บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

การคำนวณรังสีภายในร่างกาย มีวิธีการคำนวณที่ละเอียดและซับซ้อน เนื่องจากต้องอาศัยข้อมูลทางฟิสิกส์ของสารกัมมันตรังสี และต้องใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำงานของร่างกายหลายระบบ เช่น ระบบการทำงานของอวัยวะเป้าหมาย การเผาผลาญทางชีวเคมีของสารเภสัชรังสีที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย การขับถ่ายสารเภสัชรังสีออกจากร่างกาย รวมถึงคุณสมบัติเภสัชจลนศาสตร์ (pharmacokinetics) จึงทำให้ปริมาณรังสีที่อวัยวะหรือเนื้อเยื่อได้รับจากการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงเสมอ เช่นเดียวกับการคำนวณปริมาณรังสีที่อวัยวะต่าง ๆ ได้รับจากสารเภสัชรังสีที่อยู่ภายในร่างกายโดยใช้หลักการ absorbed fraction method ที่กำหนดโดย MIRD ซึ่งมีข้อจำกัด คือ ค่าปริมาณรังสีดูดกลืนที่คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลในหุ่นจำลอง ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงในผู้ป่วยที่มีระบบการทำงานของร่างกายไม่ปกติ และค่าที่ใช้คำนวณแบบ absorbed fraction method ไม่ได้คำนึงถึงรังสีชนิดนอนเพเนเตรติ้ง (non-penetrating) ที่ทำให้เกิดออเจร์อิเล็กตรอน (Auger electron) อาจทำให้ผลการคำนวณปริมาณรังสีที่อวัยวะได้รับน้อยกว่าความเป็นจริงได้ อย่างไรก็ตามหลักการของ MIRD ก็เป็นที่ยอมรับว่าเป็นวิธีที่ละเอียดและมีความถูกต้องแม่นยำ เหมาะสำหรับใช้คำนวณรังสีภายในร่างกาย

การศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการคำนวณปริมาณรังสียังผลสำหรับผู้เข้ารับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ โดยอาศัยหลักการของ MIRD ในการคำนวณ พบว่า มีผู้เข้ารับการตรวจวินิจฉัยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2547 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2551 จำนวนทั้งสิ้น 7,919 ราย โดยร้อยละ 64 เป็นผู้เข้ารับการตรวจ radioactive iodine uptake และ whole body scan อีกร้อยละ 29 เป็นผู้เข้ารับการตรวจ bone scan ซึ่งทำให้ต้องมีการสุ่มตัวอย่างด้วยหลักการทางสถิติในผู้ป่วยกลุ่มนี้ ได้จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้จำนวนทั้งสิ้น 1,808 ราย คำนวณค่าปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยของการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ทั้งหมดเท่ากับ 5.19 มิลลิซีเวิร์ต ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของ The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) ที่ได้ทำการสำรวจจากประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกในปี ค.ศ.2000 [12]

จากตารางแสดงปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยสำหรับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์แต่ละชนิดในโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ เปรียบเทียบกับปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยของประเทศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา และสหราชอาณาจักร (ตาราง 4.4) พบว่า ปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยสำหรับการตรวจแต่ละชนิดของหน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยเฉพาะการตรวจ ventilation lung scan โดยใช้สารเภสัชรังสี Tc-99m-DTPA ที่ทำให้ผู้เข้ารับการตรวจได้รับปริมาณรังสียังผลน้อยมาก คือ 0.02 มิลลิซีเวิร์ต เมื่อเทียบกับการตรวจชนิดเดียวกันในประเทศออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา และสหราชอาณาจักร ซึ่งจะได้รับปริมาณรังสียังผล 0.1, 0.2 และ 0.9 มิลลิซีเวิร์ต ตามลำดับ และแม้ว่าการตรวจ octreotide scan โดยใช้สารเภสัชรังสี In-111-octreotide ที่ทำให้ผู้เข้ารับการตรวจได้รับปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการตรวจชนิดอื่น ๆ ของหน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ คือ 16.1 มิลลิซีเวิร์ต แต่ก็ยังมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการตรวจชนิดเดียวกันในประเทศออสเตรเลีย คือ 23.4 มิลลิซีเวิร์ต การตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่โดยส่วนใหญ่ มีปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ International Atomic Energy Agency (IAEA) กำหนด [32] ยกเว้นการตรวจ adrenal gland scan โดยใช้สารเภสัชรังสี I-131-MIBG และการตรวจ GI bleeding scan โดยใช้สารเภสัชรังสี Tc-99m-RBC

เป็นที่น่าสังเกตว่าในประเทศออสเตรเลีย ประเทศสหรัฐอเมริกา และสหราชอาณาจักรไม่มีรายงานผลปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยสำหรับการตรวจ WBS และ RAIU ซึ่งทั้งสองการตรวจนี้โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ใช้สารเภสัชรังสีชนิดเดียวกัน คือ I-131-sodium iodide แต่เนื่องจากสารเภสัชรังสี I-131 มีค่าครึ่งชีวิตยาว และมีการแผ่รังสีบีตาพลังงานสูงร่วมด้วย จึงไม่เหมาะสำหรับใช้ในงานตรวจวินิจฉัยทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์

ปัจจุบันประเทศที่พัฒนาแล้วนิยมใช้ I-123 สำหรับการตรวจดังกล่าว เพราะมีค่าครึ่งชีวิตเพียง 13.2 ชั่วโมง และให้รังสีแกมมาพลังงาน 158 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (keV) ที่เหมาะสมกับเครื่องมือสำหรับการตรวจวินิจฉัยต่อมไทรอยด์ แต่เนื่องจากกระบวนการผลิตสารเภสัชรังสี I-123 ต้องผลิตจากเรื่องเร่งอนุภาค (cyclotron) และมีต้นทุนการผลิตสูง จึงทำให้ประเทศไทยยังไม่มีการใช้สารกัมมันตรังสีชนิดนี้ โรงพยาบาลต่าง ๆ ยังคงใช้สารเภสัชรังสี I-131 ในการตรวจวินิจฉัยโรคของต่อมไทรอยด์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่ทำให้ปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยของการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ในโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ มีค่าสูงกว่าการตรวจในประเทศที่พัฒนาแล้ว คือ การใช้สารกัมมันตรังสี I-131 ในการตรวจต่อมไทรอยด์

ดังนั้น หากต้องการลดปริมาณรังสียังผลสำหรับผู้เข้ารับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ในโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของสารเภสัชรังสี ไม่ปรับเปลี่ยนเทคนิคและวิธีการตรวจ สิ่งที่สามารถทำได้ก็คือควรลดปริมาณสารเภสัชรังสีที่ใช้ในแต่ละการตรวจลง ซึ่งจากผลการศึกษานี้พบว่าการตรวจด้วยค่า Minimum administered activity

ดังแสดงในตาราง 4.3 สามารถให้ผลการตรวจที่แพทย์นำไปแปลผลได้ร้อยละ 100 ดังนั้น อาจปรับลดปริมาณกัมมันตภาพรังสีลงได้ ดังแสดงในตาราง 5.1 เพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณรังสียังผลสำหรับผู้เข้ารับการตรวจ ลดความเสี่ยงของอันตรายจากรังสี และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย

ในการศึกษาความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งชนิดร้ายแรงและความเสี่ยงในการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม จากผลคูณของปริมาณรังสียังผลและค่า nominal probability coefficients ของการเกิด stochastic effect จาก ICRP publication 103 ซึ่งค่านี้ ได้กำหนดขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.1950 ใน ICRP publication 60 และมีการปรับเปลี่ยนค่ามาเรื่อย ๆ เนื่องจากมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มมากขึ้น โดยอาศัยข้อมูลจากการใช้รังสีทางการแพทย์ ข้อมูลผู้รอดชีวิตจากเหตุการณ์ระเบิดนิวเคลียร์ในเมืองฮิโรชิมาและเมืองนางาซากิ ประเทศญี่ปุ่น ในปี ค.ศ.1945 และข้อมูลประชากรในเขตเมืองเชอร์โนบิลประเทศยูเครนที่ได้รับรังสีจากอุบัติเหตุเตาปฏิกรณ์ปรมาณูระเบิดในปี ค.ศ.1986

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูล nominal probability coefficients ของการเกิด stochastic effect ในการคำนวณความเสี่ยงทางรังสี ที่กำหนดไว้ใน ICRP publication 103 ซึ่งเป็นข้อมูลล่าสุด ปี ค.ศ.2007 พบว่า ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งชนิดร้ายแรง เท่ากับ 0.021 เปอร์เซ็นต์ต่อคน และ 2.13 คนต่อการตรวจ 10,000 ครั้ง สำหรับความเสี่ยงในการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมไม่พบความเสี่ยงเป็นรายบุคคล แต่ประมาณความเสี่ยงเท่ากับ 0.05 รายต่อการตรวจ 10,000 ครั้ง เมื่อประมาณความเสี่ยงรวมทั้งหมด พบว่า ผู้ที่ได้รับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ มีโอกาสเกิดมะเร็งชนิดร้ายแรงและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมเท่ากับ 2.18 ราย ต่อการตรวจ 10,000 ครั้ง

ซึ่งเมื่อวิเคราะห์กิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ที่จะทำให้เกิดการเสียชีวิตในอัตรา 1:1,000,000[33] เช่น สูบบุหรี่ 1.4 มวน อยู่อาศัยในที่มีมลภาวะทางอากาศสูงเป็นเวลา 2 วัน การโดยสารเครื่องบินระยะทาง 2,500 ไมล์ การขับรถยนต์ระยะทาง 10 ไมล์ ฯลฯ จะพบว่าการได้รับปริมาณรังสี 0.1 มิลลิซีเวิร์ต เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตในอัตราดังกล่าว ดังนั้น การใช้รังสีในกิจการใด ๆ โดยเฉพาะด้านการแพทย์ที่มีการใช้รังสีปริมาณสูงเพื่อการตรวจวินิจฉัยและรักษา ต้องตระหนักถึงความเสี่ยงที่ผู้ป่วยจะได้รับ ซึ่งการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลและเทคนิคการใช้รังสีที่จะทำให้ผู้ป่วยได้รับประโยชน์จากรังสีมากที่สุดแต่มีความเสี่ยงน้อยที่สุด ถือว่าเป็นบทบาทหนึ่งของนักฟิสิกส์การแพทย์ที่ต้องรับผิดชอบ เพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงกระบวนการตรวจวินิจฉัยและรักษาโรค ให้มีความเหมาะสมกับสถานภาพและพัฒนาการของเครื่องมือและเทคโนโลยีทางการแพทย์ที่ทันสมัย

ตาราง 5.1 แสดงปริมาณกัมมันตภาพรังสีสำหรับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์แต่ละชนิด และปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยของแต่ละการตรวจในโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ที่แนะนำโดยผู้ศึกษา

Examination type	Radiopharmaceutical		Suggested administer activity (previous dose)		
			mCi	MBq	Effective dose (mSv)
Adrenal gland scan	I-131	MIBG	1(1)	37(37)	7.77
Bone scan	Tc-99m	MDP	18(20)	666(740)	4.06
Cardiac scan (MUGA)	Tc-99m	Pertechnetate	15(20)	555(740)	6.11
CSF scan	Tc-99m	DTPA	4(5)	148(185)	1.21
GI bleeding scan	Tc-99m	RBC	18(20)	666(740)	4.86
Hepatobiliary scan	Tc-99m	DISIDA	4(5)	148(185)	3.26
Liver hemangioma scan	Tc-99m	RBC	18(20)	666(740)	4.86
Liver-spleen scan	Tc-99m	SC	5(5)	185(185)	2.59
Lung scan - perfusion	Tc-99m	MAA	5(6)	185(222)	0.24
- ventilation	Tc-99m	DTPA	0.1(0.1)	3.7(3.7)	0.02
Lymphatic scan	Tc-99m	Nanocolloid	0.5(0.5)	18.5(18.5)	0.44
Meckel's scan	Tc-99m	Pertechnetate	10(20)	370(740)	4.07
Myocardial perfusion scan	Tl-201	Chloride	1.5(1.5)	55.5(55.5)	8.88
	Tc-99m	MIBI	16(20)	592(740)	8.88
Parathyroid scan	Tc-99m	MIBI	16(20)	592(740)	8.88
Renal scan	Tc-99m	MAG3	3(3)	111(111)	1.33
	Tc-99m	DTPA	3(3)	111(111)	0.91
	Tc-99m	DMSA	3(3)	111(111)	1.78
Venogram Scan	Tc-99m	Pertechnetate	16(20)	592(740)	6.51
WBC scan	Tc-99m	Leukocyte	10(10)	370(370)	7.40
WBS (new case)	I-131	Sodium iodide	1(1)	37(37)	2.66
WBS (follow up case)	I-131	Sodium iodide	3(3)	111(111)	7.99
Octreo Scan	In-111	Octreotide	3(3.3)	111(122.1)	12.99
RAIU	I-131	Sodium iodide	0.02(0.02)	0.74(0.74)	8.14
Average Effective dose					**4.83**

สรุป

ความเสี่ยงต่ออันตรายจากรังสีที่ทำให้เกิดผลแบบไม่ชัดเจนของผู้เข้ารับบริการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามข้อกำหนดสากล โดยมีค่าปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยของทุกการตรวจเท่ากับ 5.19 มิลลิซีเวิร์ต ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยของการตรวจเวชศาสตร์นิวเคลียร์ที่รวบรวมโดย UNSCEAR ในรายงานปี ค.ศ.2000 ค่าปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยนี้มีโอกาสที่จะเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เนื่องจากวิวัฒนาการของการใช้สารกัมมันตรังสี เครื่องมือและเทคโนโลยีที่ทันสมัย และปัจจัยอื่น ๆ โดยมีแนวทางให้ค่าปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยปรับลดลง เพื่อลดความเสี่ยงต่อผลแบบไม่ชัดเจนของรังสีต่อผู้เข้ารับบริการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ดังได้เสนอแนะให้ปรับลดปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่จะใช้ในการตรวจลง 10-20 % จากการศึกษาวิจัยนี้