

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่งานวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย	3
1.5 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	
2.1 การคำนวณรังสีภายในร่างกาย	6
2.1.1 การคำนวณรังสีด้วยวิธีวัดการดูดกลืนรังสีที่ละส่วน	11
2.1.2 ประโยชน์และข้อดีของการคำนวณรังสีด้วยวิธีวัดการดูดกลืนรังสีที่ละส่วน	16
2.1.3 แบบคำนวณมอนติคาร์โล	21
2.1.4 หุ่นจำลองมนุษย์มาตรฐาน	21
2.2 การประเมินความเสี่ยง	28
2.2.1 วิธีการประเมินความเสี่ยงทั่วไป	28
2.2.2 การประมาณความเสี่ยงทางรังสี	30

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	35
3.2 วิธีการศึกษา	40
3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	46
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ข้อมูลผู้เข้ารับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ในโรงพยาบาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	47
4.2 ระยะเวลาที่แตกต่างระหว่างเวลาที่เตรียมสารเภสัชรังสีเสร็จและเวลาที่ ผู้ป่วยได้รับสารเภสัชรังสีเข้าสู่ร่างกาย	47
4.3 ปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยสำหรับผู้เข้ารับการตรวจทางเวชศาสตร์ นิวเคลียร์ ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	51
4.4 การเทียบเคียงค่าปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยของการตรวจชนิดต่าง ๆ ใน โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กับค่าปริมาณรังสียังผลของการ ตรวจชนิดเดียวกันในประเทศออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา และสหราชอาณาจักร	51
4.5 ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งชนิดร้ายแรง และการเกิดการเปลี่ยนแปลง ทางพันธุกรรม	54
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา	56
เอกสารอ้างอิง	61
ภาคผนวก	64
ประวัติผู้เขียน	

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
2.1	แสดงค่าปรับเทียบตามชนิดของรังสี (radiation weighting factor) แต่ละชนิด	9
2.2	แสดงค่าปรับเทียบตามชนิดเนื้อเยื่อ (W_T) ที่มีการปรับเปลี่ยนในช่วงเวลาต่าง ๆ โดย ICRP ในปี ค.ศ. 1979, 1991 และ 2007	10
2.3	แสดงค่า estimate dose ต่อเมกะเบคเคอเรล (D/A_0) ของ In-111 white blood cell ที่ได้จากการคำนวณโดย MIRDOSE software	17
2.4	แสดงค่า estimate dose ต่อเมกะเบคเคอเรล (D/A_0) ของ Tc-99m MIBI	18
2.5	แสดงค่า estimate dose ต่อเมกะเบคเคอเรล (D/A_0) ของ I-131 Sodium Iodide	19
2.6	แสดงค่า estimate dose ต่อเมกะเบคเคอเรล (D/A_0) ของ Tl-201 Chloride	20
2.7	แสดงค่ามวลของอวัยวะต่าง ๆ ในหน่วยกรัม สำหรับหุ่นจำลอง 6 ตัวของ Cristy และ Eckerman	26
2.8	แสดงค่ามวลของอวัยวะต่าง ๆ ในหน่วยกรัม สำหรับหุ่นจำลอง 4 ตัวของ Stabin	27
2.9	แสดงตัวอย่างการประเมินโอกาสที่จะเกิดความเสียหายโดยใช้วิธีการให้คะแนน	29
2.10	แสดงการเปลี่ยนแปลงของเซลล์หลังทำปฏิกิริยากับรังสีในระยะเวลาต่าง ๆ	30
2.11	แสดงผลชัดเจนของเนื้อเยื่อ เมื่อได้รับรังสีในปริมาณต่าง ๆ	32
2.12	แสดงค่า nominal probability coefficients ของการเกิด stochastic effect ($\% Sv^{-1}$) ซึ่งกำหนดโดย ICRP publication 60 และ ICRP publication 103	34
3.1	แสดง estimate dose ต่อเมกะเบคเคอเรล (D/A_0) ของ Tc-99m MDP	38
3.2	แสดงค่า nominal probability coefficients ของการเกิด stochastic effect ($\% Sv^{-1}$) ที่กำหนดโดย ICRP publication 103	39
3.3	แสดงค่า \overline{S} หรือ D/A_0 ทั้งร่างกาย สำหรับสารเภสัชรังสีชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	44

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.1	48
แสดงจำนวนผู้เข้ารับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ในโรงพยาบาล มหาราชนครเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2547 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2551 และจำนวนผู้ป่วยที่ใช้ในการศึกษานี้ แยกตามเพศ ชนิดการตรวจ และ สารเภสัชรังสีที่ใช้	
4.2	50
แสดงระยะเวลาที่แตกต่างกันระหว่างเวลาที่เตรียมสารเภสัชรังสีเสร็จกับเวลา ที่ให้สารเภสัชรังสีเข้าสู่ร่างกายผู้ป่วย โดยแสดงค่าความแตกต่างที่มากที่สุด น้อยที่สุด และค่าเวลาเฉลี่ยในแต่ละการตรวจ \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
4.3	52
แสดงชนิดการตรวจ สารเภสัชรังสีที่ใช้สำหรับการตรวจแต่ละชนิด จำนวนผู้ เข้ารับการตรวจ ค่ากัมมันตภาพมากที่สุด ค่ากัมมันตภาพน้อยสุด ค่าเฉลี่ย กัมมันตภาพรังสีที่ผู้ป่วยได้รับเข้าสู่ร่างกาย และค่าปริมาณรังสียังผลเฉลี่ย สำหรับการตรวจแต่ละชนิด	
4.4	53
แสดงปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยสำหรับการตรวจแต่ละชนิดของหน่วยเวช ศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ เปรียบเทียบกับปริมาณ รังสียังผลเฉลี่ยของประเทศต่าง ๆ และ guidance level ของ IAEA	
4.5	55
แสดงค่าร้อยละของความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งชนิดร้ายแรง และการเกิดการ เปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม สำหรับการตรวจแต่ละชนิดของหน่วยเวช ศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่	
5.1	59
แสดงปริมาณกัมมันตภาพรังสีสำหรับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์แต่ ละชนิด และค่าปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยของแต่ละการตรวจใน โรงพยาบาล มหาราชนครเชียงใหม่ ที่แนะนำโดยผู้ศึกษา	

รูป		หน้า
2.1	แสดงขั้นตอนการคำนวณปริมาณรังสียังผล	7
2.2	แสดงอวัยวะต้นกำเนิดรังสีและอวัยวะเป้าหมายของสารเภสัชรังสีชนิดต่าง ๆ	11
2.3	แสดงส่วนคำนวณพลังงานรังสีที่เนื้อเยื่อดูดกลืนตามชนิดของรังสี หรือ ϕ_i	13
2.4	แสดงหุ่นจำลอง Fisher-Snyder phantom หรือ MIRD phantom หรือ Reference Man	22
2.5	แสดงหุ่นจำลอง 6 ตัวของ Cristy และ Eckerman ได้แก่ a) หุ่นจำลองมนุษย์วัยเจริญพันธุ์ b) หุ่นจำลองเด็กอายุ 15 ปี c) หุ่นจำลองเด็กอายุ 10 ปี d) หุ่นจำลองเด็กอายุ 5 ปี e) หุ่นจำลองเด็กอายุ 1 ปี f) หุ่นจำลองเด็กแรกเกิด	23
2.6	แสดงหุ่นจำลองมนุษย์เพศหญิงขณะตั้งครรภ์ 9 เดือน	24
2.7	ตัวอย่างหุ่นจำลองที่มีผู้คิดค้นและพัฒนาให้ใกล้เคียงมนุษย์จริงมากยิ่งขึ้น	25
2.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและความรุนแรงของผลจากรังสีแบบ deterministic effect	32
2.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและโอกาสเกิดผลของรังสีแบบ stochastic effect	34
3.1	แบบบันทึกข้อมูลการบริการตรวจสแกนผู้ป่วย ของหน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วร:06.079 และข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	36
3.2	เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น HP Compaq Presario V3905TU ผลิตโดยบริษัท ฮิวเลตต์ – แพคการ์ด (เอชพี) จำกัด	37
3.3	หน้าหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Office Excel เวอร์ชัน 2003 ผลิตโดยบริษัท ไมโครซอฟท์ (ประเทศไทย) จำกัด	37
3.4	เครื่องคิดเลขรุ่น Algebra FX 2.0 PLUS บริษัท คาลิโอ คอมพิวเตอร์ จำกัด ประเทศไทยญี่ปุ่น	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป		หน้า
3.5	แสดงตัวอย่างการรวบรวมข้อมูลผู้ป่วยจากแบบบันทึกข้อมูลการบริการตรวจสอบ สแกนผู้ป่วยลงในโปรแกรม Microsoft Office Excel	41
4.1	แผนภูมิวงกลมแสดงร้อยละของจำนวนผู้เข้ารับการตรวจทางเวชศาสตร์ นิวเคลียร์ โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ในช่วงมกราคม พ.ศ.2547 ถึง เมษายน พ.ศ.2551 จำนวนผู้เข้ารับบริการทั้งสิ้น 7,919 ราย จำแนกตามชนิด การตรวจและสารเภสัชรังสีที่ใช้	49

อักษรย่อและสัญลักษณ์

A	activity (กัมมันตภาพรังสี)
A_0	administered activity
\tilde{A}	cumulated activity
AUS	Australia (ประเทศออสเตรเลีย)
Bq	Becquerel (เบคเคอเรล)
Ci	Curie (คูรี)
cps	count per second
CSF	cerebrospinal fluid
D	absorbed dose (ปริมาณรังสีดูดกลืน)
$D_{T,R}$	mean absorbed dose by radiation R in an organ or tissue T
DISIDA	diisopropyl iminodiacetic acid
DMSA	dimercaptosuccinic acid
DNA	deoxyribonucleic acid (สารพันธุกรรม)
dps	disintegration per second
DTPA	diethylene triamine pentaacetic acid
E	effective dose (ปริมาณรังสียังผล)
EDE	effective dose equivalent
Gy	Gray (เกรย์)
H	equivalent dose (ปริมาณรังสีสมมูล)
H_T	Equivalent dose in an organ or tissue T
HN	hospital number

hr	hour (ชั่วโมง)
I-131	Iodine-131
ICRP	International Commission on Radiological Protection
In-111	Indium-111
J/kg	Joule per kilogram
keV	kiloelectronvolt (กิโลอิเล็กตรอน โวลต์)
LLI	lower large intestine
m	mass (มวล)
MAA	macroaggregated albumin
MAG3	mercaptoacetyltriglycine
MBq	megabecquerel (เมกกะเบคเคอเรล)
mCi	millicurie (มิลลิวรี่)
MDP	methylene diphosphonate
MeV	megaelectronvolt (เมกกะอิเล็กตรอน โวลต์)
mGy	milligray (มิลลิเกรย์)
MIBG	metaiodobenzylguanidine
MIBI	methoxyisobutylisonitrile
MIRD	Medical Internal Radiation Dosimetry
mSv	millisievert (มิลลิวีร์ต)
RAIU	radioactive iodine uptake
RBC	red blood cell (เซลล์เม็ดเลือดแดง)
S	S-value (mGy/MBq sec)
SC	sulfer colloid

SD	standard deviation (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
sec	second (วินาที)
Sv	Sievert (ซีเวิร์ต)
T_b	biological decay constant (ค่าคงที่การสลายตัวทางชีวภาพของสารกัมมันตรังสี)
T_{eff}	effective decay constant (ค่าคงที่การสลายตัวยังผล)
T_p	physical decay constant (ค่าคงที่การสลายตัวทางกายภาพของสารกัมมันตรังสี)
TcO ₄	Technetium pertechnetate
Tc-99m	Technetium-99m
Tl-201	Thallium-201
UK	United Kingdom (สหราชอาณาจักร)
ULI	upper large intestine
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
USA	United State of America (ประเทศสหรัฐอเมริกา)
W_R	radiation weighting factor (ค่าปรับเทียบตามชนิดของรังสี)
W_T	tissue weighting factor (ค่าปรับเทียบตามชนิดของเนื้อเยื่อ)
WBC	white blood cell (เม็ดเลือดขาว)
WBS	whole body scan
Δ	energy per disintegration
ϕ	absorbed fraction
τ	residence time