บทความพิเศษ

การป้องกันอันตรายจากการใช้รังสี

พันตรีหญิง ศุภชจี แสงเรืองอ่อน

แผนกเอซเรย์วินิจฉัย กองรังสีกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

วัตถุประสงค์การป้องกันอันตรายจากรังสี

1. เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับรังสี ผู้ป่วยที่มารับการตรวจวินิจฉัย รวมทั้งญาติและทั้งบุคคลทั่วไปที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงต้นกำเนิดรังสี มีความปลอดภัยมากที่สุด

2. เพื่อให้บุคคลากรที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับรังสีมีความรู้เกี่ยวกับหลักการป้องกันอันตรายจากรังสี และสามารถปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับรังสีได้อย่างปลอดภัย

งานบริการเอกซเรย์รังสีวินิจฉัย หมายถึง การใช้รังสีเอกซ์หรือรังสีชนิดอื่นจากเครื่องกำเนิดรังสีที่ให้ปริมาณรังสี และการกำหนดตำแหน่งที่ถูกต้องแม่นยำ ถ่ายภาพอวัยวะหรือส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ เพื่อใช้ในการวินิจฉัยโรคหรืออ่านผล ประกอบด้วยกลุ่มการบริการตรวจดังนี้

2.1 การตรวจเอกซเรย์ทั่วไป (general radiography)

2.2 การตรวจด้วยเครื่องส่องตรวจทางรังสี (fluoroscopy)

2.3 การตรวจทางรังสีโดยการใช้สารทึบรังสี (radiography using contrast media)

2.4 การตรวจรังสีร่วมรักษา (intervention radiography)

2.5 การตรวจด้วยเครื่องมือพิเศษ ได้แก่ เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (computed tomography, CT); เครื่องสร้างภาพด้วยสนามแม่เหล็ก (magnetic resonance imaging, MRI) หรือเครื่องเอ็กซเรย์เต้านม (mammography)

2.6 การตรวจด้วยคลื่นอัลตราซาวด์ (ultra sonography)

ผลทางชีววิทยารังสี

งานรังสีวินิจฉัยใช้ ionizing radiation ที่เป็นรังสีเอ็กซ์ ในการตรวจเอกซเรย์ทั่วไป ตรวจด้วยเครื่องส่องตรวจทางรังสี; ตรวจด้วยเครื่องรังสีร่วมรักษา ตรวจด้วยเครื่องมือ พิเศษได้แก่ เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เครื่องเอกซเรย์เต้านม เป็นต้น ขณะที่ non-ionizing radiation ถูกนำมาใช้ในการตรวจด้วยเครื่อง MRI เป็นต้น ซึ่งผลของ ionizing radiation เมื่อผ่าน living cells จะทำให้เกิด ionization หรือ excitation โดย radiation ionization จะทำให้อิเล็กตรอนรอนหลุดออกจากอะตอมซึ่งมีประจุลบ โดยอะตอมที่เหลือจะมีประจุบวก เราเรียกอะตอมที่เหลือที่มีประจุบวกและอิเลคตรอนที่หลุดออกมาซึ่งมีประจุลบว่าอิออนคู่ (Ionpair) และเรียกขบวนการที่ทำให้เกิดขึ้นว่า ionization โดย excitation เป็นอีกขบวนการหนึ่งที่อะตอม molecule ถูกทำให้มีพลังงานสูงขึ้นเนื่องจาก radiate แต่ไม่มากพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนรอนหลุดออกจากอะตอมได้ โดยพลังงานนี้จะถูก transfer ให้แก่สารที่ interact ในรูปความร้อน โดยทั้ง ionization และ excitation เชื่อว่าเป็นขั้นแรกของการนำไปสู่การทำลายต่อ biological system เนื่องจากในร่างกายมีน้ำเป็นองค์ประกอบใหญ่ ดังนั้นจะพิจารณาถึงผลของรังสี เมื่อ ionization ในน้ำจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของน้ำ ซึ่งมีผลต่อการสร้างและการทำงานของเซลล์ โดยขั้นตอนการทำลายของรังสีแยกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. เมื่อเซลล์ได้รับพลังงานจากรังสี ทำให้เกิดมี ionization ในน้ำ กระบวนการที่เกิดขึ้นคือ

$$H_2O \longrightarrow H_2O^+ + e^-_{aq}$$

2. อนุภาคบวก H_2O^+ + จะแตกตัว (dissociates)

$$H_2O+ \longrightarrow H^+ + .OH_{(Hydroxyl\ radical)}$$

อนุภาค หรือ e^-_{aq} จะใช้รวมกับโมเลกุลของน้ำที่เป็นกลางและจะแตกตัวไป

$$H_2O^+ + e^-_{aq} \longrightarrow H_2O^-$$

$$H_2O \longrightarrow .H_{(Hydrogen)} + OH^-$$

ได้รับต้นฉบับเมื่อ 27 เมษายน 2548 ได้ให้ตีพิมพ์เมื่อ 12 พฤษภาคม 2548

ต้องการสำเนาต้นฉบับติดต่อ ศุภชจี แสงเรืองอ่อน กองรังสีกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กทม. 10400

ผลของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ H, OH^-, .H และ .OH เราเรียก .H และ .OH ซึ่งมีอิเลคตรอนที่ขาดคู่ (unpaired electron) ว่าอนุพันธ์อิสระ (free radicals) มันมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี

$$.OH + .OH \longrightarrow \underset{\text{(hydrogen peroxide)}}{H_2O_2}$$

ในปฏิกิริยานี้ hydrogen peroxide จะเป็นตัว oxidizing agent ที่แรง โดย .OH เป็น free radial ที่ มีสภาวะเป็นพิษมากที่สุด เนื่องจากสามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลได้ทุกชนิดในเซลล์ ปฏิกิริยาที่ .OH ทำกับชีวโมเลกุล (RH)

$$.OH + \underset{\text{(biological molecule)}}{RH} \longrightarrow \underset{\text{(organic free radical)}}{.R} + H_2O$$

โดย R อาจเกิดโดยรังสีทำปฏิกิริยากับ RH โดยตรงจะเรียกว่า direct action

$$RH \xrightarrow{\text{Radiation}} .R + H^+$$

อนุพันธ์อิสระ (free radicals) และ oxidizing agent จะไป attack กับ complex molecules ติดเข้ากับสายโมเลกุล ในโมเลกุลยาวทำให้แตกออก การเปลี่ยนแปลงทางเคมีดังกล่าวทำให้เกิดผลต่อเซลล์มีหลายอย่าง เช่น

1. ทำให้เซลล์ตายตั้งแต่เนิ่นๆ
2. ขัดขวางการแบ่งเซลล์ หรือทำให้มีการแบ่งเซลล์ช้าลง
3. เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวร

ผลทางชีววิทยาของรังสี เราแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. Somatic effects เกิดจากการทำลายเซลล์ธรรมดาร่างกายและจะเกิดผลต่อผู้ได้รับรังสีเท่านั้น อาจเกิดและแสดงผลเร็วไม่นานหลังจากได้รับรังสีเรียกว่า "Early somatic effect" ถ้าผลนั้นปรากฏในเวลาอีกนานหลังได้รับรังสี เรียกว่า “Late somatic effects “ขึ้นกับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น
   - ชนิดของรังสี
   - ปริมาณรังสีดูดกลืน (absorbed dose)
   - พลังงานของรังสี
   - การกระจายของปริมาณรังสีว่าได้รับทั้งตัวหรือเฉพาะที่

โดยทาง ICRP (International Commission on Radiological Protection) ได้แบ่ง Somatic effect เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 Stochastic effects หมายถึง ผลของรังสีที่มีโอกาสที่จะเกิดความผิดปกติ (โรค)ไม่ใช่ความรุนแรงของความผิดปกติ Stochastic ที่สำคัญ คือ โดยทำให้เกิดมะเร็งบางชนิด โดยอัตราเสี่ยงของการเกิดขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ได้รับ โดยไม่กำหนด Threshold dose

1.2 Non-stochastic effects หรือ deterministic หมายถึงความรุนแรงของความผิดปกติ (โรค) จะขึ้นกับปริมาณรังสีที่ได้รับ โดยมี threshold dose หมายถึง ปริมาณรังสีที่ต่ำกว่า Threshold dose จะไม่ก่อให้เกิดผลชนิดนี้ขึ้น เช่น ถ้าทารกในครรภ์ได้รับรังสีในปริมาณสูงกว่า 100 มิลลิซีเวิร์ต ในช่วงที่มีอายุ 8-15 สัปดาห์ จะเกิดผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เด็กที่เกิดมามีอาการทางวุฒิปัญญา (Mental retardation) และอาจเป็นสาเหตุของมะเร็งในวัยเด็ก เมื่อตาได้รับปริมาณรังสี 2000-5000 มิลลิซีเวิร์ต เพียงครั้งเดียวจะทำให้เกิดต้อกระจกขึ้นได้ เป็นต้น

2. Genetic effects หรือ Heredity effects ผลทาง Genetic หรือ heredity จะเกิดเมื่อรังสีทำอันตรายต่อเซลล์สืบพันธุ์ (reproductive cells) การทำลายอยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม (genetic mutation) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากรังสี มักเป็นลักษณะด้อย (recessive) ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมจะปรากฏต่อเมื่อ บิดา มารดา มียีนส์ลักษณะด้อย (recessive genes) ทั้งคู่ เนื่องจากรังสีทำให้เพิ่มอัตราการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ซึ่งจะปรากฏในคนรุ่นถัดไป ฉะนั้นจำต้องให้ความสนใจและมีการควบคุมอย่างเข้มงวดต่อการใช้รังสี ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้

จุดประสงค์ของการป้องกันอันตรายจากรังสีตามที่ ICRP ได้กำหนดขึ้น เพื่อที่จะป้องกันไม่ให้อันตราย ด้าน Non stochastic effects เกิดขึ้นและจำกัดโอกาสที่จะเกิดผลด้าน stochastic ให้น้อยลง จุดหมายที่จะทำให้บรรลุโดย

- กำหนด dose equivalent limits ที่ระดับต่ำที่จะใช้ไม่ให้ถึงค่า Threshold dose แม้ว่าจะได้รับ exposure ในช่วงชีวิตหนึ่ง นั่นคือ ป้องกันไม่ให้เกิด Non-stochastic
- พยายามลด exposure ให้น้อยลงให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ ไม่ให้ dose equivalent limits เกินค่าจำกัดของ stochastic effect

Dose limit

Dose limit หมายถึง ปริมาณรังสีที่บุคคลต่างๆ สามารถรับได้ โดยไม่แสดงอาการผิดปกติใดๆ หรือตรวจไม่พบสิ่งผิดปกติ

D:\Zoom\Zoom\Journal\58(1)\Blood.p65

หรือการเปลี่ยนแปลงใดๆ ค่าของ dose limit ที่ใช้กันอยู่กันปัจจุบันเป็นค่าที่กำหนดโดย International Commission on Radiological Protection (ICRP)

โดย ICRP มุ่งเน้นหลักการป้องกันรังสีว่า จะต้องให้ได้รับรังสีน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ (As Low As Reasonably Achievable, ALARA) โดยคำนึงถึงสภาพเศรษฐกิจและสังคมด้วย โดยค่า Dose limit มีกำหนดขึ้นใหม่ใน ICRP Publication 60 มีรายละเอียดดังนี้

Recommended Dose Limits, ICRP 60 (1990)

Application	Dose limit	
	Occupational	Public
Effective dose	20 mSv/ปี, เฉลี่ยในช่วง 5 ปี	1 mSv/ปี
Equivalent dose ต่อปี แก่		
lens ตา	150 mSv	15 mSv
ผิวหนัง	500 mSv	50 mSv
มือและเท้า	500mSv	-

กรณีพิเศษ effective dose ยอมให้มีค่าสูงกว่า ได้ใน 1 ปี แต่เฉลี่ยแล้วต้องไม่เกิน 1 mSv ในเวลา 5 ปี

อันตรายจากรังสี (Radiation Hazard)

อันตรายจากรังสีที่เกิดจากต้นกำเนิดรังสีอยู่ภายนอกร่างกาย เรียกว่า external radiation hazard แต่ถ้าสารกัมมันตรังสีเข้าไปในร่างกายจะเกิดเป็น internal radiation hazard โดยในงานรังสีวินิจฉัยนั้น ต้นกำเนิดรังสีอยู่ภายนอกร่างกาย ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวถึงหลักในการควบคุมอันตรายที่เกิดจากต้นกำเนิดที่อยู่ภายนอกเท่านั้น ดังนี้

1. เวลา (Time)
2. ระยะทาง (Distance)
3. วัสดุกำบังรังสี (Shielding)

1. เวลา (Time)

ปริมาณรังสีในบริเวณปฏิบัติงานจะหาได้จาก

ปริมาณรังสี (Dose) = อัตรารังสี (Dose rate) x เวลา (Time)

ดังนั้นสามารถเวลาปฏิบัติงานให้สั้นลง ปริมาณรังสีที่ได้รับจะน้อยลง

2. ระยะทาง (distance)

เมื่อพิจารณากรณีต้นกำเนิดรังสีเป็นจุด (point source) อัตรารังสีที่ระยะใดๆ จากต้นกำเนิดรังสี เป็นไปตามกฎกำลังสองผกผัน ดังนั้นควรพยายามอยู่ห่างจากต้นกำเนิดรังสีให้มากที่สุด ในกรณีนี้จะหมายถึง ขนาดของห้องจะต้องใหญ่พอสมควร

3. เครื่องป้องกัน (shielding)

ในส่วนของเจ้าหน้าที่กรณีที่ไม่สามารถอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีในระยะปลอดภัย (ขนาดห้องเล็กเกินไป) จะต้องใช้เครื่องป้องกันช่วย โดยต้องเลือกใช้วัสดุป้องกันให้เหมาะสมกับชนิดของพลังงานของรังสี โดยอาจสวมเสื้อตะกั่ว และ thyroid shield ขณะทำการตรวตด้วยเครื่องส่องทางรังสี

ปรัชญาของการป้องกันอันตรายจากรังสี ของ ICRP คือ

1. Justification : จะพิจารณาใช้รังสีต่อเมื่อได้ประโยชน์ (benefit)
2. Optimization : การใช้รังสีต้องใช้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น โดยคำนึงถึงสังคมและเศรษฐกิจ (ALARA)
3. Dose equivalent : dose equivalents ที่ได้ต้องไม่เกิน dose equivalent limit

สิ่งที่เจ้าหน้าที่ต้องคำนึงเมื่อมีการตรวจด้วยรังสีต่อหญิงวัยเจริญพันธุ์ มีดังนี้

1. ก่อนจะตัดสินใจตรวจ ถามก่อนว่าตั้งครรภ์อยู่หรือเปล่า
2. ถ้าตั้งครรภ์อยู่ ต้องหลีกเลี่ยงการใช้รังสีบริเวณ fetus, ท้องและเชิงกราน จะทำต่อเมื่อจำเป็น
3. อาจหาวิธีอื่น เช่นใช้ non-ionizing radiation เช่น อัลตราซาวด์
4. หลีกเลี่ยงที่จะให้ fetus ได้รับ dose เพราะมันไวต่อรังสีมากกว่าคนโตเต็มที่ (adult) 50 เท่า
5. หลีกเลี่ยงการตรวจด้วยรังสี ต่อหญิงมีครรภ์

ในกลางปี 1960 มีกฎเรียก 10-days rule ความว่า ในการตรวจหญิงเจริญพันธุ์ ควรทำในช่วงที่ปลอดการตั้งครรภ์ คือในช่วง 10 วัน นับจากวันเริ่มมีประจำเดือนวันแรก ปัจจุบันการตรวจหญิงวัยเจริญพันธุ์ ให้พิจารณาตามแนวทางที่กล่าว 5 ข้อข้างต้น ไม่ยึดอยู่กับ 10 day rule ถ้าเป็นการตรวจรังสีวินิจฉัยในหญิง

D:\Zoom\Zoom\Journal\58(1)\Blood.p65

ตั้งครรภ์ ในช่วงอายุครรภ์ 1-3 สัปดาห์ มักให้ตั้งครรภ์ต่อไปเพราะยังไม่มีการสร้างอวัยวะ ถ้าอายุครรภ์มากกว่านี้ก็ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบว่าควรให้ทำแท้งหรือไม่ ส่วนมากปริมาณรังสีในทางวินิจฉัยที่ไม่ใช่การทำ barium enema และ CT มักจะไม่มาก ถ้าอายุครรภ์ 7-15 สัปดาห์จะอยู่ระหว่างการก่อตัวของอวัยวะที่สำคัญ คือ สมอง การพิจารณาการทำแท้ง หรือให้ตั้งครรภ์ต่อไปต้องพิจารณาถึง fetal dose สถานะภาพทางสังคม และครอบครัว ICRP ให้ความเห็นว่าควรให้ตั้งครรภ์ต่อไป ถ้า embryo ได้รับปริมาณรังสีน้อยกว่า 100 mGy ส่วนใหญ่แล้วการตรวจทางรังสีวินิจฉัย ปริมาณที่รับ ไม่มากพอที่จะพิจารณาให้ทำแท้ง