ผลกระทบของรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและการป้องกันอันตรายจากรังสี

บรรยายโดย นายณรงค์เวทย์ บุญเต็ม

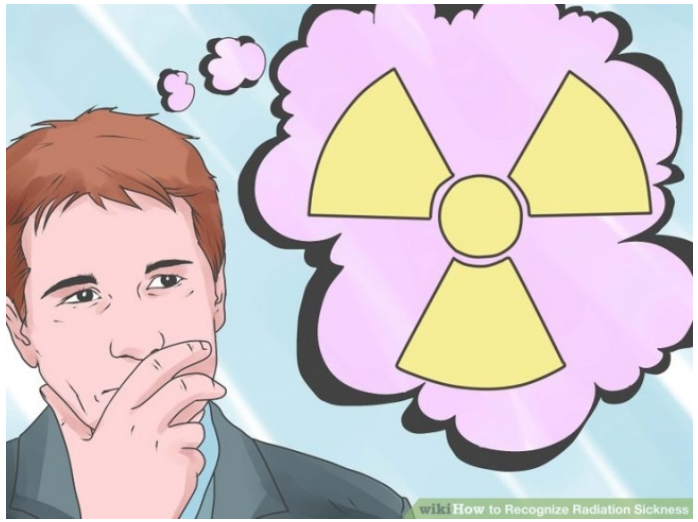
นักฟิสิกส์รังสีชำนาญการพิเศษ

กลุ่มอนุญาตเครื่องกำเนิดรังสี

กองอนุญาตทางนิวเคลียร์และรังสี

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

หัวข้อบรรยาย



- รังสี และชีววิทยารังสี
- การได้รับรังสี
- ผลของการได้รับรังสี
- ขีดจำกัดการได้รับรังสี (Dose limits)
- หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี

รังสี (Radiation)

- **Non-Ionizing Radiation** คือ รังสีที่ไม่ก่อให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน
- **Ionizing Radiation** คือรังสีที่ก่อให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน แบ่งได้เป็น
  - อนุภาค (Particle)
    - ✓มีประจุ (Charge Particle) เช่น แอลฟา บีตา
    - ✓ไม่มีประจุ เช่น นิวตรอน
  - คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น รังสีแกมมา รังสีเอกซ์

หน่วยวัดปริมาณรังสี (Dose)

Dose	SI unit	Old unit	Conversion factor
การแผ่รังสี (Exposure)	C/k air	Roentgen	1 R = 2.58 x 10^{-4} C/k air
ปริมาณรังสีดูดกลืน (Absorbed Dose)	gray (Gy)	rad	100 rad = 1 Gy
ปริมาณรังสีสมมูล (Equivalent Dose)	sievert (Sv)	rem	100 rem = 1 Sv
ปริมาณรังสียังผล (Effective Dose)	sievert (Sv)	rem	100 rem = 1 Sv

หน่วยวัดปริมาณรังสี (Dose) (ต่อ)

- ปริมาณรังสีดูดกลืน ($\mathbf{D_T}$) เป็นหน่วยที่บอกถึงพลังงานที่ถูกดูดกลืนในมวลเนื้อเยื่อ ในหน่วย เกรย์ (Gy) ;
  - 1 Gy = 1 J/kg
- ปริมาณรังสีสมมูล ($\mathbf{H_T}$) เป็นการวัดผลทางชีววิทยาของรังสีชนิดต่างๆ ต่อเนื้อเยื่อ ในหน่วย ซีเวิร์ต (Sv)
  - $H_T = \sum W_R x\ D_{T,R}$; W_R = Radiation Weighting Factors
  - 1 Sv = 1 Gy เมื่อ W_R ของรังสีที่มีค่า Liner Energy Transfer (LET) = 1

Radiation Weighting Factors or Quality Factors : W_R

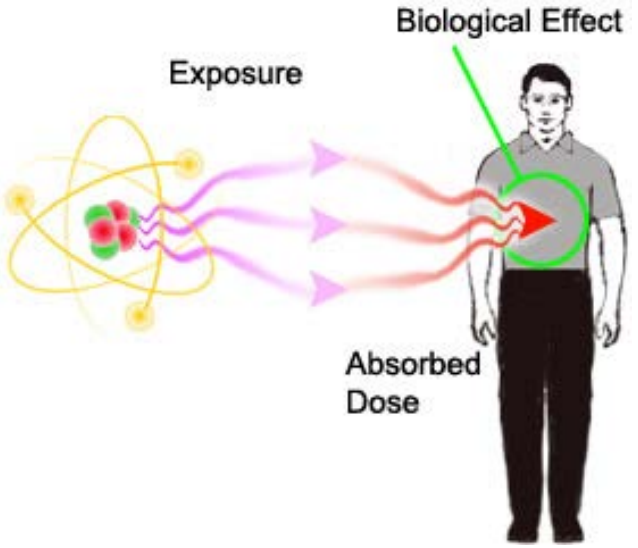
Type of radiation	w_R
Photons	1
Electrons and muons	1
Protons and charged pions	2
Alpha particles, fission fragments, heavy ions	20
Neutrons	A continuous function of neutron energy:

$$w_R = \begin{cases} 2.5 + 18.2\, e^{-[\ln(E_n)]^2/6}, & E_n < 1\ MeV \\ 5.0 + 17.0\, e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}, & 1\ MeV \leq E_n \leq 50\ MeV \\ 2.5 + 3.25\, e^{-[\ln(0.04E_n)]^2/6}, & E_n > 50\ MeV \end{cases}$$

Note: All values relate to radiation incident on the body or, for internal radiation sources, radiation emitted from the incorporated radionuclide(s).

หน่วยวัดปริมาณรังสี (Dose) (ต่อ)

- ปริมาณรังสียังผล ($\mathbf{E_T}$) เป็นหน่วยที่ถูกใช้สำหรับประเมินความเสี่ยงของรังสีต่อร่างกายมนุษย์ ในหน่วย ซีเวิร์ต (Sv)
  - $E_T = \sum W_T \times H_T$; W_T = Tissue Weighting Factor



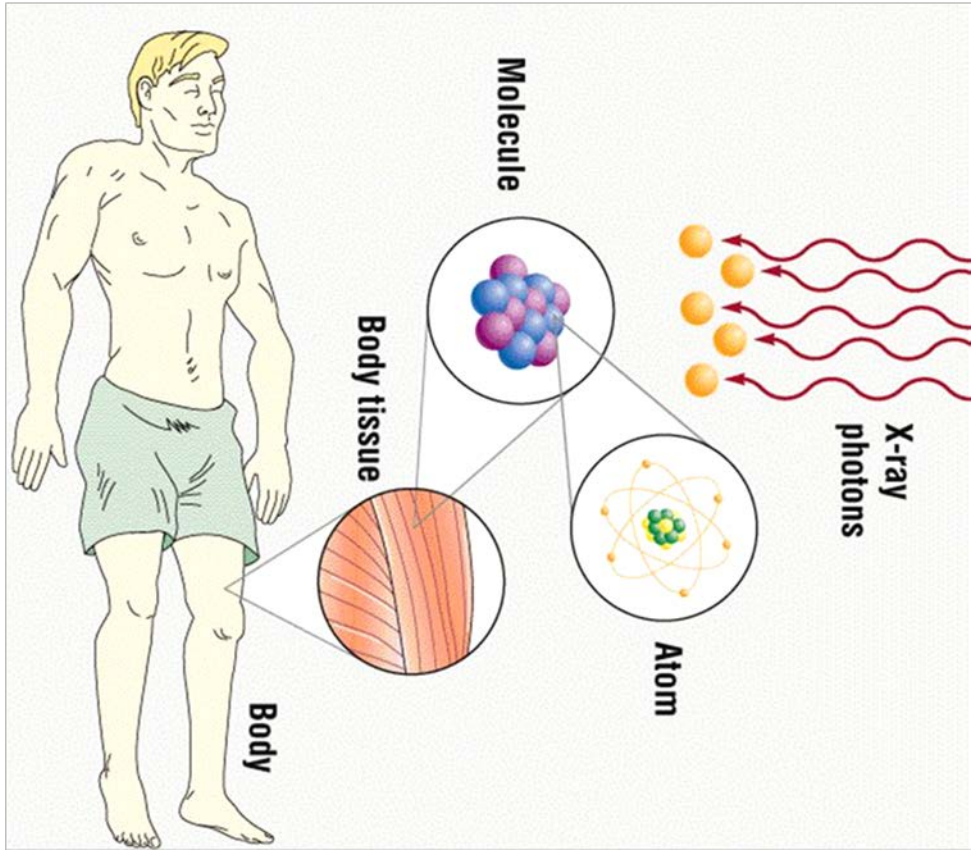
Tissue/Organ Weighting Factor : W_T

	Tissue /Organ	Tissue/Organ weighing factor - W_T
High sensitivity	**Bone-marrow (red), Colon, Lung, Stomach, Breast**	**0.12**
Intermediate sensitivity	**Bladder, Oesophagus, Liver, Thyroid**	**0.04**
Low sensitivity	**Bone surface, Brain, Salivary glands, Skin** **Remainder (14)**	**0.01** **0.12 (in total)**
Genetic and Somatic from Gonadal exposure	**Gonads (ovary, testis)**	**0.08**

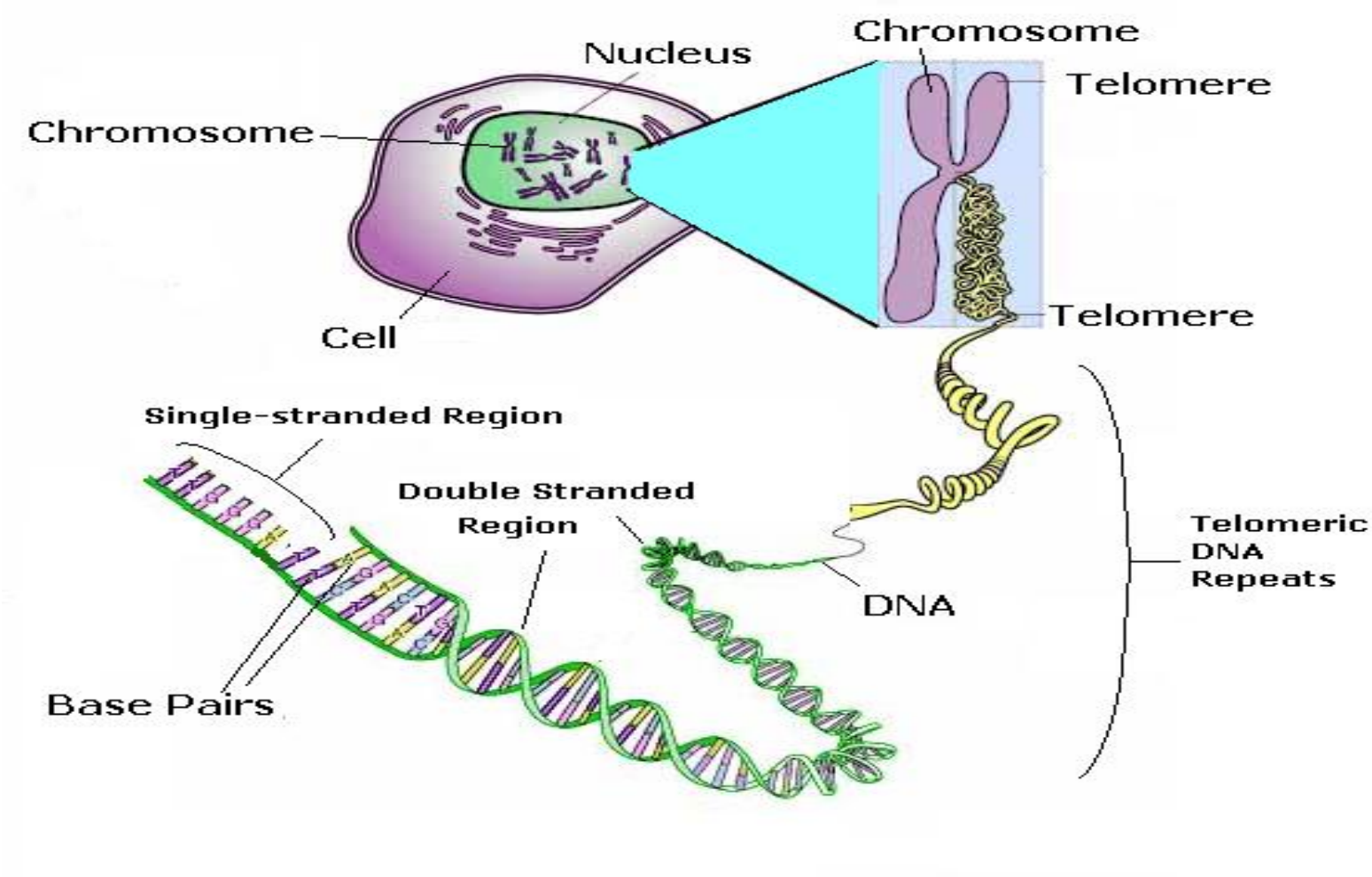
Remainder Tissues (14 in total): Adrenals, Extrathoracic (ET) region, Gall bladder, Heart, Kidneys, Lymphatic nodes, Muscle, Oral mucosa, Pancreas, Prostate, Small intestine, Spleen, Thymus, Uterus/cervix.

องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต

- สิ่งมีชีวิต (Organisms)
- อวัยวะ (Organs)
- เนื้อเยื่อ (Tissues)
- เซลล์ (Cells)
- โมเลกุล (Molecules)
- อะตอม (Atoms)



เซลล์ (Cell) : เป็นโครงสร้างและหน่วยทำงานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต



เซลล์ของมนุษย์

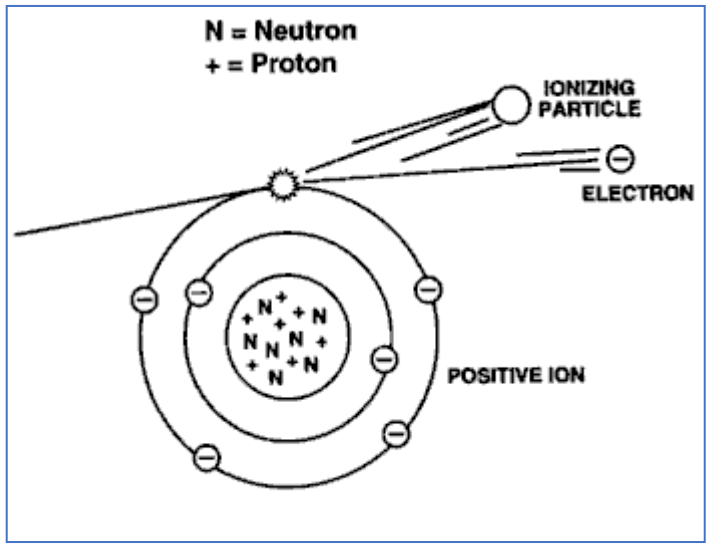
- เซลล์ของมนุษย์ ประกอบด้วย
  - น้ำ ประมาณ 70 -80 %
  - โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ฯลฯ ประมาณ 20-30 %
- ชนิดของเซลล์มนุษย์ สามารถจัดกลุ่มได้เป็น 2 กลุ่ม
  - เซลล์ร่างกาย (Somatic cell)
  - เซลล์สืบพันธุ์ (Germ cell)

กลไกที่ทำให้เกิดความเสียหายทางรังสี

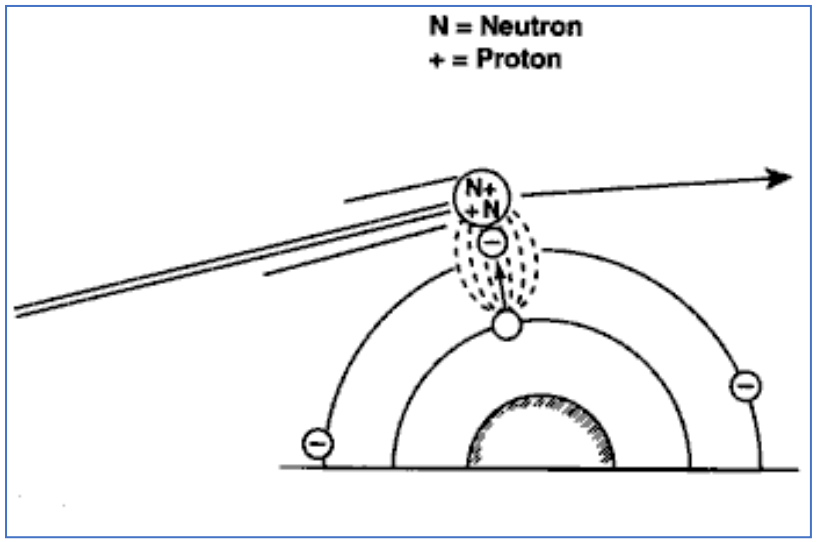
- อันตรกิริยาของรังสีกับน้ำ เป็นกลไลหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางชีววิทยา
- กลไกที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์ แบ่งออก 2 ประเภท
  - การกระทำโดยตรง
  - การกระทำโดยอ้อม
- DNA คือเป้าหมายหลักของความเสียหายอันเนื่องมาจากรังสี
- ความเสียหายของเซลล์ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ได้รับ ซึ่งทำให้เซลล์ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ หรือทำให้เกิดการตายของเซลล์

การกระทำของรังสีต่ออะตอมภายในเซลล์

- รังสีจะทำให้อะตอมภายในเซลล์
  - เกิดการแตกตัว (Ionization)
  - เกิดการกระตุ้น (Excitation)



Ionization

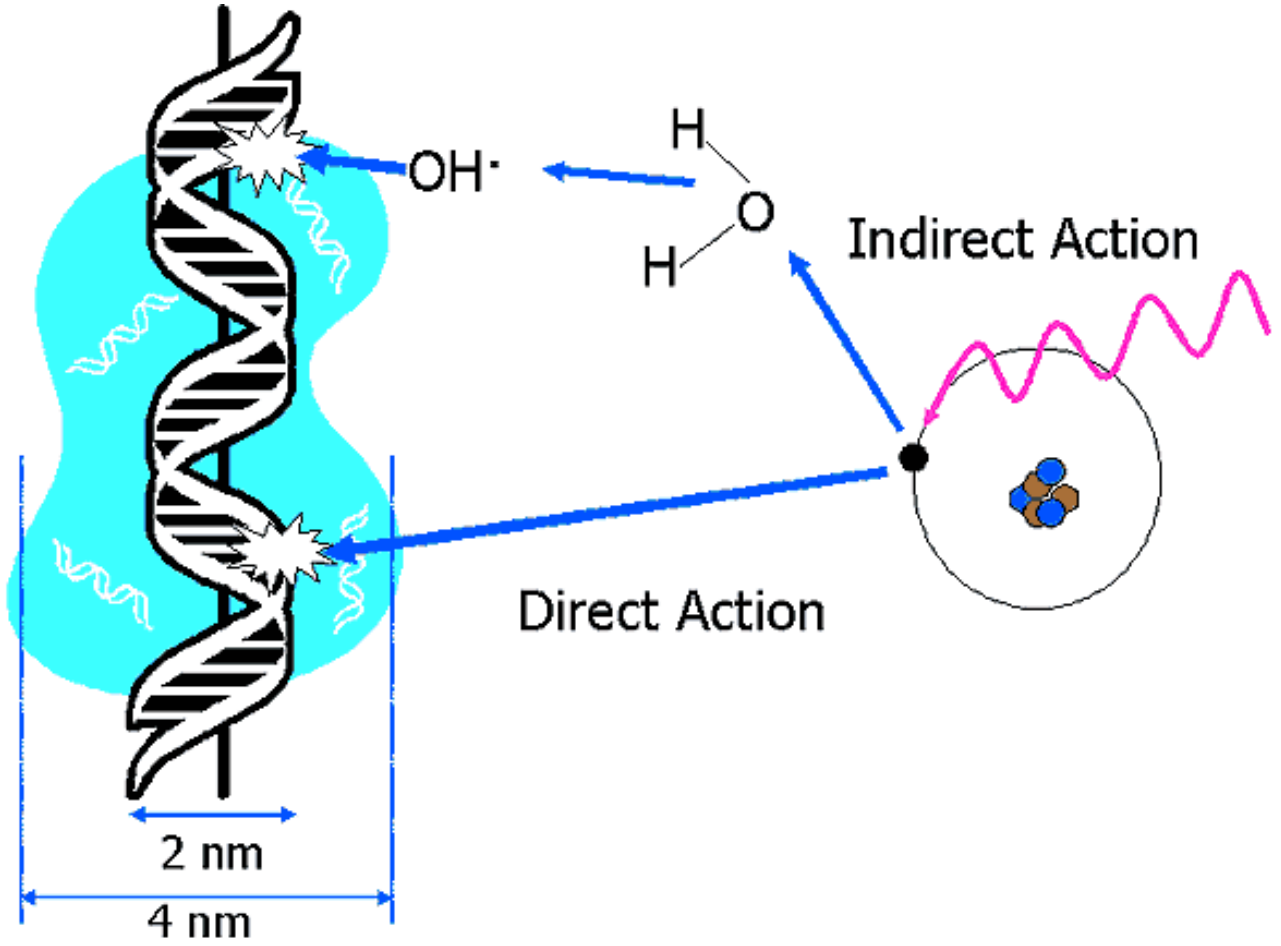


Excitation

การกระทำของรังสีต่อองค์ประกอบของเซลล์

- **การกระทำโดยตรง (Direct action)**
  - รังสีจะทำอันตรายโดยตรงกับองค์ประกอบต่างๆของเซลล์ โดยเฉพาะ DNA
- **การกระทำโดยอ้อม (Indirect action)**
  - รังสีจะทำอันตรกิริยากับน้ำในเซลล์
  - ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ (Free radical)
  - อนุมูลอิสระจะทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบของเซลล์อีกต่อหนึ่ง

การกระทำของรังสีต่อองค์ประกอบของเซลล์ (ต่อ)



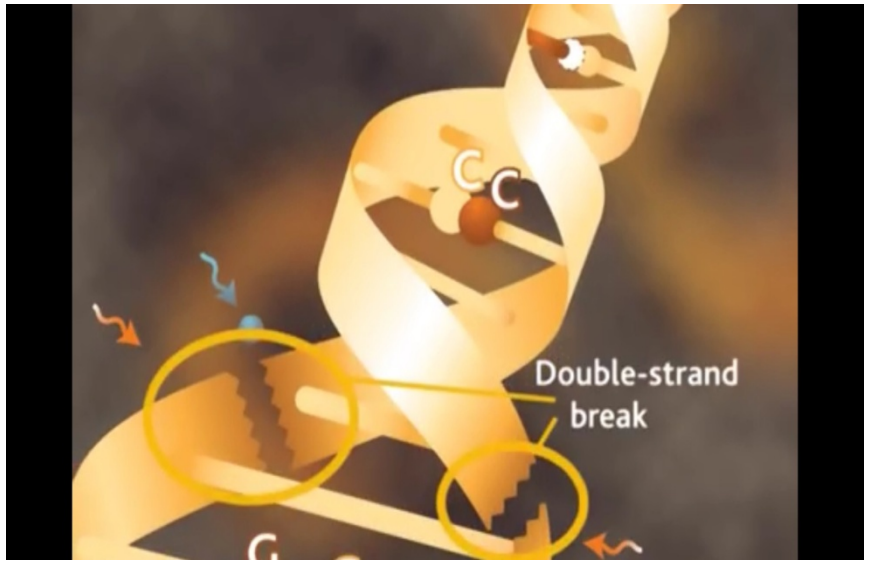
การกระทำโดยตรง (Direct action)

- การกระทำของรังสี DNA ทำให้:
  - Base damage,
  - Single strand breaks, and
  - Double stand breaks

Base damage

การกระทำโดยตรง (Direct action) (ต่อ)

Single strand breaks



Double stand breaks

การกระทำโดยอ้อม (Indirect action)

การกระทำของรังสีกับโมเลกุลของน้ำภายในเซลล์

- การแตกตัว (Ionization)

$$\text{Radiation} + \text{H-O-H} \longrightarrow H_2O^{+} + e^{-}$$

$$\longrightarrow H^{+} + OH^{-}$$

- อนุมูลอิสระ (Free radicals)

$$\text{Radiation} + \text{H-O-H} \longrightarrow H^{o} + OH^{o}$$

$$RH + OH^{o} \longrightarrow R^{o} + H_2O$$

$$RH + H^{o} \longrightarrow R^{o} + H_2$$

การกระทำโดยอ้อม (Indirect action) (ต่อ)

- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide : H_2O_2)

$$OH^{\circ} + OH^{\circ} \longrightarrow H_2O_2$$

หรือ

$$O_2 + e^{-} \longrightarrow O_2^{-}$$

$$O_2^{-} + H^{+} \longrightarrow HO_2$$

$$HO_2 + H^{\circ} \longrightarrow H_2O_2$$

- H_2O_2 เป็นสารที่เป็นพิษต่อเซลล์ สามารถทำลายเซลล์ได้

ขั้นตอนการเกิดความเสียหายต่อเซลล์

รังสีชนกับอะตอมขององค์ประกอบภายในเซลล์สิ่งมีชีวิต

↓

ทำให้เกิดอิเล็กตรอนภายในเซลล์

↓

อิเล็กตรอน อะตอม และโมเลกุลที่ไม่เสถียรเกิดปฏิกิริยาทางเคมี

↓

ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นภายในเซลล์

↓

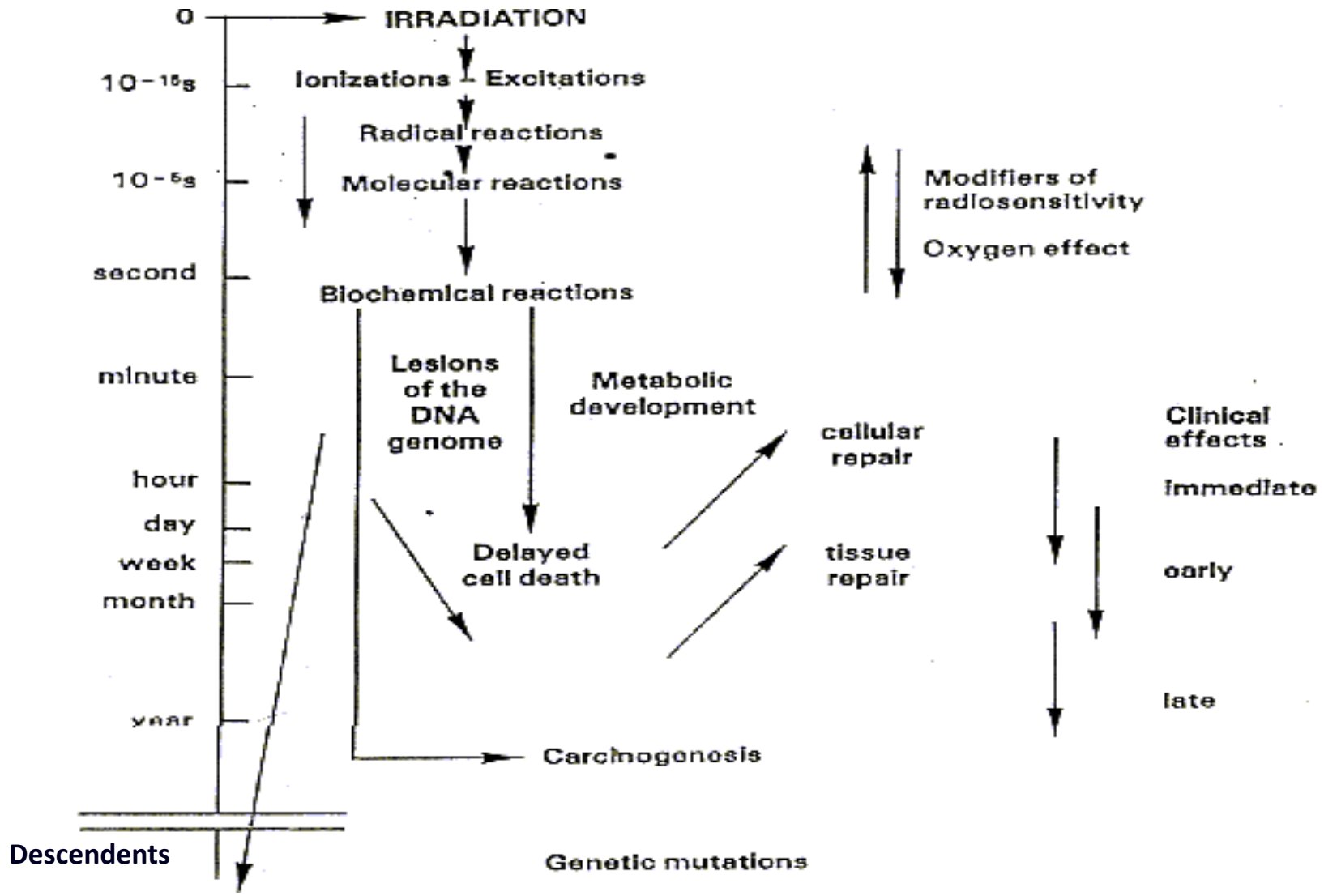
อนุมูลอิสระทำให้องค์ประกอบภายในเซลล์เสียหาย

สภาวะทางเคมีในเซลล์เปลี่ยนไป

↓

ก่อให้เกิดผลทางชีววิทยา อาจทำให้เซลล์เสื่อมสภาพหรือตายไป

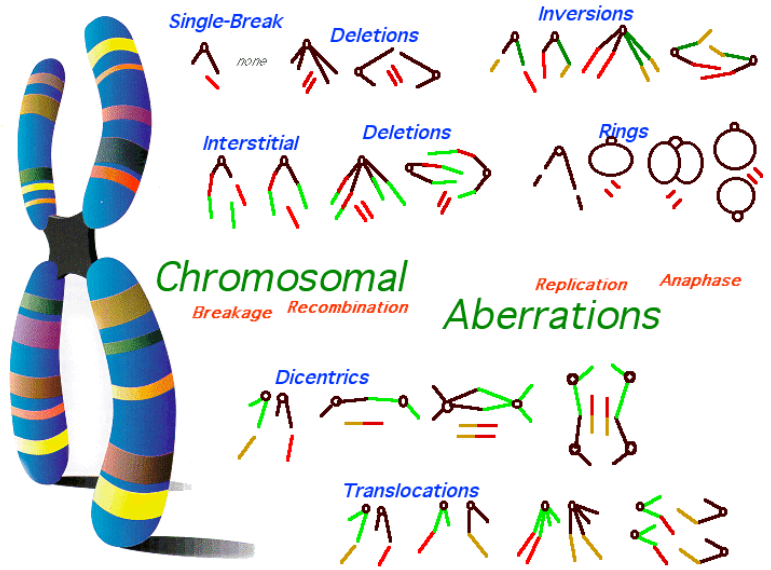
ระยะเวลาการเกิดความเสียหายทางชีววิทยา



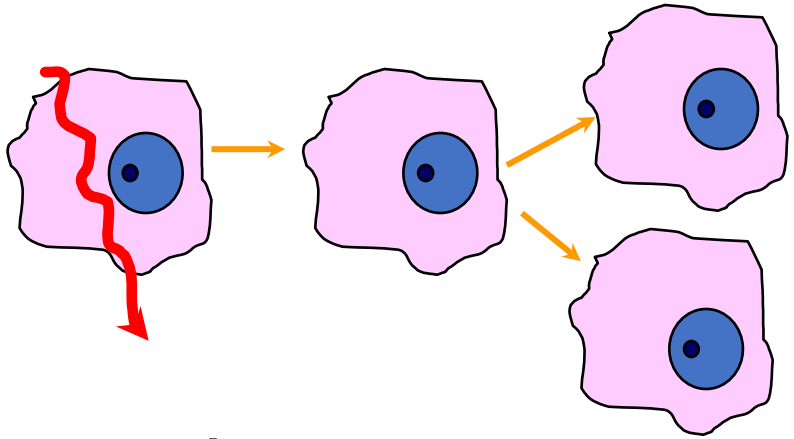
ระดับของผลทางชีววิทยาของรังสี

ผลของรังสีต่อเซลล์

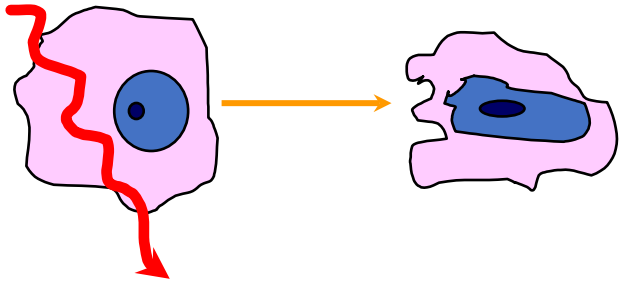
- ทำให้เซลล์ตาย
- ยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์
- ทำให้โครโมโซมเกิดการเปลี่ยนแปลงจากเดิมหรือถูกทำลาย
- ทำให้เกิดความผิดปกติของเซลล์



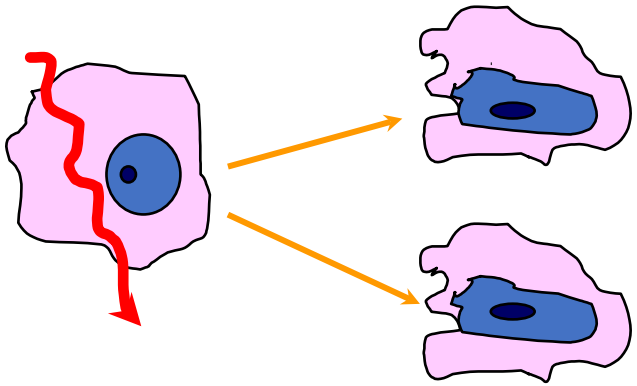
ผลของรังสีต่อเซลล์ (ต่อ)



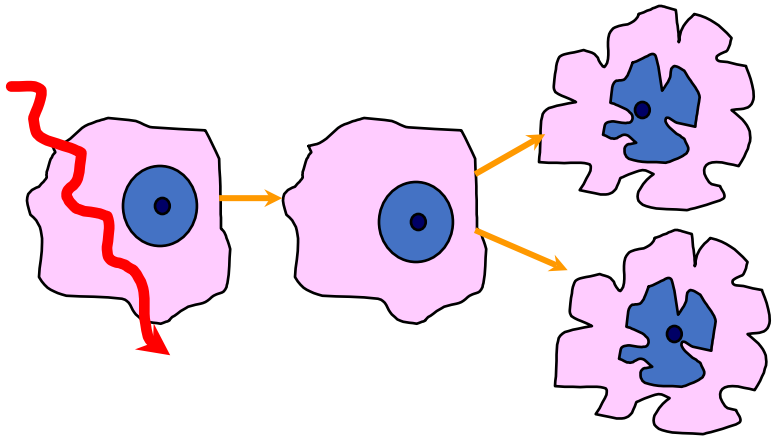
ซ่อมแซมเป็นปกติ



เซลล์ตาย

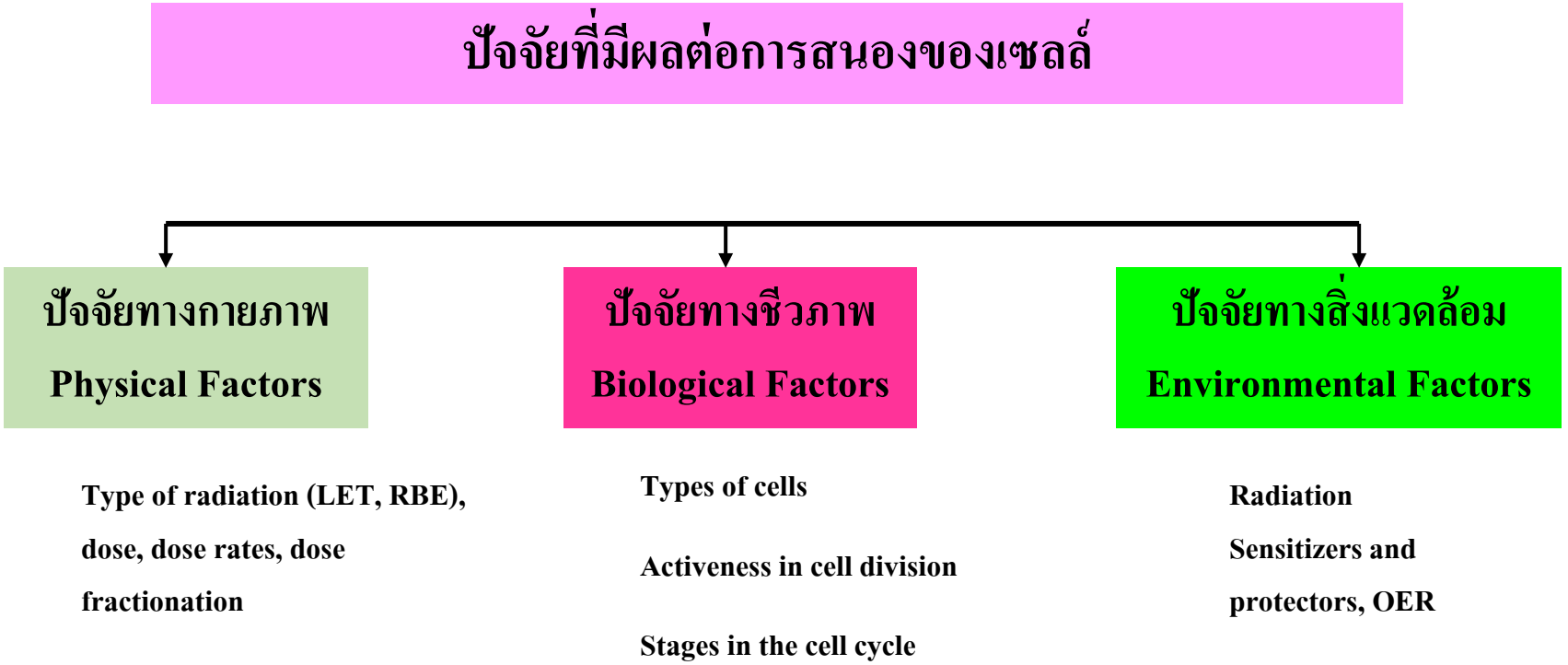


เซลล์ลูกตาย



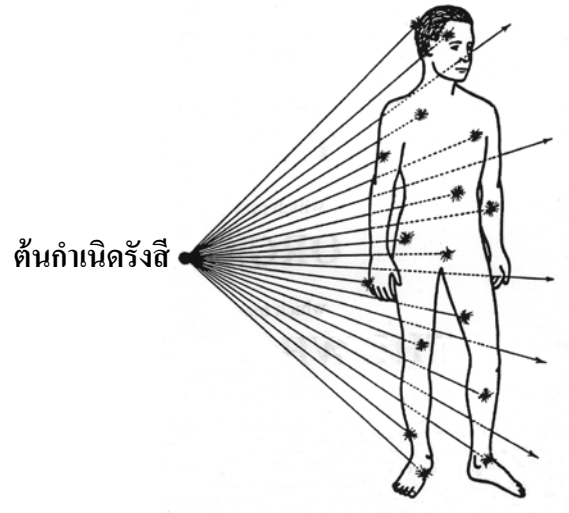
เซลล์ไม่มีการซ่อมแซมตัวเองก่อนแบ่งตัว

การตอบสนองของเซลล์ต่อรังสี

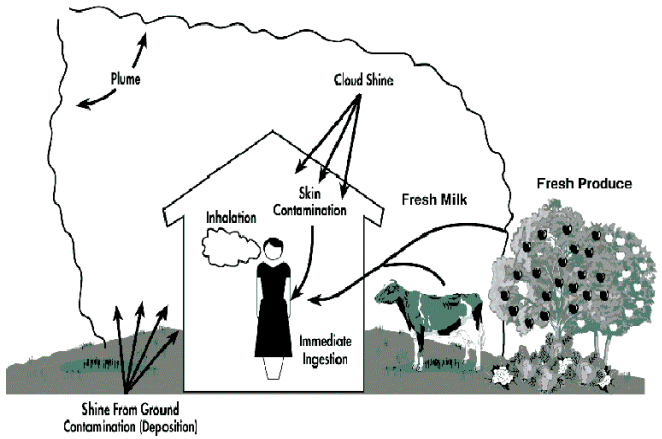


การได้รับรังสี

- External Exposure
  - การได้รับรังสีเมื่อต้นกำเนิดรังสีอยู่ภายนอกร่างกาย



- Internal Exposure
  - การได้รับรังสีเมื่อมีสารกัมมันตรังสีเข้าภายในร่างกาย เช่น โดยทางหายใจ การรับประทาน หรือ ซึมเข้าทางบาดแผล



ปริมาณรังสีเฉลี่ยที่บุคคลได้รับในแต่ละปี

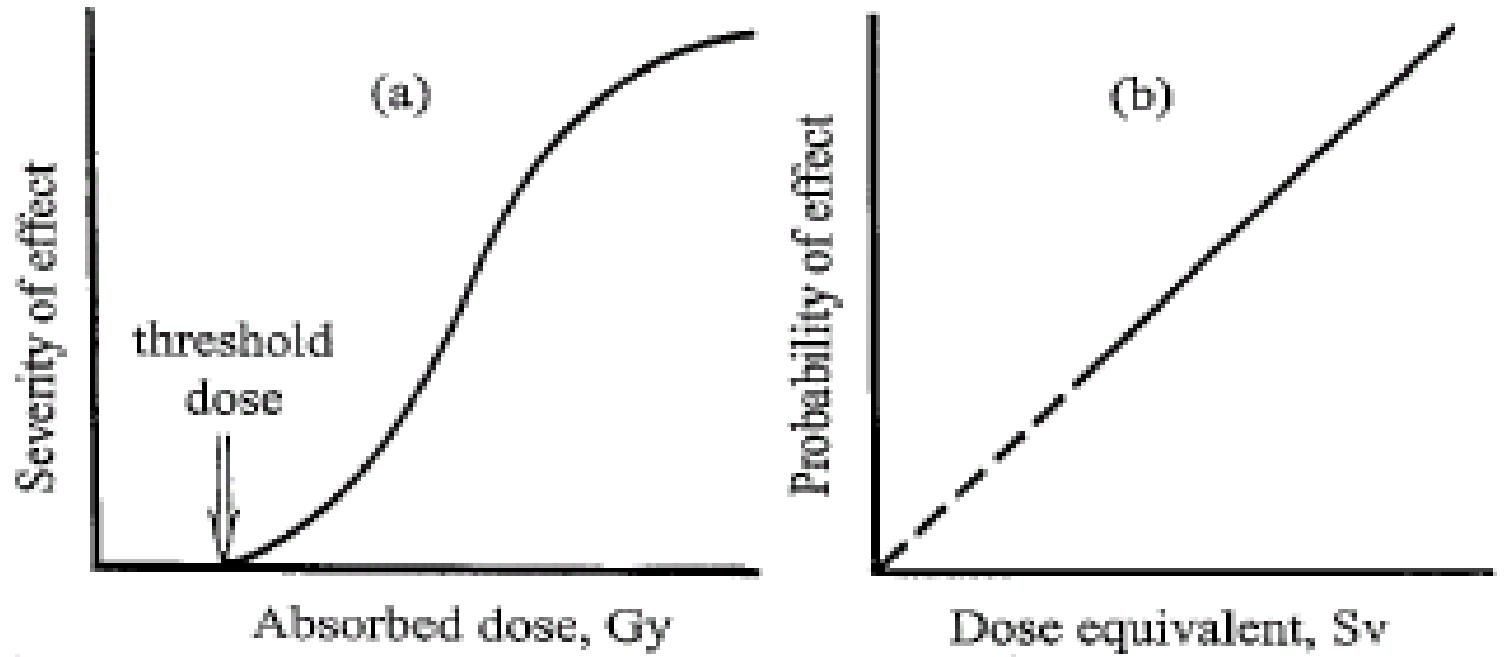
Source	Dose (mSv)	Range (mSv)
Natural background		
External exposure		
Cosmic	0.4	0.3 – 1.0
Terrestrial	0.5	0.3 – 0.6
Internal Exposure		
Inhalation (mainly radon)	1.2	0.2 – 10
Ingestion	0.3	0.2 – 0.8
Total	2.4	1 - 10
Man-made (artificial)		
Medical	0.4	0.04 – 1.0
Nuclear Testing		0.15 – decreasing trend
Chernobyl accident	0.002	0.04 – decreasing trend
Nuclear power production	0.0002	Decreasing trend
Total	**2.8**	**1 - 10**

ผลของการได้รับรังสี (มนุษย์)

- **ผลต่อร่างกาย (Somatic Effect)**
  - Deterministic Effect เป็นผลกระทบจากการได้รับปริมาณรังสีสูง ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ แล้วทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายหรืออวัยวะ
  - Stochastic Effect เป็นผลกระทบจากการได้รับปริมาณรังสีแล้วมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหาย เช่น การเกิดมะเร็ง
- **ผลทางพันธุกรรม (Genetic Effect)**
  - การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปยังรุ่นถัดไป (Hereditary effect)

ผลของการได้รับรังสี (มนุษย์) (ต่อ)

Deterministic (a) and Stochastic (b) Radiation Effects



Deterministic effects

- มีขีดจำกัดการได้รับรังสี (Threshold doses) ซึ่งแต่ละอวัยวะมีค่ามีค่าไม่เท่ากัน
- ระดับความรุนแรงของแปรตามปริมาณรังสีที่ได้รับ
- รังสีสามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อ :
  - ผิวหนัง ดวงตา ปอด อวัยวะสืบพันธุ์ ต่อมไทรอยด์ กระดูก ลำไส้เล็ก

ขีดจำกัดการได้รับรังสี (Threshold doses) ที่ก่อให้เกิดผลกระทบแบบ Deterministic Effect

อวัยวะ หรือ เนื้อเยื่อ	ระเวลาการได้รับรังสีน้อยกว่า 2วัน, Gy (เกรย์)	Deterministic effects	
		ผลกระทบ	ระยะเวลาของการเริ่มแสดงผล
ผิวหนัง	3	เป็นผื่นแดง	1 – 3 สัปดาห์
ต่อมไทรอยด์	5	ภาวะขาดไทรอยด์ฮอร์โมน	1 ปี ขึ้นไป จนถึงหลายปี
เลนส์ตา	2	ต้อกระจก	6 เดือน ขึ้นไป จนถึงหลายปี
อวัยวะสืบพันธุ์	3	หมันถาวร	สัปดาห์
ปอด	8	ปอดอักเสบ	1-3 เดือน

Deterministic effects (ต่อ)

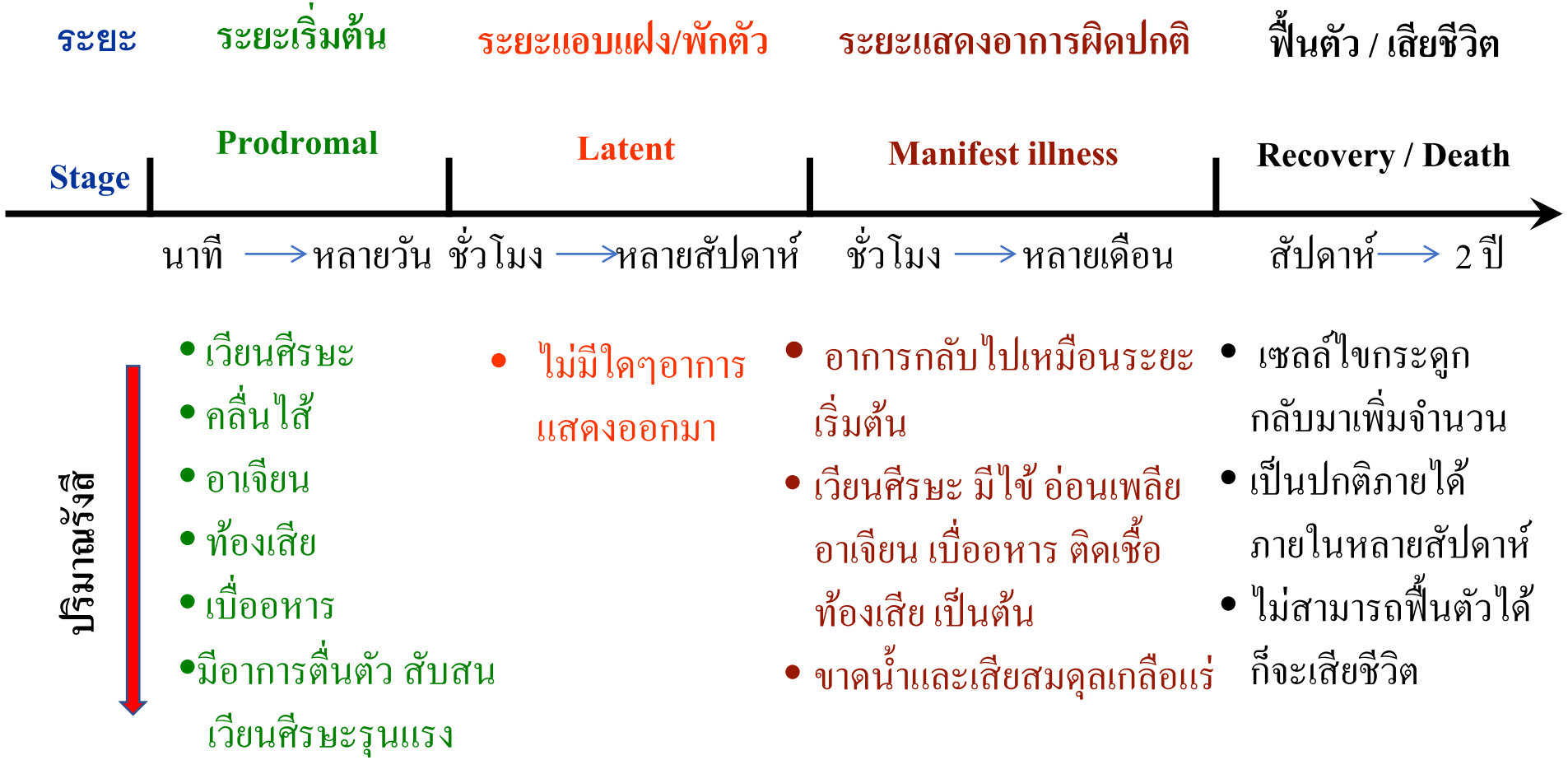
รูป A ผลที่เกิดขึ้นกับผิวหนังของผู้ป่วยจากการได้รับรังสี 11 Gy (1 เดือน)
รูป B ผลที่เกิดขึ้นกับผิวหนังของผู้ป่วยจากการได้รับรังสี 18 Gy (6 เดือน)

Deterministic effects (ต่อ)

- **ปริมาณรังสีที่ก่อให้เกิดผลแบบพลันหลังการได้รับสีทั่วร่างกาย (Acute radiation Syndrome, ARS)**
  - ระบบการสร้างเม็ดเลือด (Hematopoietic System / Bone marrow)
    - ✓ มากกว่า 0.7 Gy
  - ระบบทางเดินอาหาร (Gastro - Intestinal System)
    - ✓ มากกว่า 10 Gy
  - ระบบไหลเวียนโลหิตและระบบประสาทส่วนกลาง (Cardiovascular / Central Nervous System)
    - ✓ มากกว่า 50 Gy

Deterministic effects (เฉพาะ)

- อาการต่างๆที่เกิดขึ้นจากการได้รับรังสีสูงแบบเฉียบพลัน



Deterministic effects (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่าง อาการผิดปกติที่แสดงให้เห็น, ระดับปริมาณรังสีที่ได้รับ และระยะเวลาของการเริ่มแสดงอาการผิดปกติ

อาการเริ่มแรก / ปริมาณรังสี	1-2 Sv	2-6 Sv	6-8 Sv	8-10 Sv
คลื่นไส้/คลื่นเหียน, อาเจียน	6 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	10 นาที
ท้องร่วง	-	8 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง
ปวดศีรษะ	-	24 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง
เป็นไข้	-	3 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง
อาการต่างๆที่เกิดขึ้นถัดมา				
เวียนศีรษะ สับสน มึนงง	-	-	1 สัปดาห์	ทันที
อ่อนเพลีย เหนื่อยล้าอิดโรย	4 สัปดาห์	1-4 สัปดาห์	1 สัปดาห์	ทันที
ผมร่วง อาเจียนและอุจจาระมีเลือดปนออกมา ติดเชื้อบาดแผลหายยากหรือหายช้าความ ดันเลือดต่ำ	-	1-4 สัปดาห์	1 สัปดาห์	ทันที

Deterministic effects (ต่อ)

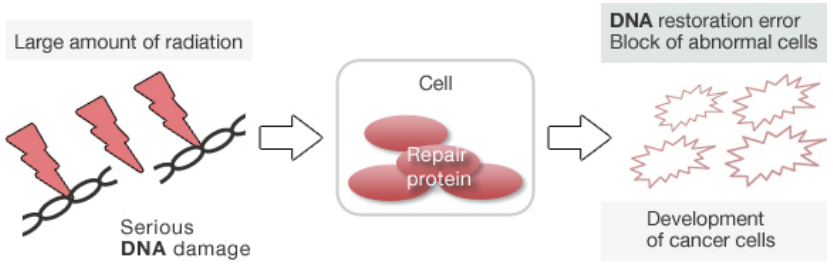
- **ตัวอย่างผลจากการได้รังสีทั่วร่างกาย**
  - 0-250 mSv ไม่ปรากฏอาการ
  - 500 mSv จำนวนเม็ดเลือดเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
  - 1 Sv คลื่นไส้ อ่อนเพลีย จำนวนเม็ดเลือดเปลี่ยนแปลง
  - 2 Sv คลื่นไส้ อาเจียน เจ็บป่วย ผมร่วง
  - 4 Sv โอกาสเสียชีวิต 50 %
  - 6 Sv โอกาสเสียชีวิต 80 % - 100 %
  - >8 Sv เสียชีวิต 100 %

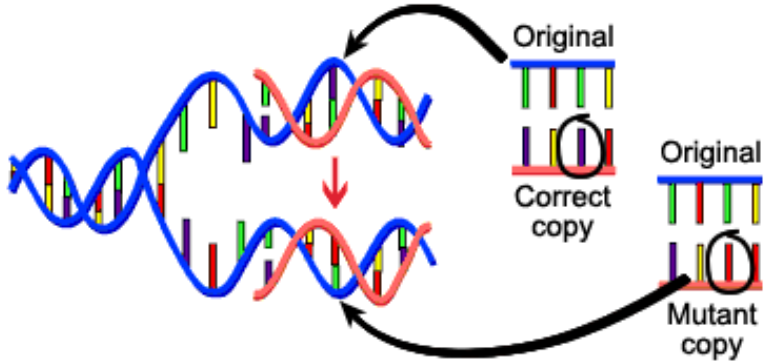
Stochastic Effect

- ผลของรังสีที่อธิบายในรูปของโอกาส (Probability) ที่จะเกิดผลกระทบ
- ไม่มี Threshold dose
- ได้รับปริมาณรังสีมาก มีโอกาสการเกิดผลกระทบมาก
- ไม่มีระดับปริมาณรังสีกำหนดแน่นอนได้ว่าจะเกิดผลกระทบเมื่อใด
- ความรุนแรงของโรคไม่ขึ้นกับปริมาณรังสีที่ได้รับ

Stochastic Effect (ø)

- เป็นเซลล์ที่ไม่ถูกทำลาย แต่เกิดการเปลี่ยนแปลง เป็นผลทำให้เกิดการผ่าเหล่า/กลายพันธุ์ (Mutation)
  - อาจเกิดเป็นมะเร็ง (Carcinogenesis)
  - โรคที่มีความผิดปกติมาแต่กำเนิด (Heritable disease) ที่เกิดจากความผิดปกติทางพันธุกรรม





Stochastic Effect (∂å∑)

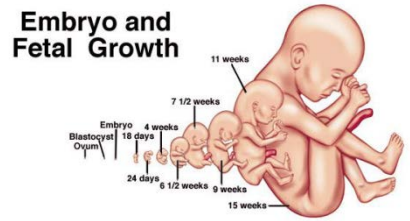
Detriment adjusted **nominal risk coefficients (10^{-2} Sv^{-1})** for cancer and heritable effects after exposure to radiation at low dose rate.

Exposed population	Cancer		Heritable effect		Total	
	ICRP 103	ICRP 60	ICRP 103	ICRP 60	ICRP103	ICRP60
Whole	5.5	6.0	0.2	1.3	5.7	7.3
Adult	4.1	4.8	0.1	0.8	4.2	5.6

1. A range of ages at exposure (0 to 85 years in 5-year intervals) in Asian and Euro-American composite populations.
2. Population or for a working age 18–64 year old

ผลของรังสีต่อตัวอ่อนและทารกในครรภ์

- เสียชีวิตในครรภ์ (Death of the embryo or fetus)
- ความผิดปกติทางรูปร่างของอวัยวะหรือส่วนของอวัยวะ (malformation)
- ทารกในครรภ์เจริญเติบโตช้า (Growth retardation)
- ความบกพร่องทางด้านสติปัญญา (Mental retardation)
- มะเร็ง (Cancer)



ผลของรังสีต่อตัวอ่อนและทารกในครรภ์ (ต่อ)

- The preimplantation period (1-2 week)
- The major organogenesis, embryo (3-8 weeks)
- The fetal period (8-40 weeks)

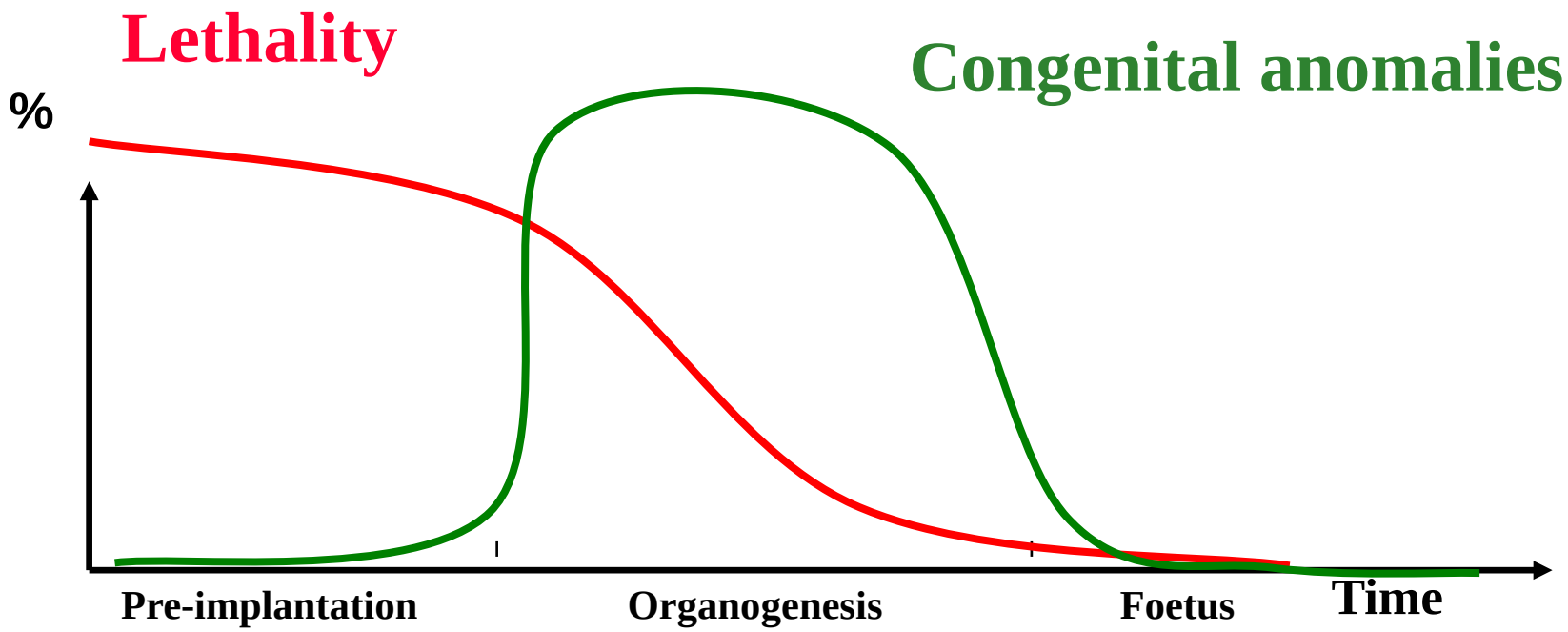
ผลของรังสีต่อตัวอ่อนและทารกในครรภ์ (ต่อ)

- **Risk associated with irradiation during fetal development**

	Preimplantation 1-2 week	Organogenesis 3-8 weeks	Fetal period		
			Early 8-15	Mid 16-25	Late >25
Lethal effect	+ + +	+	+	-	-
Malformation	-	+ + +	+	+	-
Growth retard	-	+ + +	+ +	+	+
Mental retard	-	-	+ + +	+	-
Cancer	-	+	+	+	+

highest sensitivity is from implantation until the end of organogenesis

ผลของรังสีต่อตัวอ่อนและทารกในครรภ์ (ต่อ)



ผลของรังสีต่อตัวอ่อนและทารกในครรภ์ (ต่อ)

Effect	Phase	Dose
Lethal effect	Preimplantation	< 100 mGy (very infrequent)
Malformation (mice and rats microcephalie)	Organogenesis	100 mGy (Threshold) ≥ 200 mGy
Growth retardation (brain and skull of children)	Total prenatal development	500 mGy (Threshold)
Severe mental retardation	Fetal (8-15 weeks)	≥ 300 mGy

Absorbed doses below 100 mGy to the embryo/fetus should not be considered a reason for terminating a pregnancy.

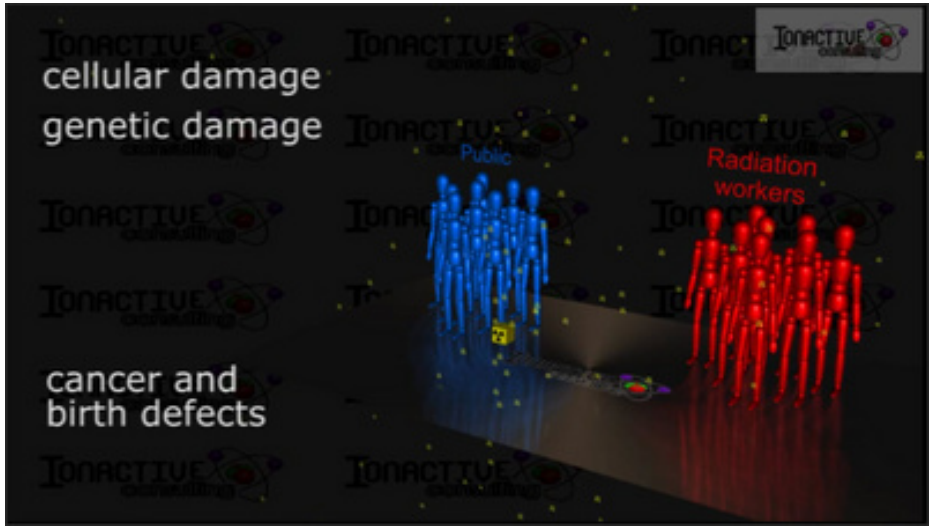
ผลของรังสีต่อตัวอ่อนและทารกในครรภ์ (ต่อ)

- การเกิดมะเร็งในเด็กหลังจากหญิงมีครรภ์ได้รับรังสี (Childhood Cancers)
  - มีความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งทุกชนิดเพิ่มขึ้น
  - แต่ความเสี่ยงเป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาว (Leukaemia) มากกว่า มะเร็งชนิดเป็นก้อน (Solid tumours)

Radiation Dose	Estimated Childhood Cancer Incidence
No radiation exposure above background	**0.3%**
0.00–0.05 Gy	**0.3%–1%**
0.05–0.50 Gy	**1%–6%**
> 0.50 Gy	**> 6%**

ขีดจำกัดการได้รับรังสี (Dose limit)

- Dose Limit ที่ระบุในกฎกระทรวงความปลอดภัยทางรังสี พ.ศ. 2561
  - เพื่อป้องกัน (Prevent) Deterministic Effect
  - เพื่อลด (reduce) Stochastic Effect ให้น้อยเท่าที่เป็นไปได้



ขีดจำกัดการได้รับรังสี (Dose limit) (ต่อ)

บุคคล	ปริมาณรังสียังผล (Effective dose)	ปริมาณรังสีสมมูล (Equivalent dose)	
		เลนซ์ตา	ผิวหนังมือและเท้า
ผู้ปฏิบัติงานรังสี	เฉลี่ยในช่วงห้าปีติดต่อกันไม่เกิน 20 มิลลิซีเวิร์ต (mSv) ต่อปี (year) และไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ต ใน 1 ปี 5 ปีติดต่อกันไม่เกิน 100 มิลลิซีเวิร์ต	20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี ไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ต ใน 1 ปี 5 ปีติดต่อกันไม่เกิน 100 มิลลิซีเวิร์ต	500 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี
ผู้ปฏิบัติงานทางรังสีซึ่งเป็นหญิงมีครรภ์ที่หรืออยู่ระหว่างการให้นมบุตร	1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	15 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	50 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี
ประชาชนทั่วไป	1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี เว้นในกรณีสถานการณ์พิเศษอาจรับได้เกิน 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี 5 ปีติดต่อกันไม่เกิน 1 มิลลิซีเวิร์ต	15 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	50 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี
ผู้ฝึกงานหรือนักศึกษาฝึกงานที่มีอายุตั้งแต่ 16 ปี แต่ไม่เกิน 18 ปี	6 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	150 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี

ที่มาข้อมูล: กฎกระทรวงความปลอดภัยทางรังสี พ.ศ. 2561 และ IAEA Radiation Protection and Safety of Radiation of Radiation Sources: International Bacsic Safety Standard (No. GRS part 3) หน้า 132-133

ทำไมต้องมีการป้องกันรังสี?

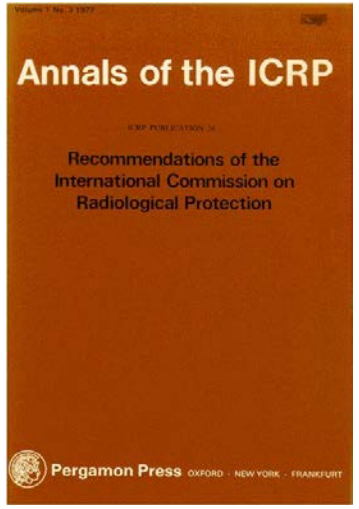
ตัวอย่างผลกระทบแบบ Deterministic Effects ของการได้รับรังทั่วร่างกาย (Whole body)

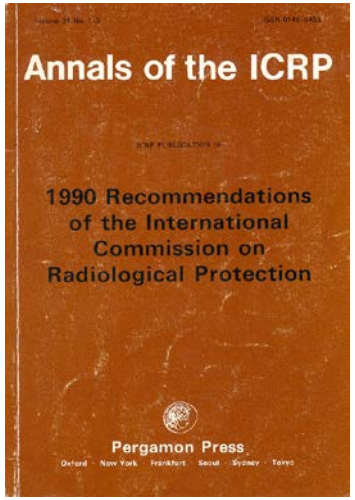
- **ตัวอย่างผลจากการได้รังสีทั่วร่างกาย**
  - 0-250 mSv ไม่ปรากฏอาการ
  - 500 mSv จำนวนเม็ดเลือดเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
  - 1 Sv คลื่นไส้ อ่อนเพลีย จำนวนเม็ดเลือดเปลี่ยนแปลง
  - 2 Sv คลื่นไส้ อาเจียน เจ็บป่วย ผมร่วง
  - 4 Sv โอกาสเสียชีวิต 50 %
  - 6 Sv โอกาสเสียชีวิต 80 % - 100 %
  - >8 Sv เสียชีวิต 100 %

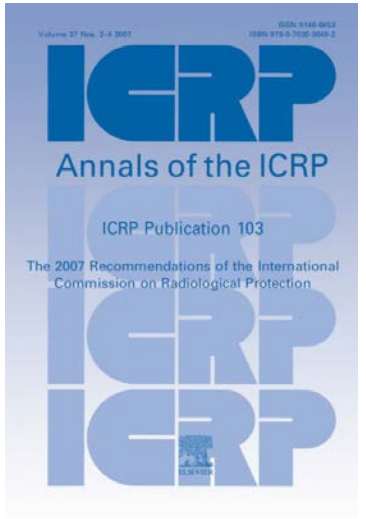
หลักการป้องกันอันตรายจาดรังสี

หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี

- **International Commission on Radiological Protection (ICRP) กำหนดว่า**
  - การได้รับรังสีเป็นการเสี่ยงภัย (Risk) อย่างหนึ่งเช่นเดียวกับการทำงานประเภทอื่นหรือการเดินทาง
  - การได้รับรังสีต้องน้อยที่สุดเท่าที่สามารถกระทำได้ (ALARA, As Low As Reasonably Achievable)







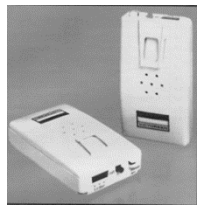
หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี (ต่อ)

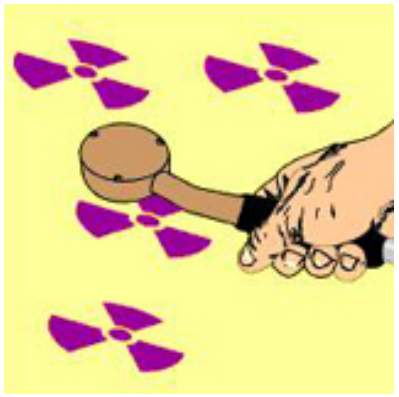
หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี

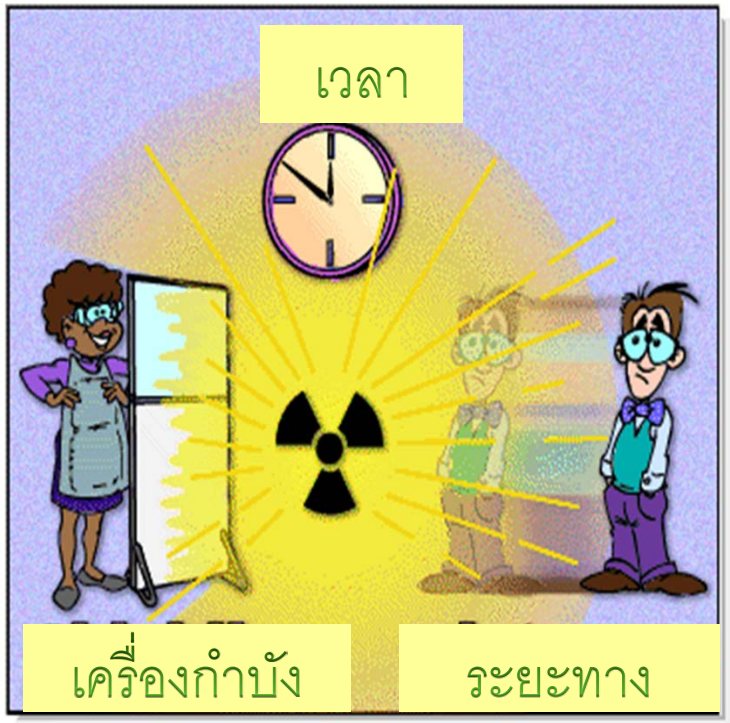
1. **Justification of Practices** การใช้ประโยชน์ทางรังสีต้องให้ประโยชน์มากกว่าโทษ
2. **Optimization of Radiation Protection** เลือกวิธีการป้องกันที่เหมาะสม เพื่อให้ได้รับรังสีน้อยที่สุด (ALARA)
3. **Dose Limitation** ควบคุมปริมาณรังสีที่ได้รับ

หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี (ต่อ)

หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี







หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี (ต่อ)

หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี (ต่อ)

- **การกำกับดูแลความปลอดภัยทางรังสี**
  - ระดับทางกฎหมาย (Regulation Level) เช่น
    - พระราชบัญญัติพลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติ พ.ศ. 2559 และที่แก้ไขเพิ่มเติมฉบับที่ 2 พ.ศ. 2562
    - กฎกระทรวงความปลอดภัยทางรังสี พ.ศ. 2561
  - ระดับการบริหารจัดการ (Management Level)
    - นโยบายด้านความปลอดภัย
    - เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสี
    - แผนการป้องกันอันตรายจากรังสี
  - ระดับการปฏิบัติ (Operational Level)

หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี (ต่อ)

- **การป้องกันอันตรายจากรังสีระดับผู้ปฏิบัติ (Radiation Protection for Operational Level)**
  - มีความรู้พื้นฐาน เช่น
    - ทราบประเภทต้นกำเนิดรังสีที่ใช้ ชื่อธาตุ ค่ากัมมันตภาพรังสี ค่าครึ่งชีวิต ชนิดของรังสี และการป้องกันอันตรายเบื้องต้น
  - มีเครื่องวัดรังสีและอุปกรณ์บันทึกปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล และเครื่องกำบังรังสี
    - เลือกใช้เครื่องมือฯ ที่เหมาะสม
  - มีกฎระเบียบ/ขั้นตอนการปฏิบัติงานทางรังสี
    - ปฏิบัติตามกฎระเบียบ/ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่กำหนดขึ้น

หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี (ต่อ)

- มีมาตรการกำกับดูแลโดยผู้รับใบอนุญาต/เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสี เช่น
  - การจัดแบ่งบริเวณรังสี
  - การจำแนกผู้ปฏิบัติงานรังสี
  - การตรวจวัดระดับรังสี การตรวจสอบการรั่ว การเปรอะเปื้อน หรือการฟุ้งกระจายของสารกัมมันตรังสี
  - การประเมินการได้รับรังสีของผู้ปฏิบัติงาน
- มีแผนปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินทางรังสี

เอกสารอ้างอิง

1. ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, 2007.
2. CDC Fact Sheet. Acute Radiation Syndrome: A Fact Sheet for Physicians. Department of Health and Human Service, Center for disease Control and Prevention, USA.
3. IAEA. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards No. GSR Part 3, 2014.
4. Charles E. Chambers, et al. Radiation Safety Program for the Cardiac Catheterization Laboratory. Wiley-Liss, Inc, 2011.
5. ธิติ สว่างศิปล์. Basic Knowledge in Radiobiology. ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์โรงพบาลรามาธิบดีใ
6. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. การป้องกันอันตรายจากรังสีระดับ 2. 2546.
7. IAEA. Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students, Training Course Series 42, 2010.

จบการบรรยาย

คำถาม?

ขอบคุณครับ!!!