นิพนธ์ต้นฉบับ • Original Article

# โปรแกรมการประเมินรังสีและความเสี่ยงที่ทารกได้รับจากมารดาที่ได้รับไอโอดีนรังสี

พจนีย์ กาญจนพิบูลย์, พจี เจาฑะเกษตริน, มลุลี ตัณฑวิรุฬห์, นภาพร โตจินดา
*สาขาวิชาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล*

# Program for Absorbed Dose Evaluation and Risk Assessment of Fetus Following Maternal Radioiodine Therapy

Potjanee Kanchanapiboon*, Pachee Chaudakshetrin, Malulee Tantawiroon, Napaporn Tojinda
*Division of Nuclear Medicine, Department of Radiology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University*

**หลักการและวัตถุประสงค์ :** การตรวจวินิจฉัยหรือรักษาโรคต่อมไทรอยด์ในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์ มีข้อบ่งชี้ที่ชัดเจนประการหนึ่ง คือ ห้ามทำการตรวจในผู้ป่วยที่กำลังอยู่ในภาวะตั้งครรภ์หรืออยู่ในระหว่างให้นมบุตรด้วยไอโอดีนรังสี เนื่องจากสารกัมมันตรังสีดังกล่าวสามารถผ่านรกไปสู่ทารกในครรภ์หรือขับออกทางน้ำนมสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อทารกได้ การประเมินความเสี่ยงที่ทารกได้รับจากมารดาที่ได้ไอโอดีนรังสีในการวินิจฉัยหรือรักษาทั้งโรคภาวะต่อมไทรอยด์ทำงานเกินและโรคมะเร็งไทรอยด์นั้น จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากภายหลังจากเกิดอุบัติการณ์ดังกล่าวขึ้น โดยใช้วิธีการคำนวณหาปริมาณรังสีที่อยู่ภายในร่างกายแบบ MIRDOSE และประเมินความเสี่ยงสำหรับผู้ป่วยที่ตั้งครรภ์และทารกตาม ICRP Publication 60 การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้คำนวณปริมาณรังสีและประเมินความเสี่ยงสำหรับทารกที่ได้รับรังสีจากมารดาในระหว่างการตั้งครรภ์ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วตามมาตรฐานของทบวงการปรมาณูระหว่างประเทศ

**วิธีการศึกษา :** สร้างโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณหา fetus absorbed dose และประเมินความเสี่ยงจากการที่มารดาได้รับรังสีขณะตั้งครรภ์หรือหลังตั้งครรภ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2010 พร้อมทั้งเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีที่ทารกได้รับจากมารดาที่ได้ไอโอดีนรังสีจากการคำนวณในอดีตที่คำนวณด้วยมือโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งสิ้น 5 รายตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 จนถึงปี พ.ศ. 2558 เทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรมที่สร้างขึ้นอีกด้วย

**Background and Objective :** Absolute contraindications for administration of radioiodine in nuclear medicine are pregnancy and lactation, because radioactive iodine can be transferred across the placenta and be secreted in breast milk. When ingested, it can cause radiation exposure to the infant. The calculation of internal dose quantity according to MIRDOSE and the risk of radiation for fetus following the ICRP Publication 60 are strongly recommended for the suspected pregnancy after maternal radioiodine therapy especially in case of hyperthyroidism and thyroid cancer patients. This study aim to develop a computer program based on the IAEA standard accurately and rapidly calculate absorbed dose and assess the radiation risk for fetus whose mother was using radioiodine.

**Material and method :** The program to embed libraries and steps of expected fetus absorbed dose and risk assessment in the computer code is written in Microsoft Excel 2010. The computerized values are then compared with those retrospective and manual calculations according to the experts accounting for 5 cases from 2005 to 2015.

**Results :** From 5 cases of radioiodine treatment during pregnancy in Siriraj Hospital, the calculated fetus doses using the program are 377.4, 377.4, 0.21, 0.59 and 29.4 mGy respectively. Moreover, the risk assessment for fetus of all cases can be completely achieved.

***Corresponding author :** พจนีย์ กาญจนพิบูลย์, สาขาวิชาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล E-mail : potjanee.kan@mahidol.edu

**ผลการศึกษา :** พบว่าอุบัติการณ์ที่ผู้ป่วยตั้งครรภ์ขณะได้รับการรักษาด้วยไอโอดีนรังสีในโรงพยาบาลศิริราชทั้งสิ้นจำนวน 5 รายสามารถคำนวณโดยใช้โปรแกรมเพื่อหาปริมาณรังสีที่ทารกได้รับจากมารดา คือ 377.4, 377.4, 0.21, 0.59 และ 29.4 mGy ตามลำดับ และทุกรายสามารถประเมินความเสี่ยงได้อย่างครบถ้วน

**สรุป :** การคำนวณค่าที่ปริมาณรังสีที่ทารกได้จากมารดาที่ได้รับไอโอดีนรังสีด้วยโปรแกรมที่สร้างขึ้นนั้นสามารถให้ความถูกต้องภายใต้มาตรฐานของทบวงการปรมาณูระหว่างประเทศ ไม่แตกต่างจากค่าที่คำนวณด้วยมือโดยผู้เชี่ยวชาญในอดีต และยังใช้เวลาที่ลดน้อยลงรวมถึงให้ข้อมูลของการประเมินความเสี่ยงของทารกที่ครบถ้วนสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

**Conclusion :** The comparison of the absorbed dose obtained from the two methods show the similar accuracy under IAEA standard. Besides, the program is not time-consuming and provides more information for risk assessment of fetus than the manual calculation.

**Key words :** Internal Dosimetry, ไอโอดีนรังสี, โรคต่อมไทรอยด์

ศรีนครินทร์เวชสาร 2559; 31 (1): 16-24. ◆ Srinagarind Med J 2016; 31 (1): 16-24.

## บทนำ

งานเวชศาสตร์นิวเคลียร์[1] เป็นงานที่ใช้สารเภสัชรังสีในการตรวจวินิจฉัยและรักษาโรค โดยสารเภสัชรังสีที่นำมาใช้นี้จะต้องมีการบริหารเข้าไปในร่างกาย และจะไปสะสมอยู่อย่างจำเพาะเจาะจงในอวัยวะที่ต้องการตรวจก่อนที่ร่างกายจะขับออก ซึ่งส่วนใหญ่จะขับออกทางปัสสาวะ ลมหายใจออก และเหงื่อ อาทิเช่น การบริหารไอโอดีนรังสี (Iodine-131) ในการตรวจเพื่อดูการทำงานของต่อมไทรอยด์

ระดับปริมาณรังสีจะถูกนำมาใช้อย่างเหมาะสมโดยอาศัยหลักการ ALARA (As Low As Reasonably Achievable) คือ ปริมาณรังสีที่ให้แก่ผู้ป่วยจะต้องน้อยที่สุดโดยที่ทำให้ผู้ป่วยได้รับผลประโยชน์มากที่สุด รวมถึงปริมาณรังสีที่นำมาใช้ต้องไม่เกินที่ ICRP (International Commission on Radiation Protection) กำหนด กล่าวคือ ในการตรวจวินิจฉัยนั้นจะใช้ในปริมาณรังสีระดับต่ำมาก ในขณะที่การรักษาจะใช้ปริมาณแบบความแรงรังสีต่ำ (น้อยกว่า 30 milliCurie (mCi)) ซึ่งเป็นการรักษาแบบผู้ป่วยนอก และแบบความแรงรังสีสูง (มากกว่า 30 mCi) ซึ่งเป็นการรักษาแบบผู้ป่วยในโดยผู้ป่วยจะอยู่ภายในห้องแยกที่มีการป้องกันรังสี

การตรวจวินิจฉัยหรือการรักษาโรคทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์สำหรับสตรีที่อยู่วัยเจริญพันธุ์ (อายุ 13-50 ปี) มีข้อห้ามที่ชัดเจนและสำคัญมากคือ ควรหลีกเลี่ยงการตรวจวินิจฉัยหรือรักษาด้วยสารเภสัชรังสีในสตรีที่กำลังตั้งครรภ์หรือสงสัยว่าตั้งครรภ์ รวมถึงสตรีที่อยู่ระหว่างการให้นมบุตร เพราะสารกัมมันตรังสีดังกล่าวสามารถผ่านรกและน้ำนมอันจะก่อให้เกิดอันตรายต่อทารกได้ ตัวอย่างเช่น การรักษาโรคต่อมไทรอยด์ทำงานเกิน (Hyperthyroidism) และมะเร็งไทรอยด์ (Thyroid cancer)

ความรุนแรงของผลทางชีววิทยาจะสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณรังสีที่ได้รับ ตัวอย่างความผิดปกติจากรังสีได้แก่ การแท้งบุตร ความผิดปกติของอวัยวะหรือเนื้อเยื่อ อวัยวะทำงานผิดปกติ การเกิดความบกพร่องทางสติปัญญา รวมทั้งทารกมีโอกาสเป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาวสูงกว่าปกติ และความผิดปกติทางพันธุกรรม[2,3] ดังนั้น การเตรียมตัวผู้ป่วยในวัยเจริญพันธุ์ต้องแนะนำให้มีการคุมกำเนิดก่อนการรักษา รวมทั้งแนะนำให้คุมกำเนิดต่อไปอย่างน้อย 4 เดือน (ICRP Publication 94)[4] และ 6 เดือน (Administration of Radioactive Substances Advisory Committee: ARSAC)[5] หลังการรักษา

ตามหลักการป้องกันอันตรายทางรังสีเพื่อลดอุบัติการณ์ดังกล่าวจึงมีการติดป้ายคำเตือนอย่างชัดเจนสำหรับผู้ป่วยที่มารับการรักษา ตลอดจนมีการคัดกรองเกี่ยวกับเรื่องของการมีระดูและการคุมกำเนิดในสตรีวัยเจริญพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีการให้คำแนะนำพร้อมข้อมูลที่เป็นลายลักษณ์อักษรก่อนรับการรักษาอีกด้วย แต่ก็ยังพบอุบัติการณ์ประปราย สาเหตุของอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากผู้ป่วยมีประวัติการมีระดูที่ไม่ปกติ หรือมีประวัติการมีประจำเดือนครั้งสุดท้าย (Last Menstrual Period: LMP) ไม่ชัดเจน ซึ่งอุบัติการณ์ดังกล่าวส่งผลกระทบต่อทั้งผู้ป่วยและครอบครัว

ถ้าตรวจพบภายหลังว่ามีการตั้งครรภ์ในขณะหรือหลังการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ จะต้องหารายละเอียดเกี่ยวกับการตรวจเพื่อประเมินปริมาณรังสีและความเสี่ยงที่ทารกได้รับ แล้วนำผลมาพิจารณาว่าปริมาณรังสีดังกล่าวอาจทำให้เกิดผลแทรกซ้อนหรือไม่ ซึ่งการคำนวณหาปริมาณรังสีแบบ Internal dose สำหรับทารกไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่วัดได้โดยอ้อมจากการตั้งสมมุติฐาน และใช้วิธีวัดที่เป็นมาตรฐานด้วยวิธีคำนวณแบบ MIRDOSE (Medical International Radiation Dose) ของ Society of Nuclear Medicine (SNM) ทั้งนี้ทบวงการปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency: IAEA) ได้ประเมินความเสี่ยงสำหรับผู้ป่วยที่ตั้งครรภ์และทารกไว้ในรายงานของ ICRP Publication 60 ทั้งแบบ deterministic effects และ stochastic effects

**การวิเคราะห์ปัญหา**

อุบัติการณ์ที่ผู้ป่วยเกิดการตั้งครรภ์ขณะได้รับรังสีมีโอกาสที่จะพบได้น้อย แต่ละสถานการณ์มีความจำเพาะสูง ส่งผลให้นักฟิสิกส์การแพทย์ต้องทำการทบทวนความรู้ ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ และคำนวณหาปริมาณรังสีและความเสี่ยงที่คาดว่าทารกจะได้รับด้วยมือซึ่งการคำนวณนี้ใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมงต่อคนไข้หนึ่งรายเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากที่สุด

**วัตถุประสงค์ของการศึกษา**

พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้คำนวณปริมาณรังสีแบบ MIRDOSE และประเมินความเสี่ยงตาม ICRP Publication 60 สำหรับทารกที่ได้รับรังสีจากมารดาซึ่งได้รับการวินิจฉัยหรือรักษาด้วยไอโอดีนรังสีในระหว่างการตั้งครรภ์ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วตามมาตรฐานของ IAEA

## วิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง โดยผู้วิจัยได้สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ลงในโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2010 เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณรังสีและประเมินความเสี่ยงสำหรับทารกที่มารดาได้รับไอโอดีนรังสีขณะตั้งครรภ์หรือหลังตั้งครรภ์ พร้อมทั้งเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีที่ทารกได้รับจากจำนวนผู้ป่วยทั้งสิ้น 5 รายตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 จนถึงปี พ.ศ. 2558 ระหว่างการคำนวณในอดีตซึ่งคำนวณด้วยมือโดยผู้เชี่ยวชาญ เทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น

**อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา**

ชุดเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล พร้อมโปรแกรมลิขสิทธิ์ที่ใช้งานดังนี้

1. โปรแกรมระบบปฏิบัติการวินโดวส์ Microsoft Windows 7 Enterprise X86 (Mahidol University License)
2. โปรแกรมประยุกต์ใช้ในงานสำนักงาน Microsoft Office Professional Plus 2010 (Mahidol University License)

**ขั้นตอนการประเมินปริมาณรังสีและความเสี่ยงที่ทารกได้รับ**

1. ข้อมูลผู้ป่วยที่ใช้ในการประเมิน
   a. ชนิดของโรคต่อมไทรอยด์ ได้แก่ โรค hyperthyroidism และ โรค thyroid cancer
   b. วัตถุประสงค์เพื่อการวินิจฉัย หรือ การรักษา
   c. ประจำเดือนครั้งสุดท้าย (LMP)
   d. วันที่ผู้ป่วยได้รับไอโอดีนรังสี
   e. ปริมาณไอโอดีนรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ
   f. ร้อยละของปริมาณการจับไอโอดีนรังสีของต่อมไทรอยด์ที่ 24 ชั่วโมง (% 24 hour-thyroiduptake)
2. ค่าคงที่ปริมาณรังสีดูดกลืนหาได้จากตารางที่ 1 ถึง 6 ตามแต่ละเงื่อนไขดังรูปที่ 1 ($E_1$-$E_6$)
3. ปริมาณรังสีที่มารดาได้รับจากการรักษาด้วยไอโอดีนรังสี ($A_0$)
4. ปริมาณรังสีที่ทารกในครรภ์ได้รับ (D) = $(D) = \sum_{i=1}^{6} A_0 \times E_i$
5. ประเมินความเสี่ยง Severe mental retardation, IQ และ Cancer induction

**ค่าคงที่ปริมาณรังสีดูดกลืนที่ทารกได้รับต่อหน่วยความแรงสี (Absorbed dose constant)**

การประเมินเพื่อคำนวณหาปริมาณรังสีที่ทารกได้รับมีหลักการสำคัญอยู่ด้วยกัน 4 ประการ[6] คือ

1. ปริมาณรังสีดูดกลืนที่ Embryo/Fetus ได้รับ

โมเดลของ Russell และคณะ[7, 8] ถูกนำมาใช้ในการประเมิน fetal self-dose พร้อมทั้งเสนอตารางค่าคงที่ปริมาณรังสีดูดกลืนที่ Embryo/Fetus ได้รับต่อหน่วยความแรงรังสีของสารเภสัชรังสีที่มารดาได้รับที่เวลาต่างๆ ของการตั้งครรภ์ ซึ่งสามารถแบ่งได้ออกเป็น 4 ช่วงดังตัวอย่างในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ตัวอย่างค่าคงที่ปริมาณรังสีดูดกลืนที่ embryo/fetus ได้รับต่อหน่วยความแรงรังสีของสารเภสัชรังสีที่มารดาได้รับที่เวลาต่างๆ ของการตั้งครรภ์

| Radiopharmaceutical | Absorbed dose constant (mGy/MBq) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Early | 3 Month | 6 Month | 9 Month |
| I-131 MIBG | 1.10E-01 | 5.40E-02 | 3.80E-02 | 3.50E-02 |
| I-131 Sodium Iodide | 7.20E-02 | 6.80E-02 | 2.30E-01 | 2.70E-01 |
| Tc-99m MDP | 6.10E-03 | 5.40E-03 | 2.70E-03 | 2.40E-03 |
| Tc-99m Pertechnetate | 1.10E-02 | 2.20E-02 | 1.40E-02 | 9.30E-03 |

2. ปริมาณรังสีที่ fetus thyroid ได้รับ

ในปี พ.ศ. 2535 Watson และคณะ[9, 10] ได้ตีพิมพ์ตารางแสดงปริมาณรังสีที่ต่อมไทรอยด์ทารกจะได้รับอันตรายเมื่อมารดาได้รับการรักษาด้วยไอโอดีน 131 ในช่วงอายุครรภ์เดือนที่ 3 ถึง 9 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ต่อมไทรอยด์ของทารกเริ่มทำหน้าที่แล้ว (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 2** ค่าคงที่ปริมาณรังสีดูดกลืนที่ fetus thyroid ได้รับจากมารดาที่ได้ไอโอดีนรังสีขณะตั้งครรภ์

| ระยะเวลาที่ตั้งครรภ์ (เดือน) | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Absorbed dose constant (mGy/MBq) | 230 | 260 | 580 | 550 | 390 | 350 | 270 |

3. ปริมาณรังสี fetal dose ของผู้ป่วยโรค hyperthyroidism และ โรค thyroid cancer

ในปี พ.ศ. 2534 Stabin และคณะ[11] ทำการศึกษาปริมาณ fetal dose ของทารกที่มารดาเป็นผู้ป่วยโรค hyperthyroidism และรักษาด้วยไอโอดีนรังสีในช่วงระยะการตั้งครรภ์น้อยกว่า 3 เดือน (Early stage pregnancy) เมื่อต่อมไทรอยด์มีค่า uptake half-time ที่ 6.1 ชั่วโมงและจับไอโอดีนได้ระหว่างร้อยละ 20-100 (ตารางที่ 3)

**ตารางที่ 3** ค่าคงที่ปริมาณรังสีดูดกลืนที่ทารกได้รับ (fetus dose) ผ่านทางมารดาในกลุ่มโรค hyperthyroidism ที่ตั้งครรภ์ขณะได้รับการรักษาด้วยไอโอดีนรังสี

| Maximum thyroid uptake (%) | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|
| Absorbed dose (mGy/MBq) | 0.063 | 0.058 | 0.055 | 0.052 | 0.053 |

ในปี พ.ศ. 2539 Rodriquez และคณะ[12] ได้ทำการศึกษากลุ่มผู้ป่วย โรค thyroid cancer หลังผ่าตัด พบว่าผู้ป่วยที่ไม่มีต่อมไทรอยด์ (Athyrotic) มี iodine kinetic ใกล้เคียงกับต่อมไทรอยด์ที่ไม่มีการจับไอโอดีน และมีการขับถ่ายไอโอดีนทางปัสสาวะตามปกติ ซึ่งมีค่า half-time 6.1 ชั่วโมง และภายใต้สมมุติฐานการแลกเปลี่ยนไอโอดีนรังสีระหว่างมารดาและทารกแบบคนปกติ สามารถแสดงค่าคงที่ปริมาณรังสีดูดกลืนที่ทารกได้รับ (ตารางที่ 4)

**ตารางที่ 4** ค่าคงที่ปริมาณรังสีดูดกลืนที่ทารกได้รับผ่านทางมารดาในกลุ่มโรค thyroid cancer ที่ตั้งครรภ์ขณะได้รับการรักษาด้วยไอโอดีนรังสี

| ระยะเวลาที่ตั้งครรภ์ | Early | 3 Month | 6 Month | 9 Month |
|---|---|---|---|---|
| Absorbed dose (mGy/MBq) | 0.068 | 0.070 | 0.225 | 0.270 |

4. ปริมาณรังสีดูดกลืนที่ทารกได้รับเมื่อมารดาตั้งครรภ์หลังการได้รับการรักษาด้วยไอโอดีนรังสี

หลังการรักษาไอโอดีนรังสีจะถูกขับออกจากร่างกายตลอดเวลา Sparks และ Stabin[13] ตีพิมพ์ค่าคงที่รังสีดูดกลืนสำหรับมารดาที่การตั้งครรภ์เกิดขึ้นระหว่าง 1 ถึง 8 สัปดาห์หลังจากการรักษาด้วยไอโอดีนรังสี และอยู่ภายใต้ภาวะ hyperthyroidism หรือ ต่อมไทรอยด์ทำหน้าที่ปกติ (Euthyroidism) (ตารางที่ 5 และ 6)

**ตารางที่ 5** ตัวอย่างค่าคงที่ปริมาณรังสีดูดกลืนที่ทารกได้รับเมื่อมารดาอยู่ในภาวะ hyperthyroidism (mGy/MBq)

| Max Uptake (%) | Time in weeks after administration that conception occurs | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 5 | 4.1E-04 | 1.9E-04 | 8.7E-05 | 4.0E-05 | 1.9E-05 | 8.7E-06 | 4.0E-06 | 1.9E-06 |
| 10 | 8.3E-04 | 3.8E-04 | 1.7E-04 | 8.0E-05 | 3.7E-05 | 1.7E-05 | 7.8E-06 | 3.6E-06 |
| 15 | 1.3E-03 | 5.8E-04 | 2.6E-04 | 1.2E-04 | 5.5E-05 | 2.5E-05 | 1.1E-05 | 5.2E-06 |
| 20 | 1.7E-03 | 7.8E-04 | 3.5E-04 | 1.6E-04 | 7.2E-05 | 3.3E-05 | 1.5E-05 | 6.7E-06 |
| 25 | 2.2E-03 | 9.8E-04 | 4.4E-04 | 2.0E-04 | 8.8E-05 | 4.0E-05 | 1.8E-05 | 8.0E-06 |
| 30 | 2.7E-03 | 1.2E-03 | 5.3E-04 | 2.3E-04 | 1.0E-04 | 4.6E-05 | 2.0E-05 | 9.1E-06 |
| 35 | 3.2E-03 | 1.4E-03 | 6.1E-04 | 2.7E-04 | 1.2E-04 | 5.2E-05 | 2.3E-05 | 1.0E-05 |

**ตารางที่ 6** ตัวอย่างค่าคงที่ปริมาณรังสีดูดกลืนที่ปริมาณรังสีที่ทารกได้รับเมื่อมารดาอยู่ในภาวะ euthyroid (mGy/MBq)

| Max Uptake (%) | Time in weeks after administration that conception occurs | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 5 | 3.1E-04 | 1.5E-04 | 7.7E-05 | 3.8E-05 | 1.9E-05 | 9.5E-06 | 4.7E-06 | 2.4E-06 |
| 15 | 8.8E-04 | 4.4E-04 | 2.2E-04 | 1.1E-04 | 5.6E-05 | 2.8E-05 | 1.4E-05 | 7.2E-06 |
| 25 | 1.4E-03 | 7.1E-04 | 3.6E-04 | 1.8E-04 | 9.2E-05 | 4.7E-05 | 2.4E-05 | 1.2E-05 |

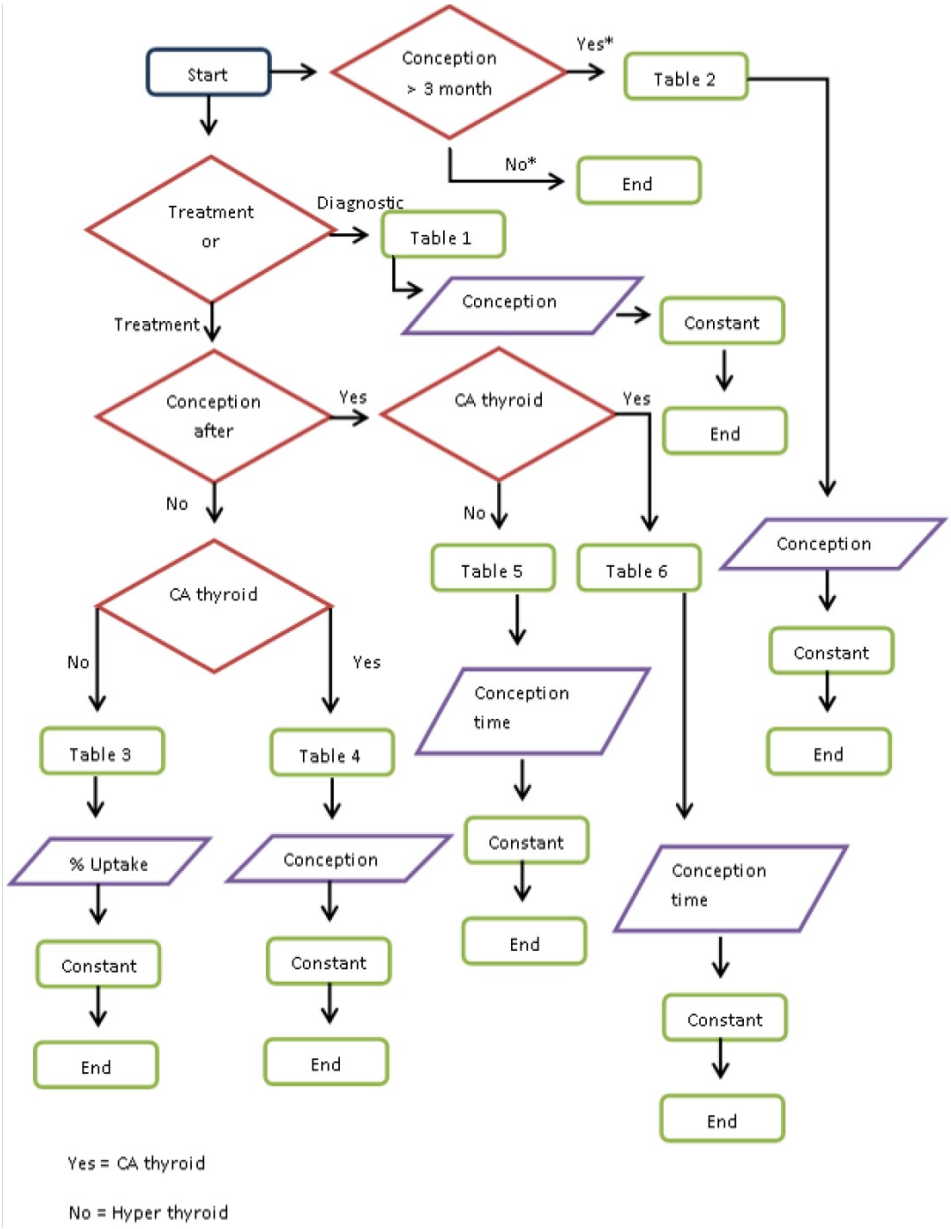
**การประเมินความเสี่ยงทางรังสี**

ผลกระทบของรังสีต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1) Deterministic effect หรือ non-stochastic effect หมายถึง ผลของรังสีจะขึ้นกับปริมาณรังสีที่ได้รับ และจะส่งผลกระทบเมื่อสูงเกินค่าจำกัดค่าหนึ่ง ผลนี้จะรุนแรงมากขึ้นเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มมากขึ้น

2) Stochastic effect หมายถึง ผลของรังสีที่คาดคะเนจากข้อมูลทางสถิติของผู้ที่ได้รับรังสี โดยโอกาสเกิดจะแปรผันตรงกับปริมาณรังสี แต่ความรุนแรงของผลกระทบไม่ขึ้นกับปริมาณรังสี

สำหรับการประเมินความเสี่ยงของทารกนั้น IAEA ได้ประเมินความเสี่ยง ทั้ง deterministic และ stochastic effects ในผู้ป่วยตั้งครรภ์ที่ได้รับการตรวจและรักษาทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ดังนี้




**รูปที่ 1** ขั้นตอนการเลือกใช้ตารางที่ 1 ถึง 6 และการได้มาซึ่งค่าคงที่ในแต่ละตาราง

รายงานของ ICRP Publication 60[14] รายงานความเสี่ยงที่ทารกจะได้รับจากมารดาที่รักษาด้วยสารเภสัชรังสีดังนี้

| **อายุครรภ์** | **ความเสี่ยงสำคัญ** |
|---|---|
| น้อยกว่า 2 สัปดาห์ | อาจมี embryo resorption ติดตามด้วยการเกิด carcinogenesis ในอนาคต |
| 2-8 สัปดาห์ | อาจมี congenital malformation ติดตามด้วยการเกิด carcinogenesis ในอนาคต |
| 8-25 สัปดาห์ | มีโอกาสเกิด mental retardation มีความเป็นไปได้ที่เกิด carcinogenesis ในอนาคต |
| มากกว่า 25 สัปดาห์ | เหลือเพียงความเสี่ยงทาง Stochastic effect คือ carcinogenesis เท่านั้น |

1) Severe mental retardation ตามช่วงของอายุครรภ์ดังนี้

| อายุครรภ์ | ความเสี่ยงต่อ Severe mental retardation |
|---|---|
| 8 -15 สัปดาห์ | มีความเสี่ยงร้อยละ 40 ต่อปริมาณรังสีที่ได้รับ 1 Gy |
| 16 -25 สัปดาห์ | มีความเสี่ยงร้อยละ 10 ต่อปริมาณรังสีที่ได้รับ 1 Gy |
| มากกว่า 8 สัปดาห์ | IQ จะลดลง 30 จุดต่อปริมาณรังสีที่ได้รับ 1 Gy |

2) Cancer induction รวม leukemia $2.28\times10^{-2}$ ต่อปริมาณรังสีที่ได้รับ 1 Gy ในทุกช่วงอายุครรภ์

**ความปลอดภัยทางรังสีสำหรับผู้ป่วยหญิงวัยเจริญพันธุ์**

ICRP Publication 84[15] กำหนดกฎว่า เจ้าหน้าที่ต้องตรวจสอบผู้ป่วยวัยเจริญพันธ์ทุกรายเพื่อป้องกัน unintentional radiation exposure คือจะไม่มีการรักษาด้วยสารกัมมันตรังสีในสตรีตั้งครรภ์ ยกเว้นกรณี life-saving เท่านั้น โดยถือว่าประโยชน์ที่ผู้ป่วยได้รับต้องมีน้ำหนักมากกว่าอันตรายทางรังสีต่อทารกในครรภ์ และได้กล่าวเกี่ยวกับการยุติการตั้งครรภ์ไว้ว่า

“Termination of pregnancy is an individual decision affected by many factors. Fetal doses below 100 mGy should not be considered a reason for terminating a pregnancy. At fetus doses above this level, there can be fetal damage, the magnitude and type of which is a function of dose and stage of pregnancy.”

## ผลการศึกษา

จากการรวบรวมข้อมูลอุบัติการณ์ที่ผู้ป่วยเกิดการตั้งครรภ์ขณะได้รับการรักษาด้วยไอโอดีนรังสีในโรงพยาบาลศิริราชตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ถึง 2558 จำนวนทั้งสิ้น 5 ราย (ตารางที่ 7)

การคำนวณค่าปริมาณรังสีที่ทารกได้จากมารดาที่ได้รับไอโอดีนรังสีด้วยโปรแกรมที่สร้างขึ้นจากกรณีศึกษาทั้ง 5 ราย

**ตารางที่ 7** ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ป่วยที่เกิดการตั้งครรภ์ขณะได้รับการรักษาด้วยไอโอดีนรังสีระหว่าง พ.ศ. 2548 จนถึง พ.ศ. 2558 จำนวนทั้งสิ้น 5 ราย

| Case no. | Disease | Age (years) | LMP date | Intake iodine date | Activity (mCi) | 24-hour Uptake (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | CA Thyroid | 45 | 27-Sep-2005 | 01-Nov-2005 | 150 | |
| 2 | CA Thyroid | 23 | 05-Apr-2008 | 16-May-2008 | 150 | |
| 3 | CA Thyroid | 25 | 10-Feb-2011 | 14-Jan-2011 | 150 | |
| 4 | Hyperthyroidism | 21 | 03-May-2009 | 29-Apr-2009 | 8 | 50 |
| 5 | Hyperthyroidism | 27 | 23-Dec-2009 | 12-Jan-2010 | 15 | 82 |

พบว่ามีค่า 377.4, 377.4, 0.21, 0.59 และ 29.4 mGy ตามลำดับ ในขณะที่ค่าปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณด้วยมือในอดีตโดยผู้เชี่ยวชาญได้เท่ากับ 377.4, 377.4, 0.21, 0.59 และ 29.0 mGy การประเมินความเสี่ยงซึ่งทารกได้รับจากมารดาที่ได้รับไอโอดีนรังสีตาม ICRP Publication 60 พบว่าค่าที่ได้จากโปรแกรมการศึกษาในครั้งนี้สามารถรายงานได้ทุกกรณีศึกษา พร้อมทั้งแสดงถึงระดับความเสี่ยงในรูปแบบของร้อยละ ในขณะที่การประเมินความเสี่ยงในอดีตนั้นพบเพียงบางกรณีศึกษาเท่านั้น (ตารางที่ 8)

**ตารางที่ 8** แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีและความเสี่ยงที่คาดว่าทารกจะได้รับจากมารดาที่รักษาด้วยไอโอดีนรังสีจำนวน 5 ราย ทั้งจากการคำนวณด้วยมือโดยผู้เชี่ยวชาญและจากการใช้โปรแกรม

| Case no. | Fetus absorbed dose (mGy) | | Risk assessment official record | |
|---|---|---|---|---|
| | Expert's calculation | Computerized calculation | Expert's assessment | Computerized assessment |
| 1 | 377.4 | 377.4 | Yes | Yes |
| 2 | 377.4 | 377.4 | No | Yes |
| 3 | 0.21 | 0.21 | No | Yes |
| 4 | 0.59 | 0.59 | No | Yes |
| 5 | 29.0 | 29.4 | No | Yes |

## วิจารณ์

จากการศึกษาการคำนวณปริมาณรังสีและการประเมินความเสี่ยงที่ทารกได้รับจากมารดาในระหว่างการตั้งครรภ์ตามมาตรฐานของ IAEA โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยมือจากผู้เชี่ยวชาญในอดีตกับค่าที่ได้จากคำนวณด้วยโปรแกรม พบว่า ทั้งสองกรณีไม่มีความแตกต่างกันในแง่ของความถูกต้องในการคำนวณแต่การคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ใช้ระยะเวลาลดลงอย่างมากจากระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมงเหลือเพียงไม่เกิน 5 นาที เนื่องจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมใช้เพียงการกรอกข้อมูลผู้ป่วยที่ใช้ในการประเมินเพียง 6 ปัจจัยเท่านั้น อย่างไรก็ตามในต่างประเทศมีการพัฒนาโปรแกรมสำหรับคำนวณด้วยเช่นกันแต่เป็นแบบ commercial software[6] ซึ่งมีราคาแพงหรือโปรแกรมที่ใช้พัฒนานั้นไม่เป็นมิตรกับผู้ใช้งาน เช่น พัฒนามาจากภาษา Fortan 90[16] ดังนั้น การพัฒนาโปรแกรมในการศึกษานี้จึงสามารถช่วยลดขั้นตอนและความผิดพลาดที่มีโอกาสเกิดขึ้นจากการคำนวณเมื่อเกิดอุบัติการณ์ที่มารดาเกิดการตั้งครรภ์หรือให้นมบุตรขณะได้รับไอโอดีนรังสีและสามารถทำได้รวดเร็วขึ้นมาก นอกจากนั้นในการใช้โปรแกรมดังกล่าวสามารถประเมินความเสี่ยงที่คาดว่าทารกจะได้รับ รวมทั้งยังมีส่วนช่วยให้มีการรายงานผลที่ครบถ้วนสมบูรณ์เพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมประเมินผลกระทบได้อย่างรอบคอบเพิ่มมากขึ้น

## สรุป

การคำนวณปริมาณรังสีและประเมินความเสี่ยงที่ทารกได้จากมารดาที่ได้รับไอโอดีนรังสีด้วยโปรแกรมที่สร้างขึ้นนั้นสามารถทำได้ถูกต้องและรวดเร็วขึ้นมากภายใต้มาตรฐานของ IAEA โดยสิ่งดังกล่าวนี้เป็นสิ่งที่ต้องกระทำด้วยความรอบคอบเมื่อเกิดอุบัติการณ์ขึ้น เพราะจะทำให้รังสีแพทย์และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคนสามารถพิจารณาภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นได้อย่างรอบด้าน พร้อมทั้งให้คำปรึกษาเพื่อให้ผู้ป่วยเกิดความมั่นใจ นอกจากนั้นยังพบว่าการคำนวณด้วยการใช้โปรแกรมนี้ยังถูกจัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ส่งผลให้ง่ายต่อการจัดเก็บและสืบค้นข้อมูลในระยะยาวเพิ่มขึ้นอีกด้วย

## เอกสารอ้างอิง


1. หน่วยไทรอยด์คลินิก สาขาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล. การดูแลผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยสารเภสัชรังสี, 2010.
2. Imran SA, Rajaraman M. Management of Differentiated Thyroid Cancer in Pregnancy. Journal of Thyroid Research, 2011.
3. A. Mianji F, Karimi Diba J, Babakhani A. Fetus dose estimation in thyroid cancer post-surgical radioiodine therapy. Radiat Prot Dosimetry 2015; 163: 27-36.
4. International Commission on Radiological Protection 1994 (ICRP 94). Release of patients after therapy with unsealed radionuclides. Annals of the ICRP 2004; 1-79.
5. Administration of Radioactive Substances Advisory Committee. Notes for guidance on the clinical administration of radiopharmaceuticals and use of sealed radioactive sources, 2006.

6. Internal Sources - Nuclear Medicine. Available from: http://www.doseinfo-radar.com/RADAR-INT-NM.html. [Cited 2015 July 1]
7. Russell JR, Stabin MG, Sparks RB. Placental transfer of radiopharmaceuticals and dosimetry in pregnancy. Health Phys 1997; 73: 747-55.
8. Russell JR, Stabin MG, Sparks RB, Watson EE. Radiation absorbed dose to the embryo/fetus from radiopharmaceuticals. Health Phys 1997; 73: 756-69.
9. Watson EE. Radiation Absorbed Dose to the Human Fetal Thyroid. In: Fifth International Radiopharmaceutical Dosimetry Symposium Oak Ridge, Tennessee: Oak Ridge Associated Universities, 1992: 179-87.
10. Watson EE. Radiation dose estimates to the human fetal thyroid at various stages of develoepment. Journal of nuclear medicine : official publication, Society of Nuclear Medicine, 1983.
11. Stabin MG, Watson EE, Marcus CS, Salk RD. Radiation dosimetry for the adult female and fetus from iodine-131 administration in hyperthyroidism. J. Nucl Med 1991; 32: 808-13.
12. Rodriguez M. Development of a kinetic model and calculation of radiation dose estimates forsodium-iodide-131I in athyroid individuals. . Master's Project, Colorado State University, 1996.
13. Sparks RB, Stabin MG. Fetal radiation dose estimates for I-131 sodium iodide in cases where accidental conception occurs after administration. . Presented at the Sixth International Radiopharmaceutical Dosimetry Symposium held May 7-10, 1996 in Gatlinburg, TN; Oak Ridge Associated Unversities, 1999.
14. ICRP. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann ICRP 1991; 21: 1-201.
15. ICRP. Pregnancy and Medical Radiation. Ann ICRP 2000; 30: iii-viii, 1-43.
16. Bayram T, Sönmez B. A Computer Program for Calculation of Approximate Embryo/Fetus Radiation Dose in Nuclear Medicine Applications. Mol Imaging Radionucl Ther, 2012.