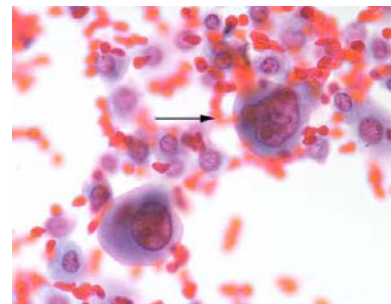
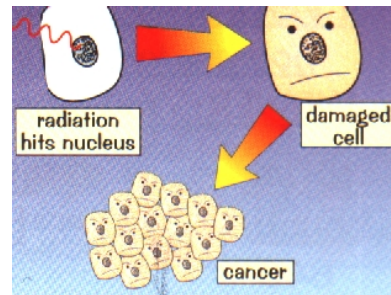
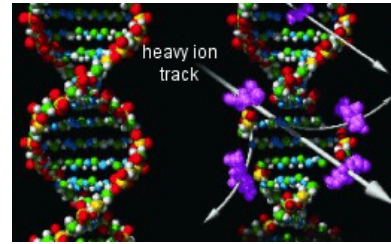
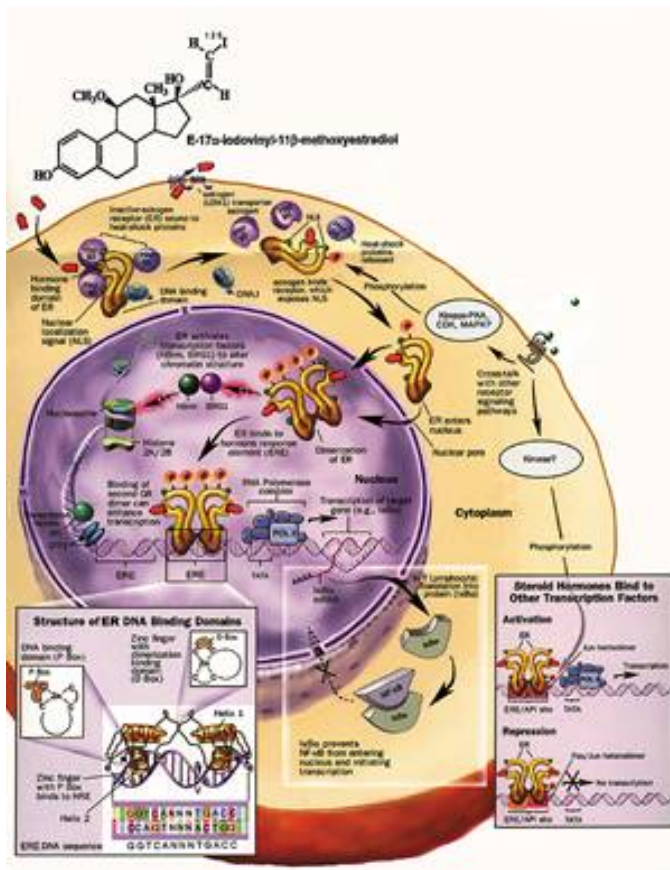


อันตรายจากรังสี



ดร. จารุณีย์ ทองผาสุก

ดร. สมพร จงองค์

สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย



คณะกรรมการบริหาร
สมาคมนิเวศliersแห่งประเทศไทย
ปี 2543-2545

ที่ปรึกษา	: นายสุชาติ มงคลพันธุ์ : ศ. นพ. ร่มไทร สุวรรณิก : ศ. ดร. สุรินทร์ สมุทรคุปต์ : นายวิวัฒน์ พุกกะวัน : นายเกรียงกร เพชรบุตร : รศ. ดร. ถิรพัฒน์ วิสัยทอง
นายกสมาคม	: รศ. ดร. ถิชชัย สุมิตร
อุปนายกสมาคม	: ดร. บุญส่ง ศิวโมกษธรรม : ดร. อาชอำพล ชัมพานนท์
เลขาธิการ	: พันเอก ดร. ชัยณรงค์ เขิดชู
ประธานฝ่ายวิชาการ	: ดร. สมพร จงคำ
เหรัญญิก	: นายพลสุข พงษ์พัฒน์
นายทะเบียน	: ดร. สิรินาฏ เลหาะโรจนพันธ์
ปฏิคม	: ดร. จารุณีย์ ทองผาสุก
ประชาสัมพันธ์	: นายสุพิน ปัญญามาก
บรรณาธิการ	: นายปฐม แหยมเกตุ
บรรณาธิการ	: รศ. ดร. ธวัช ชิตตระการ
ผู้ช่วยเลขาธิการ	: นายอารีรัตน์ คอนดองแก้ว
กรรมการ	: รศ. ดร. วิจิตร เกิดผล : นายยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์ : ดร. จินตนา นุนาค : รศ. นเรศร์ จันทน์ขาว

สำนักงาน : สมาคมนิเวศliersแห่งประเทศไทย
c/o สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ
16 ถนนวิภาวดีรังสิต
จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรสาร : (02) 5613013

คำนำ

พลังงานนิวเคลียร์มีคุณอนันต์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งทางด้านการแพทย์ ทางการเกษตร และทางอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามพลังงานนิวเคลียร์ก็มีโทษมหันต์หากนำไปใช้ในทางที่ผิดหรือใช้อย่างประมาท ภาพผู้คนบาดเจ็บล้มตายจากการใช้ระเบิดปรมาณูในสงครามโลกครั้งที่ 2 หรือจากอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากอุบัติเหตุโคบอลท์-60 ที่จังหวัดสมุทรปราการเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543 ที่ผ่านมา ทำให้ประชาชนหวาดกลัวต่อพลังงานนิวเคลียร์

พลังงานนิวเคลียร์มีทั้งคุณและโทษคล้ายไฟหุงต้มหรือมีดซึ่งเรามีและใช้กันอยู่ทุกครัวเรือน เราบู๊ถึงประโยชน์และโทษของไฟและมีด เรายังใช้มันอย่างระมัดระวัง ให้มีการใช้ประโยชน์โดยไม่ทำให้เกิดโทษ หากเราใช้อย่างประมาทหรือนำไปใช้ในทางที่ผิด ทั้งไฟและมีดก็สามารถก่อให้เกิดความเสียหายอย่างใหญ่หลวงหรือทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้เช่นกัน

การไม่เข้าใจถึงผลของรังสีอย่างแท้จริง ทำให้เกิดความสับสน เช่น การไม่ยอมให้เผาศพผู้เสียชีวิตจากการได้รับรังสีแกมมาจากโคบอลท์-60 เนื่องจากกลัวสารรังสีแพร่กระจาย แม้นักวิชาการจะได้พยายามอธิบายให้ฟังว่ารังสีแกมมาจากโคบอลท์-60 มีพลังงานไม่สูงพอที่จะทำให้สิ่งใดกลายเป็นสารรังสี จึงไม่มีสารรังสีตกค้างในร่างกายของผู้เสียชีวิต และไม่สามารถให้รังสีออกมาได้ รวมทั้งแพทย์ก็ได้ออกมาให้ความเข้าใจว่ามีการใช้รังสีแกมมาจากโคบอลท์-60 ในการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็ง และสามารถทำพิธีฌาปนกิจผู้ป่วยที่เสียชีวิตได้ อย่างไรก็ตามการต่อต้านก็ได้ดำเนินต่อไป

เอกสาร อันตรายจากรังสี เล่มนี้ได้เสนอข้อมูลอีกด้านหนึ่งของการใช้พลังงานนิวเคลียร์ให้ประชาชนได้รับรู้ถึงอันตรายเกี่ยวกับอาการและพยาธิสภาพต่างๆที่อาจเกิดขึ้นจากการได้รับรังสี ข้อมูลเหล่านี้ได้มาจาก (ก) การใช้ระเบิดปรมาณูในสงครามโลกครั้งที่ 2 (ข) อุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ (ค) การทดสอบกับสัตว์ทดลอง (ง) การใช้ในทางการแพทย์ที่ใช้ปริมาณรังสีสูง และ (จ) การใช้รังสีในยุคต้นๆ ประมาณกว่าร้อยปีล่วงมาแล้ว โดยเริ่มจากการค้นพบรังสีเอกซ์โดยวิลเฮล์ม คอนราด เรินท์เก้น ในปี พ.ศ. ๒๔๓๘ ซึ่งผู้ใช้นั้นยังไม่ทราบถึงอันตรายของรังสี

จากข้อมูลการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในปัจจุบันพบว่าหากผู้ปฏิบัติงานทำงานอย่างถูกต้องตามกฎหมายระเบียบอย่างเคร่งครัดและไม่ประมาท จะไม่พบว่ามีอันตรายจากรังสีแก่ผู้ปฏิบัติงานแต่อย่างใด ทางสมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทยหวังว่าเอกสารเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อประชาชนทั่วไปที่จะได้ตระหนักและรับทราบถึงอันตรายที่เกิดจากรังสีอย่างถูกต้อง

สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย

มิถุนายน 2544

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
1. รังสี	1
2. ประเภทของรังสี	3
3. ผลของรังสีต่อโมเลกุลของสิ่งมีชีวิต	4
4. ผลของรังสีต่อเนื้อเยื่อและอวัยวะ	4
5. อาการจากการได้รับรังสีทั่วร่างกาย	9
6. ผลของรังสีในระยะยาว	14
7. ปัจจัยที่ผลต่ออันตรายจากรังสี	15
เอกสารอ้างอิง	17
ภาคผนวก 1	18
ภาคผนวก 2	19

อันตรายจากรังสี

ดร. จารุณีเย์ ทองผาสุก

ดร. สมพร จองคำ

สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

รังสีเหมือนดาบสองคม นั่นคือ รังสีมีคุณอนันต์ แต่ในขณะเดียวกันก็มีโทษมหันต์ หากนำไปใช้ในทางที่ผิดหรือใช้อย่างขาดความระมัดระวัง ในที่นี้จะพูดถึงรังสีในแง่ที่อาจเป็นอันตรายกับมนุษย์

1. รังสี

รังสีเป็นคำนามหมายถึงแสงหรือแสงสว่าง (บาลี = รัติ ; สันสกฤต = รัคฺมิ) ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 และภาษาอังกฤษใช้คำว่า Ray หรือ Radiation

รังสีความร้อน = infrared (อินฟราเรด)

รังสีเหนือม่วง = ultraviolet (อัลตราไวโอเล็ต)

รังสีคอสมิก = คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานสูงยิ่ง มีช่วงคลื่นสั้นกว่ารังสีแกมมา องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตอนประมาณ 90% พบอิเล็กตรอนและอัลฟาด้วย

รังสีมันต์ = ผู้มีแสงสว่าง พระอาทิตย์ = รังสีมา

รัคฺมิ = แสงสว่างที่พวยพุ่งออกจากจุดกลาง

รังสีจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ = อนุภาคมูลฐาน เช่น อนุภาคอัลฟา เบตา นิวตรอน เมซอน และโพซอน หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา และรังสีเบรมสตราลุง เป็นต้น

เมื่อพูดถึงรังสีแล้วโดยทั่วไปเรามักจะคิดถึงแต่รังสีปรมาณู หรือรังสีนิวเคลียร์ เช่น รังสีเอกซ์ แกมมา อัลฟา และคอสมิก เป็นต้น แต่โดยแท้จริงแล้ว ถ้าเราจะแยกแยะรังสีออกมาในลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ก็จะมีหน้าตาดังแสดงในตารางที่ 1 และพบว่าคลื่นรังสีเหล่านี้เป็นสิ่งที่อยู่ในธรรมชาติ ทั้งที่มีอยู่ในโลกและในจักรวาลไกลโพ้น คลื่นเหล่านี้มนุษย์สามารถรับรู้ได้โดยประสาทเพียงบางชนิดเท่านั้น คือ คลื่นเสียง ความร้อน แสง และคลื่นเหนือม่วง ส่วนคลื่นชนิดอื่นต้องมีเครื่องรับชนิดพิเศษ มนุษย์เราสามารถใช้ประโยชน์จากคลื่นรังสีเหล่านี้ เช่น การได้ยินเสียง การมองเห็นโดยแสง การเจริญเติบโตด้วยความร้อน การวิวัฒนาการโดยคลื่นเอกซ์เรย์ แกมมา และคอสมิกจากนอกโลก เป็นต้น

คลื่นรังสีเหล่านี้ถ้าเรารับมาจากธรรมชาติเข้าสู่ร่างกาย ขนาดพอเหมาะพอดีก็มีประโยชน์ แต่ถ้าหากมากเกินไปขนาดก็มีโทษ เช่น คลื่นเสียงเกิน 120 เดซิเบล (dB) ก็ทำอันตรายต่อแก้วหู ขณะเดียวกันนักวิทยาศาสตร์กำลังทดลองอยู่ว่าคลื่นวิทยุ จากคนที่ชอบใช้โทรศัพท์มือถือ และคลื่นไมโครเวฟที่ใช้อุ่นแกง จะมีโทษต่อร่างกายของมนุษย์หรือไม่ ความร้อนและคลื่นเหนือม่วงอาจเผาผลาญเซลล์ของคนได้ขณะที่แสงหรือเลเซอร์ (Laser) ทำให้ตาบอดได้เช่นกัน

รังสีที่มีพลังงานสูงเช่นเอกซ์เรย์ แกมมา และคอสมิก เป็นรังสีที่ทำร้ายคนได้ เมื่อได้รับในปริมาณมากเช่นเดียวกัน เพราะจะทำให้โมเลกุลในเซลล์ของร่างกายแตกตัวเป็นไอออน และมีผลต่ออวัยวะและชีวิตได้ ผู้คนจึงมีความกลัวต่อรังสีปริมาณหรือรังสีนิวเคลียร์เหล่านี้ แต่แท้ที่จริงแล้วรังสีปริมาณเหล่านี้ที่มีอยู่ในธรรมชาติ ขนาดพอเหมาะพอดีจะทำให้เป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่บนโลกนี้ คือ ก) สิ่งมีชีวิตเจริญเติบโต ข) มีอายุยืนยาวขึ้น และ ค) มีวิวัฒนาการกลายพันธุ์ (mutation) ที่ดีขึ้นตลอดมา ยกตัวอย่างเช่นนักวิทยาศาสตร์ทดลองพบว่า ตัวพารามีเซียมแบ่งตัวและเพิ่มปริมาณมากในสารละลายที่มีรังสี เมื่อเทียบกับในสารละลายที่ไม่มีรังสี และผู้คนที่อาศัยอยู่ในที่สูง เช่น บริเวณประเทศบราซิล อินเดีย และจีน บริเวณที่มีปริมาณรังสีสูงกว่าปกติถึง 20 เท่า จะมีปริมาณอายุเฉลี่ยมากกว่า 90 ปี

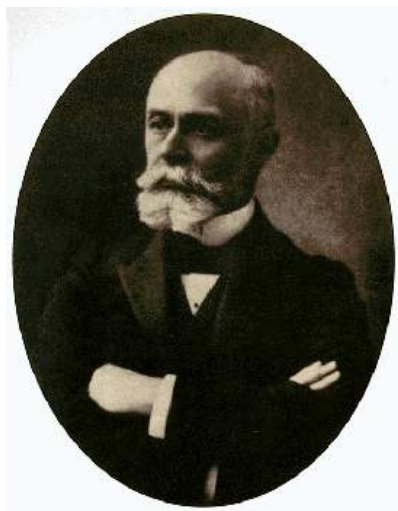
ตารางที่ 1. รังสีที่แสดงออกมาเป็นคลื่นเสียง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่น	ความยาวคลื่น λ	ความถี่ ν	พลังงาน E (eV)
เสียง (Audio)	300 km	1 kHz	40 peV
วิทยุ (Radio)	300 m - 1 m	1 - 300 MHz	4 neV - 1 μ eV
ไมโคร (Micro)	3 cm - 1 mm	10 - 300 GHz	40 μ eV - 1 meV
ใต้แดง (Infrared)	100 μ m - 1 μ m	3 - 300 THz	10 meV - 1 eV
แสง (Light)	7000 Å - 4000 Å	400 - 700 THz	1.77 - 3.1 eV
เหนือม่วง (Ultraviolet)	1000 Å - 100 Å	3 - 30 PHz	12 - 124 eV
เอกซ์เรย์ (X-ray)	10 - 0.1 Å	0.3 - 30 EHz	1 - 124 keV
แกมมา (γ -ray)	1 pm	300 EHz	1 MeV
คอสมิก (Cosmic)	1 pm - 1 fm	3×10^{23} Hz	MeV - GeV

คำเสริมหน้า (prefix)

atto (a) = 10^{-18} , femto (f) = 10^{-15} , pico (p) = 10^{-12} , nano (n) = 10^{-9}
 micro (μ) = 10^{-6} , milli (m) = 10^{-3} , kilo (k) = 10^3 , mega (M) = 10^6 ,
 giga (G) = 10^9 , tera(T) = 10^{12} , peta (P) = 10^{15} , exa (E) = 10^{18}

มนุษย์อาศัยอยู่ในธรรมชาติที่มีรังสีอยู่ตลอดเวลา สารรังสีไม่ใช่สิ่งใหม่ที่เกิดจากการสร้างโดยมนุษย์เท่านั้น แต่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ Antoine Henri Becquerel (รูปที่ 1) เป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ได้รายงานว่าการรังสีออกมาจากธาตุยูเรเนียม และ Marie Curie (รูปที่ 1) เป็นนักวิทยาศาสตร์คนต่อมาที่ได้รายงานว่าธาตุเรเดียมและโพโลเนียมก็สามารถให้รังสีออกมาได้เช่นกัน



Antoine Henri Becquerel



Marie Curie และสามี Pierre Curie

รูปที่ 1. นักวิทยาศาสตร์ผู้ค้นพบสารรังสี (จาก www.accessexcellence.org)

2. ประเภทของรังสี

เราสามารถแบ่งรังสีออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 รังสีชนิดไม่ก่อให้เกิดไอออน (Non-ionizing radiation)

คือ รังสีชนิดที่มีพลังงานต่ำกว่ารังสีเหนือม่วง หรืออัลตราไวโอเล็ต ซึ่งได้แก่ คลื่นแสง คลื่นใต้แดง คลื่นไมโคร คลื่นวิทยุ คลื่นเสียง คลื่นเหล่านี้มีพลังงานต่ำกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนในอะตอม จึงไม่สามารถไปทำอันตรกิริยาให้อิเล็กตรอนหลุดออกไปจากอะตอมได้ จึงเรียกว่าเป็นรังสีชนิดไม่ก่อให้เกิดไอออน

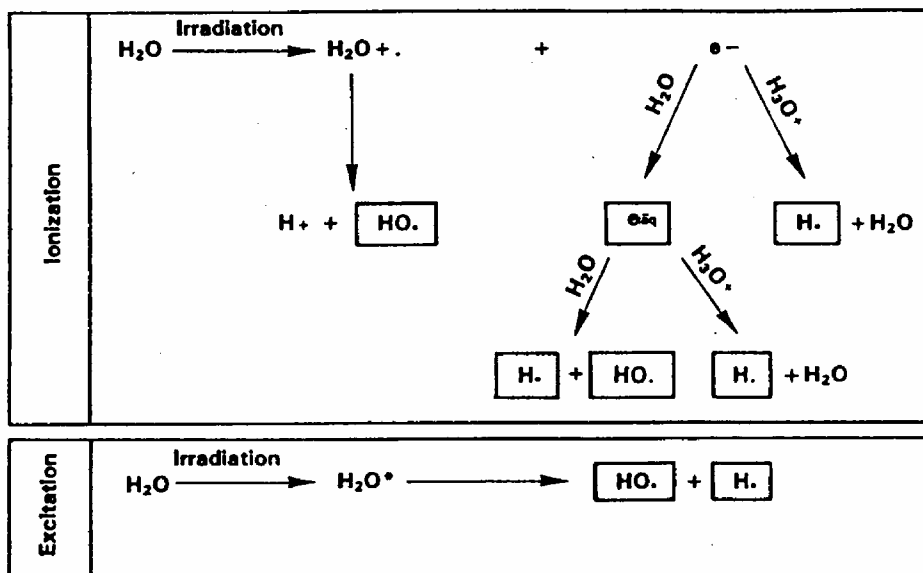
2.2 รังสีชนิดก่อให้เกิดไอออน

คือ รังสีพลังงานสูง เช่น เอกซเรย์ รังสีแกมมา รังสีคอสมิก หรืออนุภาคที่มีพลังงานสูง เช่น อนุภาคแอลฟา บีตา อิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอน เป็นต้น

รังสีหรืออนุภาคเหล่านี้เมื่อวิ่งผ่านเข้าไปในสสาร จะไปทำปฏิกิริยากับอะตอม เช่น แรงแผลกของประจุไฟฟ้าหรือแรงคูลอมบ์ ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกไป เกิดเป็นไอออนคู่ คือ อิเล็กตรอนเป็นไอออนลบ และส่วนอะตอมที่เหลือเป็นไอออนบวกทางไฟฟ้า

3. ผลของรังสีต่อโมเลกุลของสิ่งมีชีวิต

ร่างกายของสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะมนุษย์และสัตว์จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ น้ำ ประมาณ 75% สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ประมาณ 25% ของน้ำหนักร่างกาย เมื่อร่างกายได้รับรังสีประเภทก่อกำเนิดไอออน เช่น รังสีแกมมา หรือเอกซเรย์ จะไปทำให้โมเลกุล เช่น ของน้ำเปลี่ยนแปลงดังในรูปที่ 2



รูปที่ 2. การเปลี่ยนแปลงของน้ำซึ่งเกิดจากการได้รับรังสี (Tubiana et al., 1990)

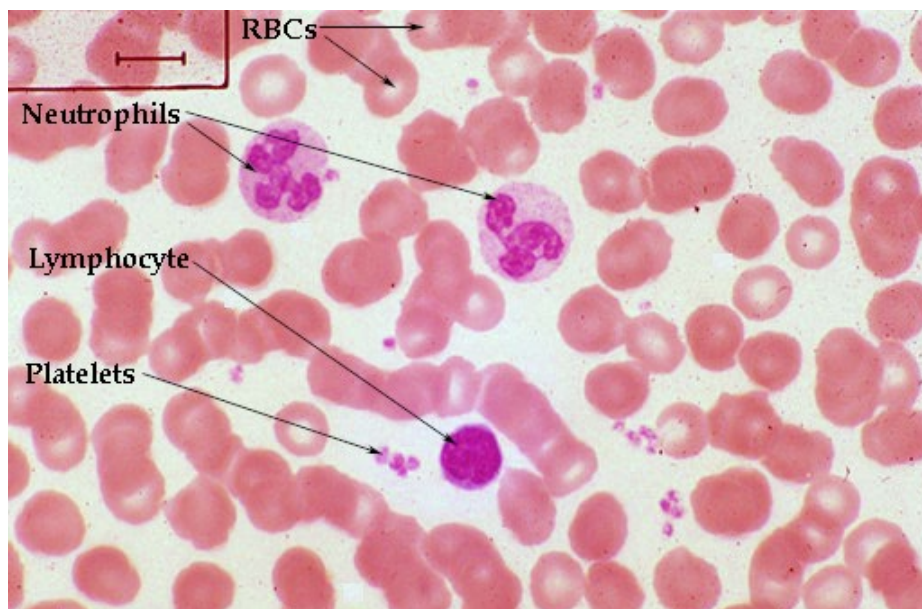
อนุมูลต่างๆ ที่เกิดขึ้นมักมีคุณสมบัติไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมีกับสารประกอบอื่นๆ จึงสามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์ของร่างกายได้ สำหรับโมเลกุลของสารประกอบประเภทสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ ก็จะมีการแยกตัวเป็นอนุมูลอิสระ และสามารถสร้างความเสียหายต่อเซลล์ร่างกายได้เช่นกัน

4. ผลของรังสีต่อเนื้อเยื่อและอวัยวะ

เมื่อโมเลกุลและเซลล์ได้รับความเสียหาย ก็จะส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อและอวัยวะ ก่อให้เกิดอาการต่างๆ อาการจากการได้รับรังสีไม่มีลักษณะเฉพาะตัว จะไม่สามารถบอกได้ว่าผู้ป่วยได้รับรังสีหากดูจากอาการเพียงอย่างเดียว ต้องอาศัยการซักประวัติร่วมด้วย รังสีมีผลต่อเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ดังนี้

ระบบเลือด

ในกระแสเลือดจะมีเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาวและเกล็ดเลือด (รูปที่ 3) เพื่อทำหน้าที่ต่างๆดังนี้ เม็ดเลือดแดงทำหน้าที่ขนส่งอาหารและออกซิเจนให้กับร่างกาย เม็ดเลือดขาวทำหน้าที่กำจัดเชื้อโรค เป็นภูมิคุ้มกันของร่างกาย และเกล็ดเลือดทำหน้าที่ทำให้เลือดแข็งตัวในบริเวณที่มีบาดแผล



รูปที่ 3. เม็ดเลือดแดง (red blood cells; RBCs) เม็ดเลือดขาว (white blood cells ในรูปมี 2 ชนิด ได้แก่ neutrophil และ lymphocyte) และเกล็ดเลือด (Platelets) ในกระแสเลือด (จาก www.whfreeman.com)



รูปที่ 4. ผิวหนังมีสีแดงจากการได้รับรังสี (IAEA, 2000)

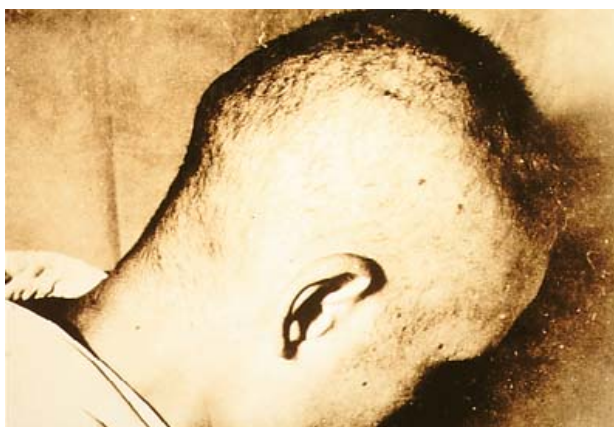
ปริมาณเม็ดเลือดขาวจะลดลงแม้จะได้รับรังสีเพียง 0.1 เกรย์ ในขณะที่ต้องได้รับปริมาณรังสีมากกว่า 0.5 เกรย์เพื่อที่จะให้เม็ดเลือดแดงและเกล็ดเลือดลดลง และจะใช้เวลา 2-3 อาทิตย์ จนถึงหลายเดือน ขึ้นกับปริมาณรังสีที่ได้รับ ในการที่จะให้เม็ดเลือดกลับมามีปริมาณเท่าเดิม การลดลงของเม็ดเลือดก่อให้เกิดอาการต่างๆ เช่น การลดลงของเม็ดเลือดแดงจะทำให้เกิดการอ่อนเพลียและโลหิตจาง การลดลงของเม็ดเลือดขาวจะทำให้ร่างกายติดเชื้อได้ง่าย และการลดลงของเกล็ดเลือดอาจทำให้เกิดอาการเลือดไหลไม่หยุด

ผิวหนัง

ความรุนแรงของอาการหลังการได้รับรังสี จะคล้ายกับการบาดเจ็บที่เกิดจากถูกไฟลวก อาการเฉียบพลันที่อาจเกิดกับผิวหนังหลังจากได้รับรังสีได้แก่ ผิวแดง (รูปที่ 4) ลอก อักเสบ พุพอง (รูปที่ 5) อาการเรื้อรัง ได้แก่ ผิวบาง พังผืด แผลเป็น สีผิวเข้มหรือจางลง นอกจากนี้บริเวณรากผมเป็นบริเวณที่ไวต่อรังสี รังสี ปริมาณปานกลางจะสามารถทำให้ผมหรือขนร่วงชั่วคราว (รูปที่ 6) ในขณะที่ปริมาณรังสีสูงๆจะทำให้ร่วงแบบถาวร ปริมาณรังสีต่างๆที่ทำให้เกิดอาการจากการได้รับรังสีเฉพาะที่ได้แสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 5. อาการพุพองที่ผิวหนังจากการได้รับรังสี (Mettler et al., 1995)



รูปที่ 6. อาการผมร่วงหลังจากได้รับรังสี (จาก www.ref.or.jp)

ตารางที่ 2 ปริมาณรังสีที่ทำให้เกิดอาการทางผิวหนัง (IAEA, 1998)

อาการ	ปริมาณรังสี (Gy)
ไม่มีอาการแดงในระยะแรก	< 10
มีอาการแดง หรือรู้สึกผิดปกติ 12-24 ชั่วโมงหลังได้รับรังสี	8-15
มีอาการแดง หรือรู้สึกผิดปกติ 8-15 ชั่วโมงหลังได้รับรังสี	15-30
มีอาการแดง ภายใน 3-6 ชั่วโมงหลังได้รับรังสี	>30

ระบบทางเดินอาหาร

ระบบทางเดินอาหารประกอบด้วย ปาก หลอดอาหาร กระเพาะ ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และทวารหนัก โดยลำไส้เล็กจะเป็นส่วนที่ไวต่อรังสีที่สุด รังสีจะทำให้เกิดการอักเสบกับเยื่อในทางเดินอาหาร เนื้อเยื่อที่ได้รับรังสีปริมาณปานกลางจะสามารถหายจากอาการที่เป็นได้ ในขณะที่ปริมาณรังสีสูงๆจะทำให้เกิดการผ่อ พังผืด อุดตัน หรือเป็นแผล นำไปสู่การเสียชีวิตได้

ระบบสืบพันธุ์

เพศชาย

หมันถาวรอาจเกิดขึ้นหลังได้รับรังสี 5-6 เกรย์ ในขณะที่ปริมาณรังสี 2.5 เกรย์ ก่อให้เกิดหมันชั่วคราว (ประมาณ 12 เดือน)

เพศหญิง

โดยทั่วไปการเป็นหมันในเพศหญิงจะต้องเกิดจากการได้รับรังสีสูงกว่า 6.25 เกรย์ สิ่งต่างจากการเป็นหมันในเพศชาย ได้แก่ รังสีไม่ก่อให้เกิดอาการหมดสมรรถภาพในเพศชาย ในขณะที่การเป็นหมันจากรังสีก่อให้เกิดอาการหมดประจำเดือนในเพศหญิง ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะของระบบสืบพันธุ์ในเพศหญิง

ตา

รังสีอาจทำลายเลนส์ตาซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดต้อกระจก ปริมาณรังสีปานกลาง (2 เกรย์) จะทำให้เกิดต้อกระจกในผู้ที่ได้รับรังสีบางท่าน ผู้ที่ได้รับรังสีที่ตามากกว่า 7 เกรย์ทุกคนจะมีอาการของต้อกระจก ต้อกระจกจะปรากฏให้เห็นหลังจากได้รับรังสีไปแล้ว 1-30 ปี

ระบบหัวใจและเส้นเลือด

เส้นเลือด

เส้นเลือดที่ถูกทำลายอาจเกิดการอุดตัน การอุดตันของเส้นเลือดอาจก่อให้เกิดผลร้ายต่ออวัยวะต่างๆ เนื่องจากเส้นเลือดทำหน้าที่เป็นทางผ่านของเม็ดเลือดแดง ซึ่งขนส่งอาหารและออกซิเจนไปให้กับอวัยวะต่างๆของร่างกาย การอุดตันอาจทำให้เนื้อเยื่อนั้นๆได้รับความเสียหาย ความสามารถในการทำงานลดลง โดยเฉพาะหากไปเกิดในอวัยวะที่มีความสำคัญมาก เช่น หัวใจ สมอง อาจมีผลให้ถึงตายได้ในที่สุด

หัวใจ

ปริมาณรังสีประมาณ 40 เกรย์ซึ่งใช้ในการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งจะก่อให้เกิดหัวใจและเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบ และอุบัติการณ์เกิดในผู้ป่วยจะมากขึ้นเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น

กระดูกและกระดูกอ่อน

แม้ว่ากระดูกและกระดูกอ่อนในผู้ใหญ่จะทนต่อรังสี กระดูกและกระดูกอ่อนในเด็กซึ่งกำลังเจริญเติบโตจะไวต่อรังสี ปริมาณรังสี 20 เกรย์อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระดูกของเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 2 ขวบ โดยอาจทำให้รูปร่างและขนาดของกระดูกเสียไปหรืออบิดเบี้ยว อุบัติการณ์ของความผิดปกติจะลดลง ถ้าปริมาณรังสีลดลง และอายุเด็กมากขึ้น

ระบบทางเดินหายใจ

รังสีอาจทำให้ปอดเกิดการอักเสบ แต่จะกลับคืนเป็นปกติได้ถ้าปริมาณรังสีไม่สูง ปริมาณรังสีสูงๆ อาจทำให้เกิดพังผืด ซึ่งอาจมีผลให้ถึงเสียชีวิตได้ พบว่าหากปอดทั้ง 2 ข้างได้รับปริมาณรังสีสูงถึง 25 เกรย์ จะทำให้เกิดพังผืดใน 8% ของผู้ป่วย และหากปริมาณรังสีเพิ่มเป็น 30 เกรย์ ก็จะมีอาการใน 50% ของผู้ป่วย อาการที่พบบนกับปริมาตรของเนื้อเยื่อที่ได้รับรังสี การที่ปอดเพียงข้างเดียวได้รับรังสีจะทำให้ผู้ป่วยทนต่อรังสีได้มากกว่าการที่ปอดทั้ง 2 ข้างได้รับรังสี เพราะถึงแม้ว่าปอดข้างที่ได้รับรังสีจะทำงานไม่สะดวก ปอดข้างที่ไม่ได้รับรังสีจะสามารถช่วยทำงานทดแทนได้

ตับ

ปริมาณรังสี 35-45 เกรย์ซึ่งใช้ในการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งอาจก่อให้เกิดตับอักเสบหรือตับแข็ง ซึ่งอาจส่งผลให้มีการตับวายหรือดีซ่าน และเช่นเดียวกับปอด ปริมาตรของเนื้อเยื่อที่ได้รับรังสีมีผลต่อการเกิดอาการ

ระบบทางเดินปัสสาวะ

ถ้าไตทั้ง 2 ข้างได้รับรังสีสูงกว่า 26 เกรย์ คนไข้อาจถึงตายได้ภายใน 5 อาทิตย์ และเช่นเดียวกับปอดและตับ ปริมาตรของเนื้อเยื่อที่ได้รับรังสีมีบทบาทสำคัญต่ออาการ ถ้า 1/3 ของไตถูกกำบังไม่ให้ได้รับรังสี ก็จะลดอาการไตวายลงได้ โดยไตข้างที่ไม่ได้รับรังสีจะสามารถทำงานทดแทนไตข้างที่ได้รับรังสีได้ อาการที่เกิดจากไตได้รับรังสีจะไม่เหมือนเนื้อเยื่อส่วนใหญ่ที่จะแสดงอาการภายในหนึ่งเดือนหลังจากได้รับรังสี ไตจะแสดงอาการหลังจากได้รับรังสีไปแล้วอย่างน้อย 1 ปี

ระบบประสาทส่วนกลาง

ระบบประสาทส่วนกลางประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง โดยทั่วไปเซลล์ในระบบนี้ค่อนข้างทนต่อรังสี ปริมาณรังสี 50 เกรย์ซึ่งใช้ในรังสีรักษาอาจก่อให้เกิดความเสียหายของสมอง ส่วนความเสียหายที่จะ

เกิดกับไขสันหลังขึ้นกับปริมาณและบริเวณที่ได้รับรังสี ไขสันหลังบริเวณคอและอกจะไวต่อรังสีมากกว่าบริเวณสะโพก หากบริเวณที่ได้รับรังสีแคบ อาจต้องได้รับรังสีสูงกว่า 50 เกรย์ จึงจะพบอาการอักเสบของเนื้อเยื่อ ในขณะที่รังสีที่ต่ำกว่า 50 เกรย์สามารถทำให้เกิดอาการได้เช่นเดียวกันหากบริเวณของเนื้อเยื่อที่ได้รับรังสีกว้าง

อาการที่ได้กล่าวข้างต้นเป็นอาการที่เกิดในแต่ละอวัยวะเมื่อได้รับรังสีเฉพาะที่ หากทั่วร่างกายได้รับรังสี ร่างกายจะทนต่อรังสีได้น้อยลง และจะก่อให้เกิดกลุ่มอาการต่างๆซึ่งเป็นผลจากการเสียหายของหลายๆอวัยวะร่วมกัน

5. อาการจากการได้รับรังสีทั่วร่างกาย

ในผู้ใหญ่

ข้อมูลที่ได้จากการใช้ระเบิดปรมาณูในสงครามโลกครั้งที่ 2 อุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ การทดสอบกับสัตว์ทดลอง และการใช้รังสีทางการแพทย์ ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มอาการจากการได้รับรังสีทั่วร่างกายออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มอาการทางระบบเลือด กลุ่มอาการทางระบบทางเดินอาหาร และกลุ่มอาการทางระบบประสาทส่วนกลาง โดยกลุ่มอาการเหล่านี้จะปรากฏเมื่อการได้รับรังสีอยู่ภายใต้เงื่อนไข 3 ประการ ดังนี้

1. ได้รับรังสีภายในระยะเวลาสั้นๆ (นาที)
2. ทั่วร่างกายได้รับรังสี
3. ต้นกำเนิดรังสีอยู่ภายนอกร่างกาย และรังสีเป็นชนิดที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูง

โดยไม่ว่าจะเป็นกลุ่มอาการใดจะแสดงอาการออกมาเป็น 3 ระยะ ได้แก่

1. **ระยะเริ่มต้น** อาการที่จะแสดงออกมา ได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียร ท้องเสีย (ตารางที่ 3)
2. **ระยะแอบแฝง** ระยะนี้ผู้ป่วยจะไม่แสดงอาการอะไรออกมา (ตารางที่ 4)
3. **ระยะแสดงอาการ** อาการป่วยที่ปรากฏจะสะท้อนอวัยวะที่ได้รับความเสียหาย

ตารางที่ 3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและเวลาในการสังเกตเห็นอาการอาเจียนของระยะเริ่มต้น (IAEA, 1998)

อาการ	ปริมาณรังสี (Gy)
ไม่พบอาการอาเจียน	<1
อาเจียนหลังได้รับรังสี 2-3 ชั่วโมง	1-2
อาเจียนหลังได้รับรังสี 1-2 ชั่วโมง	2-4
อาเจียนภายใน 1 ชั่วโมงหลังได้รับรังสี	>4

ตารางที่ 4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและเวลาในระยะแอบแฝง (IAEA, 1998)

ปริมาณรังสี (เกรย์)	ระยะแอบแฝง (วัน)
1-2	21-35
2-4	18-28
4-6	8-18
6-8	7 หรือสั้นกว่า
>8	ไม่มีระยะแอบแฝง

กลุ่มอาการหลังการได้รับรังสีที่ทั่วร่างกาย แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม

1. กลุ่มอาการทางระบบเลือด หรือกลุ่มอาการทางไขกระดูก ในมนุษย์กลุ่มอาการของระบบนี้จะเกิดหลังจากได้รับรังสี 1-10 เกรย์ ในระยะเริ่มต้นจะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียรภายในวันที่ได้รับรังสี และระยะแอบแฝงจะนานประมาณ 1-3 อาทิตย์ ซึ่งในระยะนี้จำนวนของเม็ดเลือดในกระแสเลือดจะยังไม่ลดลงอย่างรุนแรง ผู้ป่วยอาจรู้สึกว่าเป็นอะไรและดูไม่มีอาการผิดปกติ อย่างไรก็ตามเซลล์ตัวอ่อนของระบบเลือดซึ่งอยู่ในไขกระดูกจะตายลงระหว่าง 2 ระยะแรกนี้ ซึ่งจะกระทบถึงปริมาณของเซลล์เต็มวัยในกระแสเลือดในเวลาต่อมา การลดลงของปริมาณของเซลล์เต็มวัยในกระแสเลือดจะปรากฏให้เห็นในอาทิตย์ที่ 3-5 หลังได้รับรังสี หากได้รับรังสี 1-3 เกรย์ เซลล์ในไขกระดูกจะสามารถเพิ่มจำนวนประชากรจนสามารถทำให้มีชีวิตรอดต่อไปได้ ผู้ป่วยส่วนใหญ่จะมีอาการดีขึ้น การกลับคืนดีจะเกิดภายใน 3 อาทิตย์ ถึง 6 เดือนขึ้นกับปริมาณรังสีที่ได้รับ

2. กลุ่มอาการทางระบบทางเดินอาหาร ในมนุษย์บางอาการของระบบนี้จะแสดงออกมาหลังจากได้รับรังสี 6 เกรย์ และจะแสดงอาการทั้งหมดออกมาหลังได้รับรังสี 10 เกรย์ ปริมาณรังสีนี้จะทำให้เสียชีวิตภายใน 3-10 วัน หากไม่ได้รับการรักษาพยาบาลและภายใน 2 อาทิตย์แม้จะได้รับการดูแลรักษาอย่างดี

อาการในระยะเริ่มต้นจะเกิดภายในวันที่ได้รับรังสี โดยจะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียร ท้องเสีย และอาจมีตะคริวร่วมด้วย จากวันที่ 2-5 ผู้ป่วยจะเข้าสู่ระยะแอบแฝงและจะรู้สึกปกติดี ในระยะสุดท้ายซึ่งจะเริ่มประมาณวันที่ 5-10 ผู้ป่วยจะแสดงอาการท้องร่วง คลื่นไส้และอาเจียรอย่างรุนแรง ตามด้วยอาการมีไข้ และจะเสียชีวิตในอาทิตย์ที่ 2 อาการที่เกิดในกลุ่มอาการนี้เกิดจากการถูกทำลายของอวัยวะ 2 ระบบ ได้แก่ ระบบทางเดินอาหารและระบบเลือด จะไม่เกิดอาการของกลุ่มอาการนี้ทั้งหมดหากมีแต่ทางเดินอาหารเท่านั้นที่ได้รับรังสี เพราะว่าความเสียหายของไขกระดูกมีบทบาทต่อกลุ่มอาการนี้ด้วย

3. กลุ่มอาการทางระบบประสาท อาการทั้งหมดจะแสดงออกมาภายใน 2-3 วัน หลังจากได้รับรังสี 50 เกรย์ ระยะเริ่มต้นอาจเริ่มจาก 2-3 นาทีหรือ 2-3 ชั่วโมงขึ้นกับปริมาณรังสีที่ได้รับ อาการที่เกิด

ได้แก่ ภาวะวุ่นวาย สับสน คลื่นไส้และอาเจียนอย่างรุนแรง ไม่รู้สึกตัว ที่ผิวหนังรู้สึกเหมือนถูกไฟลวก ระยะแอบแฝงอาจปรากฏอยู่เป็นเวลาหลายชั่วโมง และระยะสุดท้ายจะปรากฏให้เห็นภายใน 5-6 ชั่วโมง หลังได้รับรังสีโดยจะมีอาการลมชัก หหมดสติ และเสียชีวิตในที่สุด

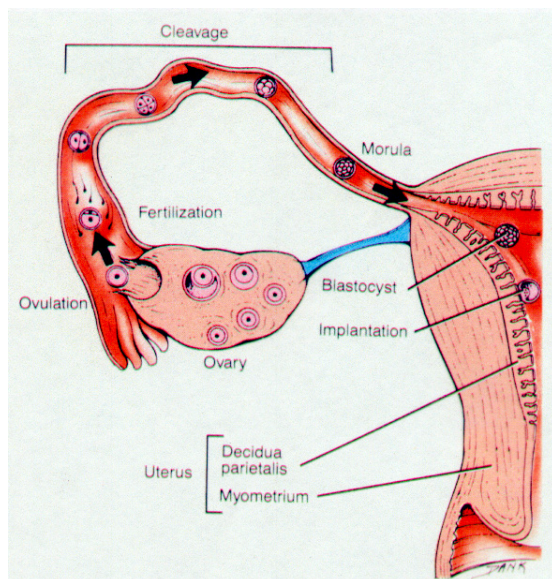
การเปลี่ยนแปลงของไขกระดูกและทางเดินอาหาร ไม่มีผลต่อกลุ่มอาการนี้ เพราะผู้ป่วยไม่มีชีวิตนานพอที่ความเสียหายของอวัยวะทั้ง 2 จะแสดงผลออกมา อันตรายที่เกิดกับระบบประสาทส่วนกลาง อาจจะเป็นผลจากการที่เส้นเลือดในระบบนี้ได้รับอันตรายส่งผลให้เกิดการบวมน้ำในสมอง เกิดการอักเสบของเส้นเลือด และการอักเสบของเยื่อหุ้มสมอง คาดว่าการตายเกิดจากความดันที่เพิ่มขึ้นในสมองซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มของของเหลวในสมอง

ตัวอ่อนและทารก

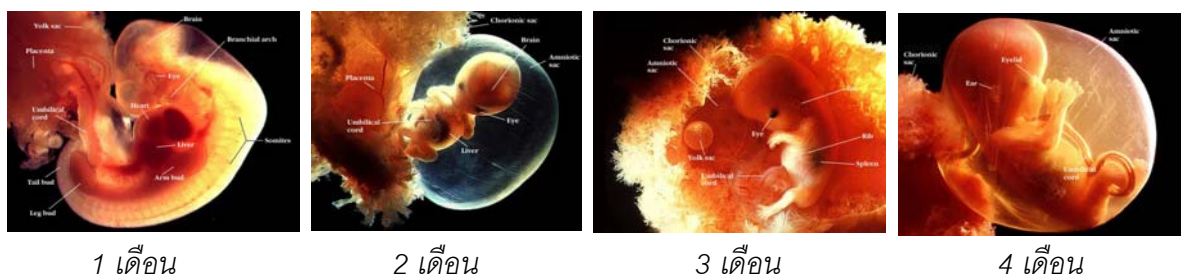
อันตรายของรังสีที่มีต่อตัวอ่อนและทารก ขึ้นกับอายุการตั้งครรภ์ในระหว่างที่ได้รับรังสี โดยพัฒนาการของทารก แบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ

1. ระยะก่อนการฝังตัว
2. ระยะสร้างอวัยวะ
3. ระยะทารกหรือระยะเจริญเติบโต

ในมนุษย์ระยะก่อนการฝังตัวเกิดขึ้นตั้งแต่การปฏิสนธิจนถึงวันที่ 10 ก่อนที่ตัวอ่อนจะฝังตัวในผนังมดลูก (รูปที่ 7) ระยะนี้ไข่ที่ถูกผสมจะแบ่งตัวเป็นกลุ่มเซลล์ การฝังตัวของกลุ่มเซลล์หรือตัวอ่อนในผนังมดลูกจะเป็นสัญญาณการเริ่มระยะที่ 2 ซึ่งจะเป็นระยะที่ตัวอ่อนจะสร้างอวัยวะต่างๆของร่างกาย (รูปที่ 8) และท้ายของอาทิตย์ที่ 6 ตัวอ่อนจะถูกเรียกว่าทารกและเข้าสู่ระยะเจริญเติบโต การได้รับรังสีในระยะต่างกันจะก่อให้เกิดอันตรายแก่ตัวอ่อนต่างกัน



รูปที่ 7. ระยะก่อนการฝังตัว ซึ่งเริ่มตั้งแต่การปฏิสนธิ (fertilization) จนถึงการฝังตัวของตัวอ่อนในมดลูก (implantation) (จาก Tortora et al., 1987)

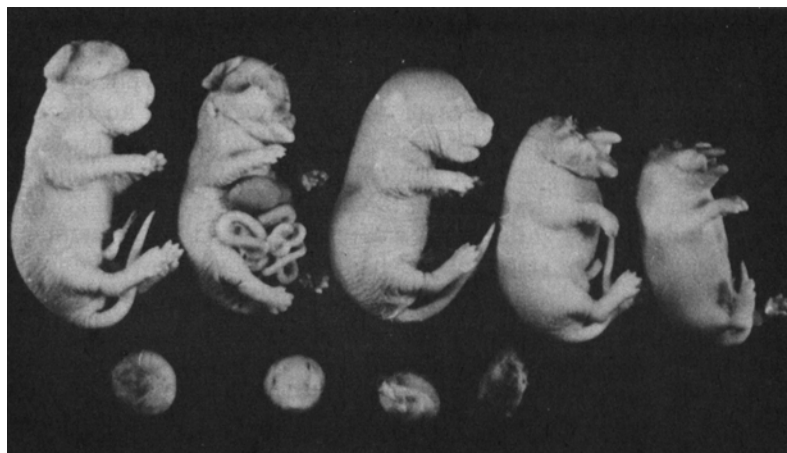


รูปที่ 8. ระยะสร้างอวัยวะและระยะเจริญเติบโตของตัวอ่อนในครรภ์ (จาก www.w-cpc.org)

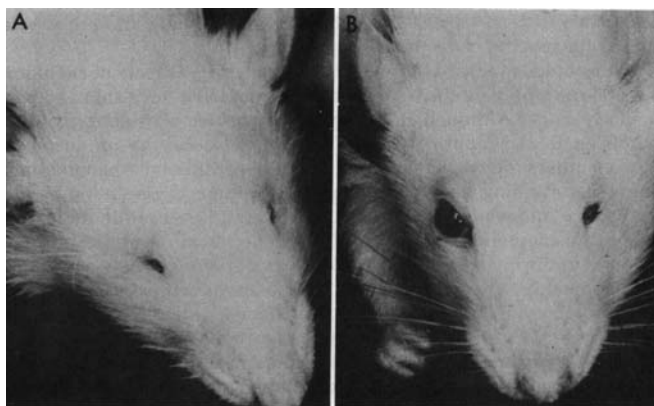
ผลของรังสีต่อทารก

การได้รับรังสีในระยะก่อนการฝังตัว - การได้รับรังสีสูงกว่า 0.1 เกรย์ ในระยะนี้จะมีผลให้อุบัติการณ์ของการตายในครรภ์เพิ่มขึ้น แต่มีอุบัติการณ์ของความผิดปกติในตัวเด็กซึ่งรอดชีวิต

การได้รับรังสีในระยะสร้างอวัยวะ - ถ้าตัวอ่อนได้รับรังสีขณะอยู่ในระยะนี้ จะทำให้พบความผิดปกติหรือพิการ (รูปที่ 9) เนื่องจากเนื้อเยื่อต่างชนิดกันจะถูกเริ่มสร้างที่วันต่าง ๆ กัน การได้รับรังสีในวันต่างๆ จึงก่อให้เกิดความผิดปกติต่างๆ กัน เช่น การฉายรังสีตัวอ่อนของสัตว์ทะเลในวันที่ 9 จะส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของการผิดปกติต่อตา หู จมูก (รูปที่ 10) ในขณะที่เดียวกันการฉายรังสีในวันที่ 10 จะทำให้เกิดความผิดปกติในกระดูก ความหลากหลายของความผิดปกติในครรภ์จะเพิ่มขึ้นถ้าได้รับรังสีระหว่างวันที่ 23-27 และการได้รับรังสีระหว่างอาทิตย์ที่ 11-16 ของการตั้งครรภ์ มักทำให้เกิดสมองเล็กและปัญญาอ่อน



รูปที่ 9. ความผิดปกติในหนู จากการได้รับรังสีขณะอยู่ในท้องแม่ (จาก Travis LA, 1989)



รูปที่ 10. ความผิดปกติที่เกิดกับตาในหนูจากการได้รับรังสีขณะอยู่ในท้องแม่ หนูตัวซ้ายไม่มีตา หนูตัวขวาตาข้างขวาปกติแต่ตาข้างซ้ายเล็ก (จาก Travis LA, 1989)

การได้รับรังสีในระยะทารก - การได้รับรังสีในช่วงนี้จะไม่ค่อยเห็นความผิดปกติอย่างชัดเจน และอุบัติการณ์ของการตายทั้งแบบตายในครรภ์หรือตายระหว่างคลอดจะลดลง อย่างไรก็ตามการได้รับรังสีในระยะนี้อาจก่อให้เกิดการทำงานของร่างกายผิดปกติหลังคลอดหรือมีผลในบั้นปลายของชีวิต เช่น การเกิดมะเร็ง

เนื่องจากระยะที่ไวต่อรังสีที่สุดของทารกคือ 6 อาทิตย์แรกของการตั้งครรภ์ ซึ่งผู้หญิงอาจไม่ทราบถึงการตั้งครรภ์ของตน ปริมาณรังสีแม้เพียง 0.1 เกรย์ก็สามารถทำอันตรายกับทารกในระยะนี้ได้ ดังนั้น National Commission on Radiation Protection and Measurement (NCRP) ได้แนะนำให้ใช้ กฎ 10 วัน (10-day rule) กฎนี้แนะนำให้ การวินิจฉัยซึ่งจะต้องทำการฉายรังสีบริเวณกระดูกเชิงกรานของสตรีวัยมีบุตร (11-50 ปี) ในกรณีที่ไม่มีลูกเงิน ควรกระทำระหว่าง 10 วันแรกของการมีรอบเดือน (วันแรกที่ประจำเดือนมาถือเป็นวันแรกของการมีรอบเดือน) และหากพบในภายหลังว่าตัวอ่อนได้รับรังสีมากกว่า 0.1 เกรย์ ในช่วงนี้ก็แนะนำให้ทำแท้ง

6. ผลของรังสีในระยะยาว

ผลของรังสีในระยะยาวแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1. **การเกิดมะเร็ง** รังสีจะทำให้อุบัติการณ์ของการเกิดโรคมะเร็งสูงขึ้น แต่ไม่เพิ่มความรุนแรงของอาการที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งต่างจากอันตรายที่เกิดกับอวัยวะต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว ความเสียหายซึ่งเกิดกับอวัยวะต่างๆ ต้องการปริมาณรังสีระดับหนึ่งก่อน จึงจะก่อให้เกิดอันตรายกับอวัยวะนั้นๆ ปริมาณรังสีที่ต่ำกว่านั้นจะไม่ก่อให้เกิดอาการ และปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความรุนแรงของอาการเพิ่มขึ้น

จากการติดตามผู้ได้รับรังสีจากระเบิดปรมาณูในสงครามโลกครั้งที่ 2 พบว่ามีอุบัติการณ์ของมะเร็งในผู้ที่ได้รับรังสี 4687 ราย ในขณะที่มีอุบัติการณ์ของมะเร็งในผู้ป่วยที่ไม่ได้รับรังสี 4306 (ตารางที่ 5) โดยพบว่าผู้ที่เป็นมะเร็งจะตรวจพบมะเร็งหลังจากได้รับรังสีประมาณ 20-30 ปี ส่วนมะเร็งเม็ดเลือดขาวใช้เวลาประมาณ 7-12 ปี

ตารางที่ 5. อุบัติการณ์ของมะเร็งในผู้ได้รับรังสีจากระเบิดปรมาณูในสงครามโลกครั้งที่ 2 ระหว่างปี พ.ศ. 2493 ถึง พ.ศ. 2533

ปริมาณรังสี	จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็ง	จำนวนที่เพิ่มขึ้น	จำนวนร้อยละที่เพิ่มขึ้น
0.005-0.2 Sv	3391	63	2%
0.2-0.5 Sv	646	76	12%
0.5-1 Sv	342	79	23%
>1 Sv	308	121	39%
รวมทั้งหมด	4687	339	7%

2. **อายุสั้น** การศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าสัตว์ที่ได้รับรังสีจะมีอายุสั้นกว่าสัตว์ที่ไม่ได้รับรังสี

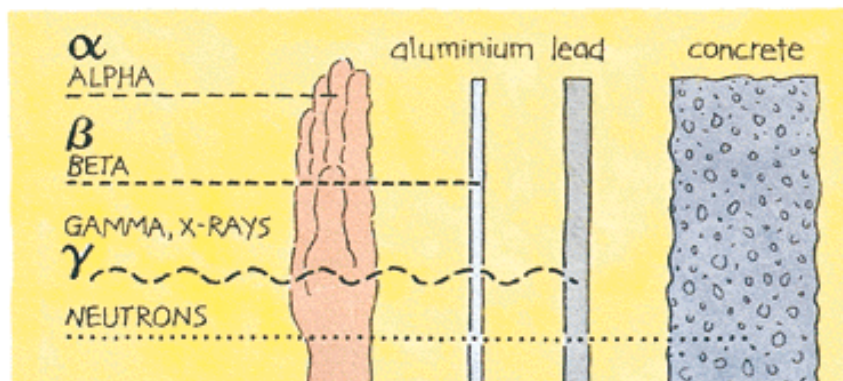
3. **ผลทางกรรมพันธุ์** ถ้ามีการผ่าเหล่าเกิดขึ้นกับเซลล์สืบพันธุ์ ก็มีโอกาสเป็นไปได้ที่ความผิดปกติจะถ่ายทอดไปยังลูกหลาน โดยรังสีจะเพิ่มอุบัติการณ์ของการผ่าเหล่าซึ่งเกิดตามธรรมชาติอยู่แล้ว ไม่ทำให้เกิดการผ่าเหล่าใหม่ๆ และผลเหล่านี้สามารถลดลงโดยการขยายเวลาระหว่างการได้รับรังสีและการปฏิสนธิ อย่างไรก็ตาม ไม่พบว่ามีกรณีการผ่าเหล่าจากการได้รับรังสีจากระเบิดปรมาณูในสงครามโลกครั้งที่ 2

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อันตรายจากรังสีเพิ่มขึ้น แต่ผลของรังสีจะขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ ด้วย

7. ปัจจัยที่มีผลต่ออันตรายจากรังสี

อันตรายที่เกิดขึ้นจากการได้รับรังสีจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่

1. **ปริมาณรังสี** ยิ่งปริมาณรังสีที่ได้รับสูง ก็จะมีอันตรายจากรังสีสูงขึ้น ปริมาณรังสีจะขึ้นกับความแรงของต้นกำเนิดรังสี ระยะเวลาของการได้รับรังสี และระยะทางระหว่างผู้ได้รับรังสีและต้นกำเนิดรังสี
2. **ชนิดของรังสี** รังสีชนิดนั้นๆ มีอำนาจทะลุทะลวงสูงหรือต่ำ (รูปที่ 9)



รูปที่ 9. ความสามารถในการทะลุทะลวงขึ้นกับชนิดของรังสี (จาก www.uic.com)

3. **ชนิดของสารรังสี** ถ้าได้รับเข้าไปในร่างกายสารรังสีนั้นๆ จะไปสะสมอยู่ที่ใดและนานเท่าไร เช่น แคลเซียมมักไปสะสมที่กระดูก

4. **แหล่งกำเนิดรังสีอยู่ภายนอกหรือภายในร่างกาย** ถ้าสารรังสีที่ให้รังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำอยู่ภายนอกร่างกาย ก็จะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายมากหรืออาจไม่ก่อให้เกิดอันตรายเลยหากอยู่ห่างจากสารรังสีพอควร แต่หากสารรังสีนั้นเข้าไปในร่างกายจะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงแก่เนื้อเยื่อบริเวณที่สารรังสีเข้าไปสะสม สำหรับสารรังสีที่ให้รังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูง จะก่อให้เกิดอันตรายไม่ว่าสารรังสีนั้นจะอยู่ภายนอกหรือภายในร่างกาย แม้ว่าสารรังสีที่เข้าไปภายในร่างกายจะไม่ทำลายเนื้อเยื่อในบริเวณที่สารรังสีเข้าไปสะสมเท่ารังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำ แต่ทั่วร่างกายได้รับอันตรายจากรังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูงนั้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่ารังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำมักทำให้เกิดอันตรายในบริเวณที่สารรังสีไปสะสม ขณะที่รังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูงจะก่อให้เกิดอันตรายทั้งเฉพาะที่และทั่วร่างกาย

5. การได้รับสารรังสีเข้าไปภายในร่างกายต้องคำนึงถึงครึ่งชีวิตทางฟิสิกส์ของสารรังสี (สารรังสีนั้นๆ ใช้เวลาเท่าใดในการที่จะลดความแรงลงครึ่งหนึ่ง) และครึ่งชีวิตทางชีววิทยา (เมื่อสารรังสีนั้นๆ เข้าสู่ร่างกาย จะใช้เวลานานเท่าใดในการลดปริมาณในร่างกายลงครึ่งหนึ่ง) และสารรังสีนั้นๆ ไปสะสมที่อวัยวะใด

6. **อัตรารังสี** ได้แก่ ปริมาณรังสีที่ได้รับต่อหน่วยเวลา เช่น ถ้าเรายืนอยู่ในครัว ปริมาณความร้อนที่ได้รับทั้งวันอาจเท่ากับคนที่เอนิ้วแหย่เข้าไปในปลั๊กไฟเพียงประเดี๋ยวเดียว แต่การเอนิ้วแหย่เข้าไปในปลั๊กไฟเพียงประเดี๋ยวเดียวจะก่อให้เกิดอันตรายมากกว่า รังสีก็เช่นกัน การได้รับปริมาณรังสีทั้งหมดในเวลาสั้นๆ จะก่อให้เกิดความเสียหายมากกว่าการได้รับปริมาณรังสีทั้งหมดในเวลาที่ยาวนานกว่า

7. ลักษณะของการได้รับรังสี ร่างกายสามารถซ่อมแซมเซลล์และเนื้อเยื่อที่ได้รับ ความเสียหายจากรังสีได้ หากอัตรารังสีต่ำ หรือได้มีการเว้นช่วงของการได้รับรังสี เปรียบได้กับการต้องทำงานหนักให้เสร็จสิ้นทั้งหมดภายในครั้งเดียว และการให้มีการพักครั้งเวลาและมาทำงานต่อ การพักจะทำให้ร่างกายมีการซ่อมแซมปรับตัวทำให้ไม่เหนื่อยเท่าการต้องทำงานทั้งหมดให้เสร็จภายในครั้งเดียว รังสีก็เช่นกัน แม้ด้วยอัตรารังสีที่เท่ากัน การแบ่งฉายรังสีจะก่อให้เกิดความเสียหายน้อยกว่าการที่ได้รับปริมาณรังสีทั้งหมดภายในครั้งเดียว

8. เนื้อที่ของร่างกายที่ได้รับรังสี การได้รับทั่วร่างกายจะก่อให้เกิดอันตรายมากกว่าการที่ร่างกายแต่เพียงบางส่วนได้รับรังสี เนื่องจากไขกระดูกในบริเวณที่ไม่ได้รับรังสีจะสามารถผลิตเม็ดเลือดมาทดแทนได้

9. ความไวต่อรังสีของเนื้อเยื่อที่ได้รับรังสี

10. สุขภาพในขณะที่ได้รับรังสี ในร่างกายของเรามีทั้งสารที่ต้านอันตรายจากรังสีและทำให้ไวต่อรังสี ดังนั้นสภาพของร่างกายขณะได้รับรังสีจะมีอิทธิพลต่อผลของรังสีด้วยเช่นกัน

ถึงแม้รังสีจะมีโทษมหันต์หากถูกนำไปใช้ในทางที่ผิดหรือใช้อย่างขาดความระมัดระวัง แต่อย่างไรก็ตามรังสีก็มีคุณอนันต์ ข้อมูลอันตรายจากรังสีที่ได้กล่าวมาข้างต้นได้จากการทดสอบในสัตว์ทดลอง การใช้ระเบิดปรมาณูในสงครามโลกครั้งที่ 2 อุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ การใช้รังสีในทางการแพทย์ และการใช้รังสีในยุคต้นๆ เนื่องจากผู้ปฏิบัติในยุคนั้นไม่ได้ตระหนักถึงอันตรายของรังสี แม้แต่มาวี คูรี และลูกสาวไอรีน คูรี ซึ่งได้รับรางวัลโนเบลเช่นกัน ก็เสียชีวิตจากมะเร็งเม็ดเลือดขาว

ในเหตุการณ์ปกติโดยทั่วไป ผู้ที่ทำงานกับรังสีจะไม่ได้รับอันตรายเหล่านี้ อันตรายที่ได้รับจากการเกิดอุบัติเหตุมักเกิดจากความประมาทเลินเล่อของบุคลากรซึ่งสามารถป้องกันได้ จากหลักฐานต่างๆพบว่า ไม่มีอันตรายกับผู้ปฏิบัติงานทางรังสีหากปฏิบัติตามกฎระเบียบข้อบังคับของการปฏิบัติงานกับรังสีอย่างเคร่งครัด

เอกสารอ้างอิง

- International Atomic Energy Agency (1998) Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Safety Reports Series No.2, IAEA, Vienna.
- International Atomic Energy Agency (2000) How to Recognize and Initially Respond to an Accidental Radiation Injury, IAEA, Vienna.
- Mettler FA and Upton AC (1995) Medical Effects of Ionizing Radiation 2nd ed W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- Tortora GJ and Anagnostakos NP (1987) Principles of Anatomy and Physiology 5th ed Harper & Row Publishers, New York.
- Travis EL (1989) Primer of Medical Radiobiology 2nd ed Year Book Medical Publishers
- Tubiana M, Dutriex J, and Wambersie A (1990) Introduction to Radiobiology p.1-33 Taylor & Francis, London.

ภาคผนวก 1

หน่วยวัดทางรังสี

ปริมาณ	หน่วยเดิม	หน่วยใหม่
กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)	คูรี (Ci)	เบคเคอเรล (Bq)
รังสีที่ถูกดูดกลืน (Absorbed dose)	แรด (rad)	เกรย์ (Gy)
รังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว (Exposure)	เรินท์เกิน (R)	คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม (C/kg)
รังสีสมมูล (Dose equivalent)	เรม (rem)	ซีเวิร์ต (Sv)

1 คูรี (Curie; Ci) คือ การเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียร์ของธาตุเรเดียมหนัก 1 กรัม ซึ่งเท่ากับ 3.7×10^{10} disintegration per second (dps)

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

1 แรด (rad = radiation absorbed dose) ซึ่งเท่ากับพลังงานของรังสีที่ถูกดูดกลืนปริมาณ 100 ergs ในวัตถุที่มีมวล 100 กรัม

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ ergs/gm}$$

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

1 เรินท์เกิน (R) คือปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศเกิดการแตกตัวและทำให้เกิดประจุ 1 e.s.u. ในอากาศแห้ง 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรที่ NTP หรือ อากาศมวล/ $.293 \times 10^{-3}$ กรัม

$$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$$

$$1 \text{ e.s.u.} = 3.335 \times 10^{-10} \text{ C}$$

1 เรม (rem) คือ รังสีที่ถูกดูดกลืนคูณกับผลทางชีววิทยาของรังสี (quality factor. Q) โดยที่

$$Q (\text{รังสี } X, \gamma, \beta) = 1$$

$$Q (\text{thermal neutron}) = 2.3$$

$$Q (\text{fast neutron. P}) = 10$$

$$Q (\alpha, \text{ heavy ion}) = 20$$

$$1 \text{ rem} = \text{rad} \times Q$$

$$1 \text{ Sv} = \text{Gy} \times Q$$

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

ภาคผนวก 2

ผลกระทบจากรังสีต่อร่างกาย

รวบรวมโดย International Commission on Radiological Protection (ICRP)

ปริมาณรังสี (มิลลิซีเวิร์ต)	อาการ
2.2	เป็นระดับรังสีปกติในธรรมชาติ ที่มนุษย์แต่ละคนได้รับใน 1 ปี
5	เกณฑ์สูงสุดที่อนุญาตให้สาธารณชนได้รับใน 1 ปี
50	เกณฑ์สูงสุดที่อนุญาตให้ผู้ปฏิบัติงานทางรังสีได้รับใน 1 ปี
250	ไม่ปรากฏอาการผิดปกติใดๆ ทั้งระยะสั้นและระยะยาว
500	เม็ดเลือดขาวลดลงเล็กน้อย
1,000	มีอาการคลื่นเหียน และอ่อนเพลีย เม็ดเลือดขาวลดลง
3,000	อ่อนเพลีย อาเจียน ท้องเสีย เม็ดเลือดขาวลดลง ผม่วง เบื่ออาหาร ตัวซีด คอแห้ง มีไข้ อายุสั้น อาจเสียชีวิตภายใน 3-6 สัปดาห์
6,000	อ่อนเพลีย อาเจียน ท้องร่วงภายใน 1-2 ชั่วโมง เม็ดเลือดลดลงอย่างรวดเร็ว ผม่วง มีไข้ อักเสบบริเวณปาก และลำคออย่างรุนแรง มีเลือดออก มีโอกาสเสียชีวิตถึง 50% ภายใน 2-6 สัปดาห์
10,000	มีอาการเหมือนข้างต้น ผิวหนังพองบวม ผม่วง เสียชีวิตภายใน 2-3 สัปดาห์