

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการศึกษาที่หน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ดังนี้

3.1.1 แบบบันทึกข้อมูลการบริการตรวจสแกนผู้ป่วย ของหน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์

แบบบันทึกข้อมูลการบริการตรวจสแกนเฉพาะผู้ป่วยผู้ใหญ่ (adult patients) ของหน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ วร:06.079 ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ.2547 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2551 ทุกการตรวจ จำนวน 1,808 ใบ โดยคัดแยกข้อมูลตามวิธีการตรวจต่าง ๆ สำหรับการตรวจที่มีจำนวนมาก เช่น การตรวจสแกนกระดูก จะใช้การคำนวณตัวอย่างด้วยวิธีการทางสถิติ และข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ อายุและเพศของผู้ป่วย ชนิดของการตรวจ สารเภสัชรังสีที่ใช้ เวลาที่เตรียมสารเภสัชรังสีเสร็จ ปริมาณกัมมันตภาพรังสีเมื่อเตรียมเสร็จ และเวลาที่ผู้ป่วยได้รับสารเภสัชรังสีเข้าสู่ร่างกาย ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการบริการตรวจสแกน แสดงในรูป 3.1

3.1.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น HP Compaq Presario V3905TU ผลิตโดยบริษัท ฮิวเลตต์ – แพคการ์ด (เอชพี) จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา แสดงในรูป 3.2

3.1.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Office Excel เวอร์ชัน 2003 ผลิตโดยบริษัท ไมโครซอฟท์ (ประเทศไทย) จำกัด แสดงในรูป 3.3

3.1.4 ข้อมูลค่า \overline{D} หรือ D/A_0 ในหน่วย มิลลิเกรย์/เมกกะเบคเคอเรล (NUREG/CR-6345) ของ Nuclear Regulatory Commission, วอชิงตันดีซี, ประเทศสหรัฐอเมริกา ข้อมูลที่แสดงไว้เป็นค่า \overline{D} หรือ D/A_0 ในอวัยวะต่าง ๆ ของสารเภสัชรังสีแต่ละชนิด โดยมีหน่วยเป็น มิลลิเกรย์/เมกกะเบคเคอเรล ของสารเภสัชรังสีที่ให้เข้าสู่ร่างกาย (administered dose) ดังตัวอย่างข้อมูลของสารเภสัชรังสี Tc-99m-MDP แสดงในตาราง 3.1

แบบบันทึกข้อมูลการบริการตรวจสแกนผู้ป่วย หน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา

ชื่อ-นามสกุล..... อายุ.....ปี H.N..... OPD.....
 ญาติ.....ก.ก. ส่วนสูง.....ซ.ม. วันที่รับใบบริการตรวจ : Ward.....
 ร.พ.อื่น.....

บันทึกทางการแพทย์ (สำหรับเวชระเบียนแพทย์ / แพทย์ประจำบ้าน)

| | | |
|-------------------|---------------------|------------------------------|
| คำสั่งการตรวจสแกน | 1. Bone scan | 3. Myocardium perfusion scan |
| | 2. DISIDA scan | 6. MUGA scan |
| | 3. GI bleeding scan | 7. Renal scan..... |
| | 4. Lung scan | 8. |

สาเหตุของคำสั่งตรวจสแกน

| | | | |
|-------------------|-------------------|-----------------------|------------|
| ระดับความเร่งด่วน | 1 (ภายใน 2.4 ชม.) | 2 (ภายใน 48 - 72 ชม.) | 3 (ตามนัด) |
|-------------------|-------------------|-----------------------|------------|

ชนิดการตรวจ : สารเภสัชรังสี : 1. ^{99m}Tc..... 2. ²⁰¹Tl chloride จำนวน.....mCi/MBq
 วิธีให้สารเภสัชรังสี : IV ทับเทคนิค : 1. Flow 2. Routine technique 3. SPECT 4.....
 Medications :
 ลายเซ็น : ว/ด/ป..... เวลา.....น.

ความเห็นร่วมของอาจารย์แพทย์ :
 ลายเซ็น : ว/ด/ป..... เวลา.....น.

บันทึกการนัดและการเตรียมผู้ป่วย (สำหรับจ.น.ท.ทะเบียน/จ.น.ท.รังสีเทคนิค/พยาบาล/นักวิทย์ ฯ)

| การนัดผู้ป่วย | การเตรียมผู้ป่วย | | | |
|--------------------------|---------------------------|-----------|-------------|-----------------------------|
| ชนิดการตรวจ : | อธิบายผู้ป่วย | แจกเอกสาร | ให้ชุดศึกษา | ประเมินความเข้าใจของผู้ป่วย |
| วันที่นัดผู้ป่วยมาตรวจ : | | | | |
| เวลา : | | | | |
| ลายเซ็นเจ้าหน้าที่ | ลายเซ็นพยาบาล/เจ้าหน้าที่ | | | |

บันทึกการเตรียมสารเภสัชรังสี (สำหรับนักเภสัชรังสี / ภาควิชาศาสตร์ / นักรังสีการแพทย์)

| | |
|---|--|
| สารเภสัชรังสี : 1. ^{99m} Tc..... 2. ²⁰¹ Tl chloride | ^{99m} Tc-Generator..... Lot#..... |
| Lot #..... | QC method : |
| Expired Date : | % labeling : |
| Dose :mCi/MBq At time : | % ^{99m} TcO4 |
| ผู้เตรียม : | ผู้ตรวจสอบ : |

แบบบันทึกการบริการNM-ix_2547
 06.079

บันทึกการพยาบาล (สำหรับพยาบาล)

ชื่อ-นามสกุล..... H.N.....

| การเตรียมผู้ป่วย | การพยาบาล |
|---|-----------------|
| IV transfusion..... Lot#..... | |
| Expired Date..... Volume.....ml. | |
| Administered Time..... | |
| Medication..... Lot#..... | |
| Dose..... Administered Time..... | |
| เจาะเลือดผู้ป่วยจำนวน :ml. | |
| LMP : | |
| Pregnancy test : | |
| สารเภสัชรังสี : 1. ^{99m} Tc..... 2. ²⁰¹ Tl chloride | |
| Dose.....mCi Administered time..... | |
| Health education : <input type="checkbox"/> After injection of radiopharmaceutical | Evaluation..... |
| ลายเซ็น | ลายเซ็น |

บันทึกการตรวจสแกน (สำหรับเทคนิคเชียน / ภาควิชาศาสตร์ / นักรังสีการแพทย์)

เวลาเริ่มตรวจ :น. เวลาตรวจเสร็จ :น. รวมเวลา :นาที
 เทคนิคการตรวจ : 1. Flow 2. Routine technique 3. SPECT 4.....
 ปัญหา :
 วิธีแก้ไข :
 ผู้จัดทำและตั้งเทคนิค : ผู้ประมวลผลภาพสแกน :
 ผู้ควบคุมการตรวจ :
 ผู้รายงานผลการตรวจ : เวลา :น.
 ลายเซ็นผู้บันทึก :

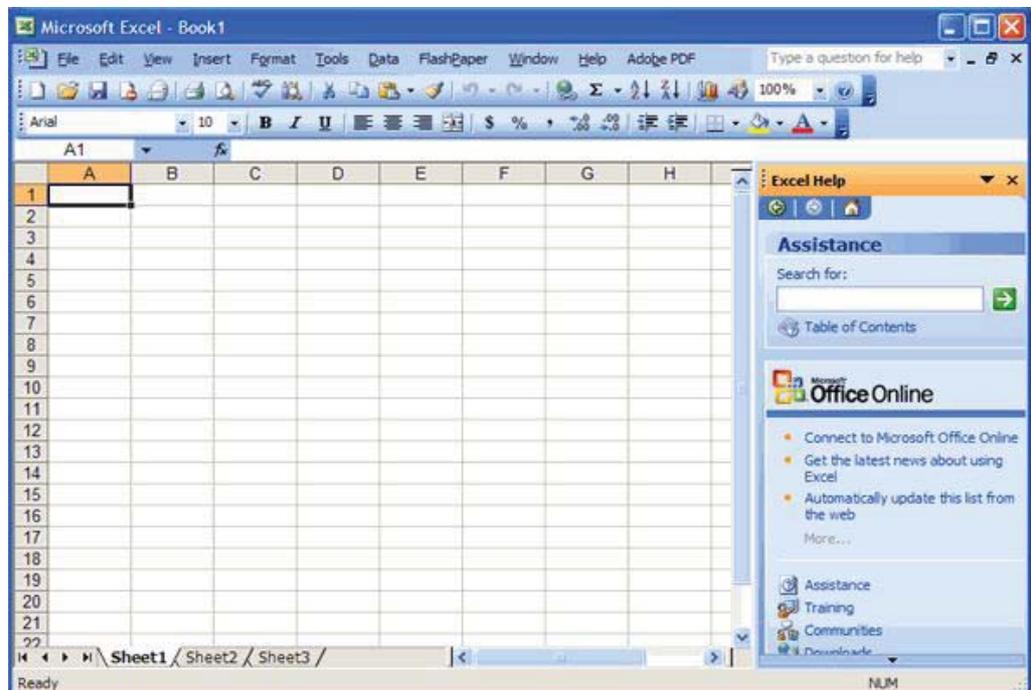
ข้าพเจ้าได้รับทราบข้อมูลวิธีการตรวจด้วยสารกัมมันตรังสีจากเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล และยินยอมรับการตรวจด้วยสารกัมมันตรังสีตามคำสั่งแพทย์ทุกประการ

ลงชื่อ..... (ผู้ป่วยหรือญาติ) วันที่.....

รูป 3.1 แบบบันทึกข้อมูลการบริการตรวจสแกนผู้ป่วยของหน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วร:06.079 และข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา



รูป 3.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น HP Compaq Presario V3905TU ผลิตโดย
บริษัท ฮิวเลตต์ – แพคการ์ด (เอชพี) จำกัด



รูป 3.3 หน้าหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Office Excel เวอร์ชัน 2003
ผลิตโดยบริษัท ไมโครซอฟท์ (ประเทศไทย) จำกัด

ตาราง 3.1 แสดงค่า estimate dose ต่อเมกะเบคเคอเรล (D/A_0) ของ Tc-99m MDP ⁽¹⁷⁾

| ORGAN | Estimated Radiation Dose for Adult | |
|---------------------------|------------------------------------|-----------------|
| | mGy/MBq | rad/mCi |
| Adrenals | 2.5E-03 | 9.1E-03 |
| Brain | 1.9E-03 | 7.0E-03 |
| Breasts | 9.5E-04 | 3.5E-03 |
| Gallbladder Wall | 1.9E-03 | 6.8E-03 |
| LLI Wall | 3.4E-03 | 1.3E-02 |
| Small Intestine | 2.4E-03 | 8.9E-03 |
| Stomach | 1.6E-03 | 5.8E-03 |
| ULI Wall | 2.1E-03 | 7.9E-03 |
| Heart Wall | 1.6E-03 | 6.0E-03 |
| Kidneys | 8.6E-03 | 3.2E-02 |
| Liver | 1.6E-03 | 6.0E-03 |
| Lungs | 1.6E-03 | 5.8E-03 |
| Muscle | 1.9E-03 | 7.2E-03 |
| Ovaries | 3.3E-03 | 1.2E-02 |
| Pancreas | 2.1E-03 | 7.6E-03 |
| Red Marrow | 5.4E-03 | 2.0E-02 |
| Bone Surfaces | 3.5E-02 | 1.3E-01 |
| Skin | 1.2E-03 | 4.3E-03 |
| Spleen | 1.8E-03 | 6.7E-03 |
| Testes | 2.3E-03 | 8.4E-03 |
| Thymus | 1.4E-03 | 5.1E-03 |
| Thyroid | 1.7E-03 | 6.1E-03 |
| Urinary Bladder Wall | 3.3E-02 | 1.2E-01 |
| Uterus | 5.1E-03 | 1.9E-02 |
| Effective Dose Equivalent | 6.1E-03 mSv/MBq | 2.2E-02 rem/mCi |

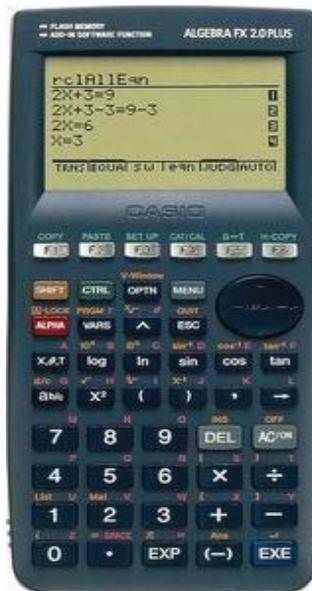
3.1.5 ข้อมูล nominal probability coefficients for stochastic effect ซึ่งกำหนดโดย ICRP publication 103

ข้อมูลนี้ใช้ในการประมาณความเสี่ยงจากปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์แต่ละชนิด ซึ่ง ICRP ได้กำหนดผลของรังสีแบบ stochastic ไว้ 3 ชนิด คือ การเกิดโรคมะเร็ง การเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม และผลรวมทั้งหมด ดังแสดงในตาราง 3.2

3.1.6 เครื่องคิดเลข รุ่น Algebra FX 2.0 PLUS บริษัท คาลิโอ คอมพิวเตอร์ จำกัด ประเทศญี่ปุ่น แสดงในรูป 3.4

ตาราง 3.2 แสดงค่า nominal probability coefficients ของการเกิด stochastic effect ($\%Sv^{-1}$) ที่กำหนดโดย ICRP publication 103⁽¹³⁾

| Exposed population | Cancer | Heritable effects | Total |
|--------------------|--------|-------------------|-------|
| Whole | 5.5 | 0.2 | 5.7 |
| Adult | 4.1 | 0.1 | 4.2 |



รูป 3.4 เครื่องคิดเลขรุ่น Algebra FX 2.0 PLUS บริษัท คาลิโอ คอมพิวเตอร์ จำกัด ประเทศญี่ปุ่น

3.2 วิธีการศึกษา

3.2.1 การรวบรวมข้อมูลผู้ป่วย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาปริมาณรังสีในผู้ป่วยผู้ใหญ่ (adult patients) ที่เข้ารับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2547 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2551 ทุกการตรวจ โดยรวบรวมข้อมูลผู้ป่วยทุกรายของแต่ละการตรวจ ยกเว้นการตรวจ bone scan, whole body scan (new case), whole body scan (follow up case) และ radioactive iodine uptake (RAIU) ซึ่งมีผู้ป่วยจำนวนมาก จึงใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยใช้สมการของ Yamane⁽⁹⁾ คือ

$$n = N / \left[1 + N(e)^2 \right] \quad (3.1)$$

โดยที่ n คือ จำนวนตัวอย่าง
 N คือ จำนวนผู้เข้ารับการตรวจนั้น ๆ ทั้งหมด
 e คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (ในงานวิจัยนี้ผู้ศึกษากำหนดให้เป็น 5%)

ซึ่งข้อมูลผู้ป่วยที่รวบรวม ประกอบด้วย เลขที่โรงพยาบาล (hospital number; HN) วัน เดือน ปี ที่ผู้ป่วยเข้ารับการตรวจ อายุ เพศ ชนิดการตรวจ สารเภสัชรังสีที่ใช้ เวลาเมื่อเตรียมสารเภสัชรังสีเสร็จ ปริมาณกัมมันตภาพรังสีเมื่อเตรียม และเวลาที่ฉีดสารเภสัชรังสีให้กับผู้ป่วย โดยสร้างแฟ้มข้อมูลผู้ป่วยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Office Excel ดังแสดงในรูป 3.5

3.2.2 วิธีการคำนวณ administered activity (A_0)

การเตรียมสารเภสัชรังสีสำหรับผู้เข้ารับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จะเริ่มเตรียมจากห้องปฏิบัติการเตรียมสารเภสัชรังสี (hot lab) ในรูปของยาฉีดที่วัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีให้ได้ตามคำสั่งของแพทย์ ทันทีที่เตรียมเสร็จพยาบาลจะนำสารเภสัชรังสีนั้น ๆ ไปฉีดให้กับผู้ป่วยที่ห้องตรวจ ซึ่งขั้นตอนนี้ต้องใช้เวลาระยะหนึ่งในการเคลื่อนย้ายสารเภสัชรังสี และรอความพร้อมของผู้ป่วยหรือเครื่องตรวจสแกน ทำให้ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ฉีดเข้าไปในร่างกายผู้ป่วยลดลงตามการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี ดังนั้นเพื่อความแม่นยำในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาจึงแบ่งวิธีการคำนวณกัมมันตภาพรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

| 1 | 2 | A | B | C | D | | E | F | G | H | I | J | K | L | | M | N |
|----|------------|---------|--------------------|---|------|--------|--------|-------------|-------|-------|-------|---|---|-----|-----|---|---|
| | | | | | male | Female | | | | | | | | mCi | MBq | | |
| 3 | 3/08/2549 | 2194700 | Renal Scan | x | | 68 | Tc-99m | DTPA | 3.18 | 8.58 | 9.45 | | | | | | |
| 4 | 29/05/2549 | 2410602 | GI Bleeding Scan | | x | 69 | Tc-99m | O4 | 25.80 | 11.16 | 13.25 | | | | | | |
| 5 | 17/10/2549 | 2918802 | Renal Scan | x | | 51 | Tc-99m | DTPA | 3.73 | 8.50 | 10.00 | | | | | | |
| 6 | 8/08/2549 | 2179003 | Renal Scan | | x | 37 | Tc-99m | DTPA | 5.09 | 8.42 | 9.15 | | | | | | |
| 7 | 4/07/2549 | 2712703 | GI Bleeding Scan | x | | 78 | Tc-99m | O4 | 20.80 | 8.19 | 10.50 | | | | | | |
| 8 | 31/07/2549 | 2882104 | Venogram | | x | 47 | Tc-99m | O4 | 20.40 | 8.33 | 11.00 | | | | | | |
| 9 | 29/06/2549 | 2882104 | Venogram | | x | 47 | Tc-99m | O4 | 20.30 | 8.22 | 11.30 | | | | | | |
| 10 | 28/11/2549 | 2512104 | Renal Scan | | x | 43 | Tc-99m | DTPA | 3.39 | 8.40 | 9.45 | | | | | | |
| 11 | 3/09/2547 | 2738306 | LLS Scan | | x | 45 | Tc-99m | nanocolloid | 0.542 | 10.11 | 10.40 | | | | | | |
| 12 | 2/09/2547 | 2721806 | Renal Scan | | x | 60 | Tc-99m | MAG3 | 5.15 | 10.32 | 11.07 | | | | | | |
| 13 | 9/10/2549 | 2842407 | Renal Scan | | x | 61 | Tc-99m | DTPA | 3.28 | 8.56 | 10.10 | | | | | | |
| 14 | 24/08/2549 | 2808707 | LLS Scan | | x | 39 | Tc-99m | nanocolloid | 1.006 | 9.34 | 11.30 | | | | | | |
| 15 | 29/06/2549 | 2424508 | Renal Scan | | x | 72 | Tc-99m | O4 | 5.01 | 8.17 | 9.30 | | | | | | |
| 16 | 18/07/2549 | 2899608 | Renal Scan | x | | 52 | Tc-99m | DTPA | 3.07 | 9.54 | 11.27 | | | | | | |
| 17 | 14/09/2549 | 2394109 | Renal Scan | | x | 54 | Tc-99m | DTPA | 3.38 | 8.45 | 10.15 | | | | | | |
| 18 | 24/08/2549 | 2817010 | Renal Scan | x | | 57 | Tc-99m | DTPA | 3.28 | 8.42 | 10.55 | | | | | | |
| 19 | 12/10/2549 | 2915411 | Renal Scan | x | | 67 | Tc-99m | DTPA | 3.38 | 8.47 | 9.50 | | | | | | |
| 20 | 4/09/2549 | 1818916 | Thallium-Rest | x | | 47 | Tl-201 | chloride | 1.875 | 8.38 | 10.00 | | | | | | |
| 21 | 27/06/2549 | 2854418 | Renal Scan | x | | 53 | Tc-99m | DTPA | 5.28 | 8.34 | 9.30 | | | | | | |
| 22 | 31/08/2549 | 2895618 | Renal Scan | | x | 77 | Tc-99m | DTPA | 3.33 | 8.58 | 10.20 | | | | | | |
| 23 | 11/09/2549 | 2878618 | Renal Scan | x | | 80 | Tc-99m | DTPA | 3.52 | 8.52 | 9.30 | | | | | | |
| 24 | 31/10/2549 | 2883318 | Renal Scan | | x | 78 | Tc-99m | DTPA | 3.29 | 8.25 | 9.45 | | | | | | |
| 25 | 18/12/2549 | 2932419 | MIBI-Persantin | x | | 50 | Tc-99m | MIBI | 20.10 | 9.28 | 11.05 | | | | | | |
| 26 | 30/08/2547 | 1318320 | Thallium-Persantin | | x | 72 | Tl-201 | chloride | 2.01 | 8.25 | 9.20 | | | | | | |
| 27 | 31/07/2549 | 2619520 | GI Bleeding Scan | x | | 46 | Tc-99m | O4 | 20.80 | 8.31 | 9.40 | | | | | | |
| 28 | 28/12/2549 | 2680920 | Renal Scan | x | | 22 | Tc-99m | MAG3 | 3.08 | 9.46 | 10.50 | | | | | | |
| 29 | 7/11/2549 | 2914221 | Renal Scan | x | | 45 | Tc-99m | DTPA | 3.38 | 9.19 | 10.34 | | | | | | |
| 30 | 16/10/2549 | 2917321 | Thallium-Persantin | | x | 62 | Tl-201 | chloride | 2.06 | 8.46 | 11.10 | | | | | | |
| 31 | 7/12/2549 | 2927123 | Renal Scan | x | | 67 | Tc-99m | DTPA | 3.16 | 8.41 | 9.30 | | | | | | |
| 32 | 27/11/2549 | 2897323 | Renal Scan | x | | 56 | Tc-99m | DTPA | 3.31 | 9.56 | 10.40 | | | | | | |

รูป 3.5 แสดงตัวอย่างการรวบรวมข้อมูลผู้ป่วยจากแบบบันทึกข้อมูลการบริการตรวจสแกนผู้ป่วยลงในโปรแกรม Microsoft Office Excel

ขั้นตอนที่หนึ่ง คำนวณเวลาที่แตกต่าง (elapsed time) โดยการนำเวลาที่ผู้ป่วยได้รับสารเภสัชรังสีเข้าสู่ร่างกาย(administered time) ลบด้วยเวลาที่สารเภสัชรังสีเตรียมเสร็จ (preparation time) ตามสมการ

$$Elapsed Time = Administered Time - Preparation Time \tag{3.2}$$

ขั้นตอนที่สอง นำเวลาแตกต่างที่คำนวณได้จากสมการ (3.2) มาคำนวณกัมมันตภาพรังสีจริงที่ผู้ป่วยได้รับเข้าสู่ร่างกาย โดยใช้สมการ (3.3) และสมการ (3.4)

$$A = A_0 e^{(-\lambda t)} \tag{3.3}$$

$$\lambda = \frac{0.693}{T} \tag{3.4}$$

| | | | |
|--------|-------|---|---|
| โดยที่ | A | = | กัมมันตภาพที่ผู้ป่วยได้รับ ณ เวลาใด ๆ |
| | A_0 | = | กัมมันตภาพเริ่มต้นที่วัดได้เมื่อเตรียมยาเสร็จ |
| | t | = | เวลาที่แตกต่างกัน |
| | T | = | ค่าครึ่งชีวิตของสารเภสัชรังสีนั้น ๆ |

ตัวอย่างการคำนวณ เจ้าหน้าที่เตรียมสารเภสัชรังสีหน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ เตรียมสารเภสัชรังสี Tc-99m-MDP ให้ผู้ป่วยที่ต้องการตรวจสอบกระดูกวัดปริมาณกัมมันตภาพได้ 20.3 มิลลิวูรี ที่เวลา 10.00 น. แต่พยาบาลฉีดสารเภสัชรังสีดังกล่าวให้ผู้ป่วยที่เวลา 10.30 น. สามารถคำนวณค่ากัมมันตภาพจริงขณะที่ผู้ป่วยได้รับเข้าสู่ร่างกาย ได้ดังนี้

คำนวณเวลาที่แตกต่างกัน โดยใช้สมการ (3.2)

$$\begin{aligned} \text{Elapsed Time} &= \text{Administered Time} - \text{Preparation Time} \\ &= (10.30) - (10.00) \\ &= 30 \text{ นาที} \end{aligned}$$

จะได้ว่า เวลาที่แตกต่าง คือ 30 นาที และเนื่องจาก ครึ่งชีวิตของ Tc-99m มีค่าเท่ากับ 6 ชั่วโมง หรือ 360 นาที จากนั้นนำค่าทั้งหมดแทนลงในสมการ (3.3)

$$A = A_0 e^{(-\lambda t)}$$

$$A = A_0 e^{(0.693t/T)}$$

$$A = (20.3) e^{(0.693 \times 30 / 360)}$$

$$A = 19.16 \text{ mCi}$$

หากสารเภสัชรังสี มีหน่วยกัมมันตภาพเป็น คูรี สามารถเปลี่ยนให้เป็นหน่วยสากล คือ เบคเคอเรล ได้ โดย

$$1 \quad \text{Bq} \quad = \quad 1 \quad \text{dps}$$

$$\begin{aligned}
 1 \quad Ci &= 3.7 \times 10^{10} \quad Bq \\
 19.16 \quad mCi &= 708.92 \quad MBq
 \end{aligned}$$

ดังนั้น กัมมันตภาพรังสีทั้งหมดที่ผู้ป่วยรายนี้ได้รับ คือ 708.92 เมกกะเบคเคลอเรล

3.2.3 วิธีการคำนวณปริมาณรังสียังผล

เมื่อทราบค่า A_0 ที่แท้จริงแล้ว สามารถคำนวณปริมาณรังสียังผลได้ โดยใช้ข้อมูลจากตารางแสดงค่า \mathcal{D} หรือ D/A_0 ทั้งร่างกายสำหรับสารเภสัชรังสีชนิดต่าง ๆ (ตาราง 3.3) แล้วแทนค่าลงในสมการ

$$D = A_0 \mathcal{D} \quad mSv \quad (3.6)$$

จากตัวอย่างการคำนวณในข้อ 3.2.2 ค่า A_0 ได้เท่ากับ 708.92 เมกกะเบคเคลอเรล และจากตาราง 3.3 ได้ค่า \mathcal{D} สำหรับการคำนวณปริมาณรังสียังผลของสารเภสัชรังสีชนิด Tc-99m-MDP คือ 6.1×10^{-3} มิลลิซีเวิร์ต/เมกกะเบคเคลอเรล จากนั้น แทนค่า A_0 และ \mathcal{D} ลงในสมการ (3.6)

$$D = A_0 \mathcal{D}$$

$$D = (708.92 \text{ MBq})(6.1 \times 10^{-3} \text{ mSv/MBq})$$

$$D = 4.32 \text{ mSv}$$

ดังนั้น ผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจสแกนกระดูกรายนี้ จะได้รับปริมาณรังสียังผลเท่ากับ 4.32 มิลลิซีเวิร์ต

ค่าปริมาณรังสียังผลที่คำนวณได้จากผู้ป่วยแต่ละรายในการตรวจแต่ละชนิด จะนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้ ไปคำนวณหาความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งชนิดร้ายแรงต่อไป

ตาราง 3.3 แสดงค่า \overline{S} หรือ D/A_0 ทั้งร่างกายสำหรับสารเภสัชรังสีชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้⁽¹⁷⁾

| Radiopharmaceutical | | Effective Dose for Adult (mSv/MBq) |
|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Tc-99m | MDP | 6.1×10^{-3} |
| Tc-99m | O4 | 1.1×10^{-2} |
| Tc-99m | DTPA | 8.2×10^{-3} |
| Tc-99m | RBC (in vitro labeling) | 7.3×10^{-3} |
| Tc-99m | DISIDA | 2.2×10^{-2} |
| Tc-99m | RBC | 7.2×10^{-3} |
| Tc-99m | Sulfur Colloid | 1.4×10^{-2} |
| Tc-99m | MAA | 1.3×10^{-2} |
| Tc-99m | Nanocolloid | 2.4×10^{-2} |
| Tc-99m | Leukocyte | 2.0×10^{-2} |
| Tc-99m | MIBI | 1.5×10^{-2} |
| Tc-99m | MAG3 | 1.2×10^{-2} |
| Tc-99m | DMSA | 1.6×10^{-2} |
| I-131 | MIBG | 2.1×10^{-1} |
| I-131 | Sodium Iodide | 1.1×10^1 |
| I-131 | Sodium Iodide (0% thyroid uptake)* | 7.2×10^{-2} |
| In-111 | Octreotide | 1.17×10^{-1} |
| Tl-201 | Chloride | 1.6×10^{-1} |

* ข้อมูลจาก ICRP 53

3.2.4 การประมาณความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งชนิดร้ายแรง และการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

วิธีประมาณความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งชนิดร้ายแรงสำหรับผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจเวชศาสตร์นิวเคลียร์ในโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ทำได้โดยการนำปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยของแต่ละการตรวจ ซึ่งมีหน่วยเป็น ซีเวิร์ต คูณกับค่า nominal probability coefficients ของการเกิด stochastic effect ซึ่งกำหนดโดย ICRP publication 103 ดังแสดงในตาราง 3.2 โดยที่ผลลัพธ์ที่ได้ จะเป็นเปอร์เซ็นต์ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งชนิดร้ายแรงและความเสี่ยงในการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมต่อการตรวจนั้น ๆ ดังสมการ (3.7) และ (3.8) ตามลำดับ

$$\text{Cancer risk}(\%) = (\text{effective dose in Sv}) \times (\text{fatal cancer risk}) \quad (3.7)$$

$$\text{Heritable effect}(\%) = (\text{effective dose in Sv}) \times (\text{heritable effect}) \quad (3.8)$$

และสามารถคำนวณร้อยละของความเสี่ยงต่อบุคคล ความเสี่ยงต่อกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา และความเสี่ยงต่อการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์จำนวน 10,000 ครั้ง โดยใช้สมการ (3.9), (3.10) และ (3.11) ตามลำดับ

$$\begin{aligned} \text{Detriment caused per patient } (\%) \\ = (\text{mean EDE in Sv}) \times (\text{risk in adult}) \end{aligned} \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned} \text{Number of detriment caused to the study group} \\ = (\text{mean EDE in Sv}) \times (\text{risk in adult}) \times (n \text{ of study group}) \end{aligned} \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned} \text{Number of detriment caused per 10,000 examinations} \\ = (\text{mean EDE in Sv}) \times (\text{risk in adult}) \times 10,000 \end{aligned} \quad (3.11)$$

ตัวอย่างการคำนวณ สมมติให้ปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยของผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจสแกนกระดูกในโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ มีค่าเท่ากับ 4.32 มิลลิซีเวิร์ต สามารถคำนวณความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งชนิดร้ายแรง และความเสี่ยงในการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมต่อการตรวจสแกนกระดูกได้ โดยใช้ข้อมูลจากตาราง 3.2 และแทนค่าลงในสมการ (3.7) และ (3.8)

$$\begin{aligned}
 \text{Cancer risk (\%)} &= (\text{effective dose in Sv}) \times (\text{fatal cancer risk in adult}) \\
 &= (4.32 \times 10^{-3}) \times (4.1) \\
 &= 0.0177
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Heritable effect(\%)} &= (\text{effective dose in Sv}) \times (\text{heritable effect in adult}) \\
 &= (4.32 \times 10^{-3}) \times (0.1) \\
 &= 0.0004
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจสแกนกระดูกในโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ จะได้รับความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งชนิดร้ายแรงเท่ากับ 0.0177 เปอร์เซ็นต์ และได้รับความเสี่ยงในการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมเท่ากับ 0.0004 เปอร์เซ็นต์

3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยแสดงจำนวนผู้เข้ารับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์แต่ละชนิดในโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่เป็นร้อยละ คำนวณระยะเวลาแตกต่างระหว่างเวลาที่เตรียมสารเภสัชรังสีเสร็จกับเวลาที่ให้สารเภสัชรังสีเข้าสู่ร่างกายผู้ป่วยเป็นเวลาเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีที่ผู้ป่วยได้รับเข้าสู่ร่างกาย ปริมาณรังสียังผลเฉลี่ยสำหรับการตรวจแต่ละชนิด และคำนวณความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งชนิดร้ายแรง และโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม สำหรับการตรวจแต่ละชนิดเป็นร้อยละ