก ซึ่งมีอยู่ทั่ว ๆ ไปจะเปลี่ยนแปลงความเข้มไปตามตำแหน่งพื้นผิวของโลก และความสูงเหนือระดับน้ำทะเล รังสีแกมมาจะมีมากเฉพาะแห่ง ความเข้มของรังสีแกมมาขึ้นกับธรรมชาติของพื้นที่ (Soil) และวัสดุที่นำมาก่อสร้าง นอกจากนี้ยังมีรังสีจากธาตุเรดอนอีกเล็กน้อย

2. รังสีที่มีอยู่ในร่างกายได้แก่พวกธาตุโปตัสเซียม - 14 (Potassium-14) ซึ่งมีประมาณ 0.012 เปอร์เซ็นต์ของธาตุโปตัสเซียมที่มีอยู่ในธรรมชาติ ธาตุโปตัสเซียมสลายตัวให้รังสีเบต้าและรังสีแกมมา ธาตุโปตัสเซียมมีครึ่งอายุ (Half life)ประมาณ 1.3×10^9 ปี ธาตุคาร์บอน - 14 (Carbon-14) จำนวนเล็กน้อย และแก๊สเรดอนและโทรอนเข้าสู่ร่างกายโดยการสูดหายใจเข้าไป ทั้งเรดอนและโทรอนก็สลายตัวให้ลูกหลานที่สำคัญคือตะกั่ว (Pb-212 และ Pb-210) ซึ่งจะไปสะสมอยู่ที่กระดูก แก๊สเหล่านี้จะมีความเข้มข้นแตกต่างกันไปแล้วแต่สถานที่

---

[10] Harold Elford Johns. The Physics of Radiology. (2 nd ed. Illinois : Charles C Thomas Publisher. 1964) PP. 618-619

อย่างไรก็ตาม สารกัมมันตรังสีที่ร่างกายได้รับจากธรรมชาตินี้จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายแต่อย่างไร ปริมาณรังสีที่ทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ได้แก่รังสีที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ที่สำคัญมากที่สุดคือทางการแพทย์

ทางที่ร่างกายจะได้รับรังสีแบ่งออกเป็น 2 ทาง

1. การรับรังสีจากภายนอกร่างกาย หมายถึงกรณีวัสดุกัมมันตรังสีอยู่นอกร่างกายแล้วแผ่มาถูกร่างกาย รวมทั้งกรณีวัสดุกัมมันตรังสีเปรอะเปื้อนตามผิวหนังด้วย

รังสีแอลฟ่าจากภายนอกร่างกายไม่สามารถทะลุผ่านผิวหนังเข้าไปได้ รังสีเบต้า จากธาตุกัมมันตรังสีก็ทำอันตรายได้เฉพาะเนื้อหนังชั้นนอก แต่รังสีเอกซ์ รังสีแกมม่าและรังสีนิวตรอนเข้าไปได้ลึก หรือทะลุผ่านร่างกายได้ง่าย ดังนั้นสำหรับรังสีภายนอกร่างกายรังสีพวกนี้เป็นสิ่งควรระวังมากที่สุด

2. การรับรังสีจากภายในร่างกาย หมายถึงกรณีวัสดุกัมมันตรังสีเข้าไปภายในร่างกาย ทางจมูกหรือทางปาก หรือทางบาดแผล นับว่ามีอันตรายมากกว่าการรับรังสีจากภายนอกร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นรังสีแอลฟ่า รังสีเบต้า หรือรังสีแกมม่าก็ตาม

ขอบเขตอันตรายจากรังสี

อันตรายที่ร่างกายได้รับจากรังสีนั้นจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายประการ คือ :-

ก. ปริมาณรังสีและอัตราที่ได้รับรังสี

ข. ชนิดของสารรังสี

ค. ชนิดของรังสี

ง. ความไวต่อรังสีของอวัยวะร่างกายที่ถูกรังสี

ความเป็นมาของคณะกรรมาธิการป้องกันรังสีระหว่างประเทศ

จากการวิจัยและค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกพบว่ารังสีสามารถก่อให้เกิด

อันตรายแก่มนุษย์ได้ ในปี พ.ศ.2463 รังสีแพทย์ในสหรัฐอเมริกาและอังกฤษได้ร่วมมือกันศึกษาพิจารณาถึงอันตรายจากรังสี ในปี พ.ศ.2471 จึงได้ตั้งหน่วยงานการป้องกันรังสีเอกซ์และรังสีของธาตุเรเดียมระหว่างประเทศขึ้น (International X-ray and Radium Protection) ต่อมาในปี พ.ศ.2493 ได้ขยายงานการควบคุมและป้องกันอันตรายจากรังสีทุกชนิด จึงเปลี่ยนชื่อใหม่เป็น คณะกรรมมาธิการป้องกันรังสีระหว่างประเทศ (International Commission on Radiological Protection) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า ICRP มีสำนักงานตั้งอยู่ที่กรุงสตอกโฮม ประเทศสวีเดน กฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่คณะกรรมาธิการป้องกันรังสีระหว่างประเทศกำหนดได้มาจากการประชุมลงมติของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกที่ทำงานเกี่ยวกับรังสี และใช้เป็นมาตรฐานสากลที่ทุกประเทศยอมรับปฏิบัติตาม

การกำหนดระดับปริมาณรังสีที่ปลอดภัยสำหรับเจ้าหน้าที่รังสี [11]

1. ทั่วร่างกาย ศีรษะ และลำตัว อวัยวะสร้างโลหิต อวัยวะสืบพันธุ์ ยอมให้รับรังสีได้ไม่เกินปีละ 5000 มิลลิเรม หรือ 5 เรม แต่มีข้อกำหนดว่าภายใน 13 สัปดาห์จะต้องรับรังสีไม่เกิน 3000 มิลลิเรม หรือ 3 เรม และถ้าใน 13 สัปดาห์ได้รับ 3000 มิลลิเรมหรือ 3 เรม แล้วระยะเวลาอีก 39 สัปดาห์ จะต้องรับปริมาณรังสีรวมกันแล้วไม่เกิน 2000 มิลลิเรมหรือ 2 เรม นั่นคือภายใน 52 สัปดาห์ หรือ 1 ปี รวมแล้วไม่เกิน 5000 มิลลิเรมหรือ 5 เรม และที่อายุใด ๆ ไม่ควรรับรังสีสะสมเกิน 5 (อายุ - 18) เรม

2. ผิวหนัง (ทั่วร่างกาย) ไทรอยด์ กระดูกยอมให้รับรังสีได้ไม่เกินปีละ 30 เรม

---

[11] International Atomic Energy Agency. Basic Safety Standard for Radiation Protection. (No. 9 Vienna, 1967) PP. 12-13

แต่มีข้อกำหนดว่าภายใน 13 สัปดาห์จะต้องรับรังสีไม่เกิน 15 เรม

3. มือ แขน เท้า และข้อเท้า ยอมให้รับรังสีได้ไม่เกินปีละ 75 เรม แต่มีข้อกำหนดว่าภายใน 13 สัปดาห์จะต้องรับรังสีไม่เกิน 40 เรม

4. อวัยวะอื่น ๆ ที่ไม่ใช่อวัยวะสืบพันธุ์ ไขกระดูก กระดูกไทรอยด์ และผิวหนัง ยอมให้รับรังสีได้ไม่เกินปีละ 15 เรม แต่มีข้อกำหนดว่าภายใน 13 สัปดาห์จะต้องรับรังสีไม่เกิน 8 เรม

จากข้อ 1 ถึงข้อ 4 ยังมีข้อแม้ว่าถ้าบุคคลที่เริ่มทำงานทางรังสี แต่ไม่รู้ว่าตนได้เคยรับรังสีมาก่อน ให้เขาคิดว่าเขารับรังสีเท่ากับ 5 (อายุ - 18) เรม และที่อายุ 30 ปี จะต้องรับรังสีไม่เกิน 60 เรม สำหรับบุคคลที่ได้รับรังสีเกิน 5 เรมใน 1 ปีแล้ว ในปีถัดไปจะต้องให้รับรังสีน้อยลง เพื่อให้เมื่อรวมกับที่ได้รับแล้วทั้งหมดไม่เกิน 5 (อายุ - 18) เรม

ปริมาณรังสีที่กำหนดไว้นี้ มิได้รวมถึงปริมาณรังสีซึ่งได้รับขณะถูกตรวจหรือรักษาด้วยรังสี และไม่รวมถึงปริมาณรังสีที่ได้รับจากธรรมชาติ

หลักทั่ว ๆ ไปของฟิล์มวัดรังสีและการใช้ฟิล์มวัดรังสี

ฟิล์มวัดรังสีนั้นมีหลายชนิดด้วยกัน แต่ความมุ่งหมายหลักคือสำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล แต่ละชนิดของฟิล์มวัดรังสีมีความไวต่อรังสีแตกต่างกันไป แต่จะใช้ความไวขนาดไหนนั้นขึ้นกับสถานที่และสภาพ[illegible] ลักษณะฟิล์มวัดรังสีมีขนาดเล็กประมาณ $1\frac{1}{4}$ x $1\frac{5}{8}$ นิ้ว หรือ 3.2 x 4.1 เซ็นติเมตร ปัจจุบันเป็นเครื่องมือวัดรังสีประจำตัวบุคคลที่นิยมใช้กันมาก แผ่นฟิล์มทำด้วยปลาสติคเคลือบด้วยอีมัลชั่น (Emulsion) ได้แก่พวกซิลเวอร์เฮไลด์ (Silver Halide) ที่นิยมใช้มากคือซิลเวอร์โบรไมด์ (Silver bromide) เคลือบหนากว่าฟิล์มถ่ายรูปธรรมดา หนาประมาณ 0.002 เซ็นติเมตร แผ่นฟิล์มหุ้มด้วยกระดาษกันแสงสว่างและความชื้นได้ ในห่อหนึ่ง ๆ อาจจะมีแผ่นฟิล์มแผ่นเดียว

(Single film) ซึ่งเคลือบด้วยอีมัลชั่นทั้งสองด้าน แต่ละด้านไม่เหมือนกัน ด้านหน้าเป็นอีมัลชั่นที่ไวต่อรังสีสูง (Fast emulsion) ส่วนด้านหลังเคลือบด้วยอีมัลชั่นที่ไวต่อรังสีต่ำ (Slow emulsion) หรือในหนึ่งห่อมีแผ่นฟิล์ม 2 แผ่น (Two films) แผ่นหนึ่งเคลือบด้วยอีมัลชั่นทั้งสองด้านซึ่งมีความไวต่อรังสีสูงมาก ส่วนอีกแผ่นหนึ่งเคลือบด้วยอีมัลชั่นเพียงด้านเดียวมีความไวต่อรังสีต่ำ ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสำหรับในการนำไปใช้กับรังสีชนิดต่าง ๆ

การใช้ฟิล์มวัดรังสีต้องมีชื่อผู้ใช้หรือหมายเลขบนฟิล์มเสมอ แขวนติดไว้กับเสื้อระดับอกหรือแขวนไว้ที่เข็มขัดตลอดเวลาทุกครั้งที่ปฏิบัติงานอยู่กับรังสี ระยะเวลาใช้แต่ละรุ่นนั้น ใช้ตามความเหมาะสมแต่ละสถานที่ อาจจะเป็น 2 สัปดาห์ 4 สัปดาห์ หรือ 12 สัปดาห์ ในกรณีที่งานบางอย่าง เช่นปฏิบัติงานอยู่กับสารไอโซโทปต่าง ๆ บริเวณมือจะได้รับปริมาณรังสีสูง ควรติดฟิล์มไว้ที่บริเวณข้อมือด้วย เมื่อเลิกปฏิบัติงานแล้วจะต้องเก็บฟิล์มไว้ในที่ปลอดภัยเสมอปราศจากรังสีทุกชนิด มิฉะนั้นจะทำให้การประเมินค่าปริมาณรังสีผิดพลาด

การจางหายของภาพ (Latent image fading) การจางหายของภาพบนแผ่นฟิล์มนั้นขึ้นกับชนิดของอีมัลชั่น อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศ

จงจินต์ ภัทรมนตรี[12] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาออกแบบเครื่องวัดรังสีแบบแผ่นฟิล์มประจำตัวบุคคล ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการอ่านค่าความดำของแผ่นฟิล์มที่ได้รับรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 50 กิโลโวล์ทเตต พีค (KVP) พบว่าในระยะเวลา 3 เดือน ทำให้ความดำของฟิล์มจางไปได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ปรากฏการณ์เช่นนี้เป็นเหตุให้การประเมินค่าปริมาณรังสีผิดพลาด

---

[12]จงจินต์ ภัทรมนตรี "การศึกษาออกแบบเครื่องวัดรังสีแบบแผ่นฟิล์มประจำตัวบุคคล" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2510 (อัดสำเนา) หน้า 58 - 63

ดังนั้นจึงควรเก็บฟิล์มที่ได้รับรังสีแล้ว (Exposed) ไว้นานพอสมควรเท่านั้น ถ้าเก็บไว้นานเกินไปจะทำให้เกิดการจางหายของภาพมาก ทำให้การประเมินค่าปริมาณรังสีสูงเกินไป ถ้าหากเก็บฟิล์มไว้เร็วเกินไปจะทำให้การประเมินค่าปริมาณรังสีน้อย ๆ ไม่ได้ ในกรณีฟิล์มนั้นได้รับปริมาณรังสีน้อย ๆ จึงควรเก็บฟิล์มไว้นานประมาณ 2 สัปดาห์[13] และควรเก็บฟิล์มไว้ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซ็นติเกรด ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์[14] เพราะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขนาดนี้จะทำให้ปรากฏการณ์การจางหายของภาพน้อยที่สุด

ความดำของฟิล์มมีหลักอยู่ว่าถ้าปริมาณรังสีมาก ความดำก็มาก ถ้าปริมาณรังสีน้อยความดำก็น้อย แต่ความดำของฟิล์มยังขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีด้วย ลำของรังสีเอกซ์ และรังสีแกมมาประกอบไปด้วยโฟตอน (Photons) มีสัมประสิทธิ์ในการดูดกลืนในเนื้อของอีมัลชั่นมากน้อยไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสี การบันทึกรังสีของฟิล์มวัดรังสีโดยทั่ว ๆ ไป มีช่วงบันทึกรังสีกว้างพอสมควร เช่นสามารถบันทึกรังสีแกมมาที่พลังงาน 1 มิลเลียนอิเลคตรอนโวล์ท ตั้งแต่ 7 มิลลิเรินท์เกน ถึง 1000 เรินท์เกน หรือรังสีเอกซ์ที่พลังงานต่าง ๆ ในช่วงวินิจฉัยโรค ตั้งแต่ 2 มิลลิเรินท์เกน ถึง 100 เรินท์เกน

---

[13] Supot Angkeow. "Radiation Film Monitoring in the Middlesex Hospital." 1967 P. 5

[14] U.S. Department of Commerce. Photographic Dosimetry of X-And Gamma Rays. (Washington : National Bureau of Standards Handbook 57 1954) PP. 23 - 24