

# ความเหมาะสมในการลงทุนเพื่อนำเครื่องฉายรังสีโปรตอนมาใช้รักษาโรคมะเร็งในประเทศไทย

## Proton Radiation Therapy: is it necessary for Thailand?

ภูษิต ประคองสาย \*  
ศรีเพ็ญ ตันติเวสส \*  
วิโรจน์ ตั้งเจริญเสถียร \*

Phusit Prakongsai \*  
Sripen Tantivess \*  
Viroj Tangcharoensathien \*

### บทคัดย่อ

**ก**ารศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงประโยชน์และความเหมาะสมในการนำเครื่องฉายรังสีโปรตอนมาใช้สำหรับการรักษาโรคมะเร็งในประเทศไทย คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม 2543 โดยใช้การทบทวนเอกสารวิชาการและประสบการณ์ของการใช้รังสีโปรตอนในต่างประเทศ การสำมะโนสถานการณของหน่วยรังสีรักษาและความคิดเห็นของแพทย์รังสีรักษาทั่วประเทศ พบว่า ไม่มีรายงานการศึกษาทางคลินิกที่แสดงว่า รังสีโปรตอนมีประสิทธิภาพในการรักษาโรคมะเร็งเหนือกว่าวิธีการของรังสีรักษาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ในขณะที่การนำเครื่องฉายรังสีโปรตอนมาใช้ ประเทศไทยจะต้องมีความพร้อมของเงินทุน บุคลากรด้านรังสีรักษาและด้านฟิสิกส์เป็นจำนวนมากเพื่อใช้ในการลงทุน การบำรุงรักษาและดำเนินการในระยะยาว เมื่อศึกษาความต้องการด้านรังสีรักษาพบว่า เครื่องมือด้านรังสีรักษาและวิธีการรักษาที่มีอยู่ในปัจจุบันสามารถให้การรักษาโรคมะเร็งส่วนใหญ่ได้เกือบทั้งหมด ในขณะที่ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี พบผู้ป่วยโรคมะเร็งที่อาจมีความจำเป็นในการใช้รังสีโปรตอนจำนวนน้อยมาก ในด้านทรัพยากรของหน่วยรังสีรักษาพบว่ายังมีความขาดแคลนบุคลากรและเครื่องมือพื้นฐานในการให้บริการกับประชาชน ซึ่งการนำงบประมาณไปใช้ในการลงทุนกับเครื่องมือที่มีราคาแพงโดยละเลยการแก้ไขปัญหาความขาดแคลนพื้นฐานเป็นสิ่งที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้ มีความเป็นไปได้น้อยมากที่ผู้ป่วยโรคมะเร็งจะสามารถชำระค่าบริการและเข้าถึงบริการของรังสีโปรตอนได้ การศึกษาครั้งนี้เป็นตัวอย่างหนึ่งของการประเมินเทคโนโลยีสุขภาพและเชื่อมโยงผลการศึกษาทางวิชาการไปสู่การตัดสินใจเชิงนโยบาย ซึ่งในที่สุด กระทรวงสาธารณสุขได้มีมติระงับการจัดซื้อเครื่องฉายรังสีโปรตอนเพื่อนำมาใช้รักษาโรคมะเร็งในประเทศไทย ข้อเสนอแนะที่สำคัญของการศึกษานี้คือ การแก้ไขปัญหาทางด้านรังสีรักษา การวางแผนที่ชัดเจนสำหรับการลงทุนเครื่องมือแพทย์ที่มีราคาแพงตามความจำเป็นของประเทศ และควรมีการจัดตั้งคณะกรรมการประเมินเทคโนโลยีทางสุขภาพอย่างเร่งด่วนในอนาคต

\* โครงการเมธีวิจัยอาวุโส  
ด้านเศรษฐศาสตร์และการคลัง  
สาธารณสุข สำนักงานพัฒนา  
นโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ  
\* Senior Research Scholar  
Program, Health Systems  
Research Institute,  
Thailand

## Abstract

This study is of the evaluation of usefulness and appropriateness of Proton Radiation Therapy for cancer treatment in Thailand. This project was evaluated during June - August 2000 by using 3 procedures. The first was to review the literature, prior studies and experiences of other countries that have already used Proton Radiation Therapy in term of benefits and efficacy. The second procedure was to research the types and the magnitudes of cancer patients in all of the radiation therapy units in the country during 1997-1999. This included noting the existing and expected resources and ability to pay of cancer patient in each radiation therapy unit. The last procedure was to ask for the opinion of the Radiation Therapists in the country to determine the appropriateness and usefulness of Proton Radiation Therapy for cancer treatment in Thailand. The one result revealed that the clinical benefits of Proton Radiation Therapy were unclear and the trend of using Proton Radiation Therapy would be turned down because of economic factors. Other results showed that Proton Radiation Therapy would not be useful and relevant to the cancer patients and problems in Thailand. The study founded that most of the cancer patients were very poor and had no resources available to pay the rate of 350,000 Baht (~8,000 USD) per person for Proton Radiation Therapy. The lack of basic instruments and personnel, especially Radiation Therapists and Medical Physicists, should be the first priority that National Cancer Institute (NCI) investigates before investing in expensive technology. This study could be one example of technology assessment and getting research into policies. Furthermore, the MOPH decided to reject the Proton Investment Project of NCI after considering this study. There were three suggestions from this study, which were urgent problems solving of radiation therapy for cancer, clear facilities planning of high cost technologies and the establishment of technology assessment committee.

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา  
“รังสีรักษา” เป็นวิธีการหนึ่งในการรักษาโรคมะเร็งซึ่งเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญในปัจจุบัน โดย

หน่วยรังสีรักษาในประเทศไทยทั้งในภาครัฐและเอกชนมีทั้งสิ้นจำนวน 26 หน่วยทั่วประเทศ ส่วนใหญ่จะมีที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครถึง 14 หน่วยและตั้งอยู่ในต่าง

จังหวัดจำนวนเพียง 12 หน่วย เป็นหน่วยรังสีรักษาของ  
ภาครัฐจำนวน 19 แห่งและเป็นของเอกชนเพียง 7 แห่ง  
หน่วยรังสีรักษาส่วนใหญ่จะมีปัญหาความขาดแคลนใน  
ด้านเครื่องมือและบุคลากร ทำให้ผู้ป่วยต้องใช้ระยะเวลา  
ในการรอคอยการรักษาบางแห่งนาน 3-6 เดือน ทั้งนี้สืบ  
เนื่องจากเครื่องมือทางด้านรังสีรักษาเป็นเครื่องมือที่ราคา  
แพง มีการลงทุนสูงและมีการขาดแคลนบุคลากรด้านรังสี  
รักษา เช่น แพทย์รังสีรักษา นักฟิสิกส์การแพทย์ นอก  
จากนี้แพทย์สาขารังสีรักษาเป็นแพทย์เฉพาะทางที่ไม่ได้รับ  
ความนิยมในการศึกษาต่อของแพทย์ในปัจจุบัน

ในปัจจุบัน นอกจากการพัฒนาความแม่นยำของ  
เครื่องฉายรังสีรักษาให้เกิดความปลอดภัยและลดผลข้าง  
เคียงต่างๆ ต่อผู้ป่วยแล้ว ยังมีความพยายามค้นคว้าและ  
พัฒนารังสีชนิดอื่นๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและลดผล  
ข้างเคียงมากขึ้น เช่น รังสีโปรตอน, รังสีนิวตรอน เป็นต้น  
สำหรับรังสีโปรตอนได้ถูกค้นพบและนำมาใช้บำบัดรักษา  
ผู้ป่วยในต่างประเทศมาเป็นระยะเวลานานเกือบ 50 ปี โดย  
มีการอ้างอิงว่า สามารถช่วยลดการทำลายเนื้อเยื่อและ  
อวัยวะปกติข้างเคียงและใช้ได้ผลดีกับก้อนมะเร็งที่อยู่ลึก  
เข้าไปในอวัยวะสำคัญ และไม่ทำให้เกิดปัญหาผิวหนังไหม้  
เกรียม แต่เครื่องฉายรังสีโปรตอนไม่ได้รับความนิยมน  
อย่างกว้างขวาง เนื่องจากปัญหามูลค่าการลงทุนที่ค่อนข้าง  
สูง รวมทั้งความจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความรู้และ  
ความชำนาญสูงหลายประเภทในการควบคุมดูแลและบำรุง  
รักษาเครื่องมืองดังกล่าว

ในปีงบประมาณ 2543 สถาบันมะเร็งแห่งชาติ  
กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขได้เสนอโครงการ  
รักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งด้วยรังสีโปรตอนขึ้น โดยบรรจุไว้ใน  
แผนโครงการเงินกู้ต่างประเทศ 3 ปี (พ.ศ.2545-2547)  
เป็นวงเงินทั้งสิ้น 4,500 ล้านบาท<sup>(1)</sup> กระทรวงสาธารณสุข

สุขได้มีคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อพิจารณากลับ  
กรองโครงการจัดหา Proton Therapy Plant และคณะ  
อนุกรรมการฯ ได้มอบหมายให้โครงการเมธีวิจัยอาวุโส  
ด้านเศรษฐศาสตร์การคลังสาธารณสุขดำเนินการศึกษา  
วิเคราะห์ถึงประโยชน์และความเหมาะสมในการจัดซื้อ  
เครื่องฉายรังสีโปรตอนดังกล่าว การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการ  
ศึกษาเพื่อสนองตอบต่อคำถามเชิงนโยบายการลงทุนด้าน  
สุขภาพและการประเมินความเหมาะสมของการใช้  
เทคโนโลยีสุขภาพดังกล่าวในประเทศไทย

## วัตถุประสงค์การศึกษา

### 1. วัตถุประสงค์หลัก

เพื่อศึกษาถึงประโยชน์ ความเหมาะสม และ  
ความจำเป็นในการลงทุนจัดซื้อเครื่องฉายรังสีโปรตอนเพื่อ  
ใช้สำหรับการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งในประเทศไทย

### 2. วัตถุประสงค์เฉพาะ

2.1 เพื่อศึกษาจำนวนและลักษณะของผู้ป่วย  
โรคมะเร็ง 5 อันดับแรกที่เข้ารับการรักษาในหน่วยรังสี  
รักษาทั่วประเทศ 3 ปีย้อนหลัง (ปี 2540-2542)

2.2 เพื่อประเมินความคิดเห็นของแพทย์  
ผู้เชี่ยวชาญด้านรังสีรักษา ถึงความจำเป็นในการใช้เครื่อง  
ฉายรังสีโปรตอนเพื่อการรักษาโรคมะเร็งชนิดและตำแหน่ง  
ต่างๆ เปรียบเทียบกับวิธีการบำบัดทางรังสีรักษาปัจจุบัน  
ที่มีอยู่ในประเทศไทย

2.3 เพื่อศึกษาสถานการณ์ทรัพยากรด้าน  
เครื่องมือและบุคลากร ตลอดจนความต้องการทรัพยากร  
ด้านรังสีรักษาของหน่วยรังสีรักษาทั่วประเทศ

## วิธีการศึกษา

### 1. ทบทวนเอกสารทางวิชาการและประสบการณ์

จากต่างประเทศในด้านประสิทธิภาพของรังสีโปรตอนเพื่อใช้ในการรักษาโรคมะเร็ง

2. สำนะโนสถานการณของหน่วยรังสีรักษาทั่วประเทศ จำนวน 26 หน่วย ในด้านของจำนวนและลักษณะของผู้ป่วยโรคมะเร็ง 3 ปีย้อนหลัง (ปี 2540-2542) สถานการณ์ทรัพยากรด้านเครื่องมือและบุคลากรในปัจจุบัน รวมทั้งความต้องการในอนาคต และความสามารถในการจ่ายค่าบริการของผู้ป่วยรังสีรักษา โดยใช้การตอบแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์

3. สำนะโนความคิดเห็นเกี่ยวกับความจำเป็นในการใช้เครื่องฉายรังสีโปรตอนเพื่อรักษาโรคมะเร็งเปรียบเทียบกับวิธีการบำบัดทางรังสีรักษาในปัจจุบัน ของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านรังสีรักษาทุกคนทั่วประเทศ โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์

4. การสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับข้อมูลทางวิชาการและความคิดเห็นเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญด้านรังสีรักษาและแพทย์ผู้แทนสมาคมรังสีรักษาแห่งประเทศไทย

## ผลการศึกษา

### 1. ทบทวนวรรณกรรม

#### 1.1 คุณสมบัติและวิวัฒนาการของรังสีโปรตอน

ในปัจจุบัน รังสีเอกซ์หรือรังสีโฟตอนที่ใช้ในการแพทย์เป็นรังสีชนิดไม่มีอนุภาค ที่เกิดขึ้นจากการเร่งอิเล็กตรอนแล้วให้เปลี่ยนระดับของวงโคจรรอบนิวเคลียสอย่างกะทันหัน ทำให้มีการปลดปล่อยพลังงานออกมา ในขณะที่รังสีโปรตอนเป็นรังสีอนุภาคที่เกิดจากการเร่งอนุภาคโปรตอน โดยลักษณะของรังสีโปรตอนจะมีการกระจายของรังสีในเนื้อเยื่อแตกต่างจากรังสีเอกซ์หรือรังสีโฟตอนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ รังสีเอกซ์จะให้ปริมาณรังสีสูงสุดบริเวณผิวของร่างกายและปริมาณของรังสีจะค่อยๆลดลงขณะที่

ลำแสงผ่านร่างกาย ในขณะที่รังสีโปรตอนจะมีลักษณะพิเศษ เรียกว่า Bragg's Peak คือให้ปริมาณรังสีสูงสุดบริเวณก้อนมะเร็งและไม่มีรังสีผ่านเลยก้อนมะเร็งออกไป (รูปที่ 1) จึงทำให้เกิดผลข้างเคียงต่อผิวหนังและเนื้อเยื่อรอบข้างน้อยกว่า รังสีโปรตอนจึงเหมาะสำหรับใช้ในการรักษาเนื้องอกหรือมะเร็งที่อยู่ลึกเข้าไปในอวัยวะที่สำคัญซึ่งไม่สามารถผ่าตัดและไม่ต้องการให้รังสีผ่านไปที่กระเพาะส่วนอื่นๆ ข้างเคียง<sup>(2)</sup>

ในต่างประเทศ ได้มีการนำเครื่องฉายรังสีโปรตอนมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ในรูปแบบของผลพลอยได้จากภาควิชาฟิสิกส์ การประยุกต์เพื่อใช้ประโยชน์ทางการแพทย์เริ่มต้นครั้งแรกที่ Lawrence Berkeley Laboratory รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา เมื่อปี พ.ศ. 2497 จนกระทั่งในปัจจุบันทั่วโลกมีสถาบันและโรงพยาบาลที่ให้บริการรังสีรักษาด้วยเครื่องฉายรังสีโปรตอนจำนวน 23 แห่งและอยู่ระหว่างดำเนินการ 6 แห่ง<sup>(3)</sup>

#### 1.2 จำนวนและการกระจายของเครื่องฉายรังสีโปรตอนทั่วโลก

จากการรวบรวมข้อมูลต่างประเทศพบว่า ประเทศที่มีเครื่องฉายรังสีโปรตอนเป็นประเทศในทวีปยุโรปและอเมริกาเหนือ รวมทั้ง ญี่ปุ่น, จีน, รัสเซีย และแอฟริกาใต้ ซึ่งทุกประเทศจะมีฐานความรู้ทางด้านฟิสิกส์และรายได้ประชาชาติที่ค่อนข้างสูง ในขณะที่ประเทศจีนซึ่งมีพลเมืองกว่า 1,200 ล้านคน ทำให้มีความคุ้มค่าในการที่จะลงทุนกับเครื่องฉายรังสีโปรตอน ดังแสดงในตารางที่ 1

#### 1.3 ประสิทธิภาพด้านการรักษาของเครื่องฉายรังสีโปรตอน

แม้ว่ารังสีโปรตอนจะมีลักษณะพิเศษคือ Bragg's

273

7

10

127

31

82

59

59

9

43

147

62

1,254

Peak ที่เหมาะสมจะใช้ในการรักษาเนื้องอกหรือมะเร็งที่อยู่ลึก

เข้าไปในอวัยวะสำคัญ เช่น สมอง, ฐานกระโหลกศีรษะ, ไชสันหลัง, ลูกตา และ มะเร็งหรือเนื้องอกในเด็ก แต่อย่างไรก็ตาม Perez CA and Brady LW<sup>(4)</sup> ได้ระบุไว้ว่าแนวโน้มในอนาคตของเครื่องฉายรังสีโปรตอนอาจจะได้รับการพัฒนาเพื่อใช้สำหรับการรักษาโรคมะเร็งในต่างประเทศน้อยลง เนื่องจากปัจจัยด้านราคาซึ่งสูงมากและปัญหาความไม่ชัดเจนในด้านข้อบ่งชี้ ทั้งนี้เนื่องจากมีการพัฒนาเทคนิคการฉายรังสีรักษาโดยใช้เครื่องมือในปัจจุบัน คือ เครื่อง Linear accelerator (LINAC) ให้สามารถพัฒนาลำแสงเข้าได้หลายทิศทาง, หลายระนาบและครอบคลุมเฉพาะก้อนมะเร็ง ทำให้มีประสิทธิภาพในการรักษารวมทั้งการลดผลข้างเคียงต่อเนื้อเยื่อรอบข้างได้ใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับเครื่องฉายรังสีโปรตอน จึงทำให้ข้อบ่งชี้ของการรักษาด้วยรังสีโปรตอนลดน้อยลงไปมาก ในขณะเดียวกันเครื่องฉายรังสีโปรตอนนั้นต้องการบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านเป็นจำนวนมากกว่า ที่สำคัญ จากการศึกษาเอกสารทางวิชาการที่รายงานเกี่ยวกับการใช้รังสีโปรตอนเพื่อการรักษาผู้ป่วยในวารสารต่างประเทศ พบว่าเกือบทั้งหมดอยู่ในขั้นการทดลองทางคลินิก (Clinical trial) phase 1-2 หรือเป็นเพียงบทปฏิบัติการ (Review article), รายงานกรณีศึกษา (Case report) เท่านั้น<sup>(5-14)</sup>

Shiple WU, Verhey LJ, Munzenrider JE, et al.<sup>(15)</sup> ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างรังสีโฟตอนกับรังสีโปรตอนในผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากจำนวน 197 ราย แบบ Randomized trial (Clinical trial phase 3) พบว่า ไม่มีความแตกต่างในแง่การควบคุมเฉพาะที่ และอัตราการรอด ในขณะที่กลุ่มซึ่งได้รับรังสีโปรตอนกลับมีผลข้างเคียงคือ เลือดออกทางทวารหนัก (Rectal bleeding) และท่อปัสสาวะตีบ (Urethral stricture)

มากกว่ารังสีโฟตอน

#### 1.4 มูลค่าในการลงทุนและราคาค่าบริการบำบัดรักษาในต่างประเทศ

บริษัท Optivus Technology ผู้ดำเนินการติดตั้งเครื่องฉายรังสีโปรตอนในสหรัฐอเมริกา ได้ให้ข้อมูลต้นทุนในการจัดสร้างหน่วยรังสีโปรตอน ว่ามีต้นทุนประมาณ 2,200-4,400 ล้านบาทหรือ 50-100 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (1 เหรียญสหรัฐ = 44 บาท) ขึ้นอยู่กับจำนวน Gantry หรือทางออกของรังสี, จำนวนห้องปฏิบัติการรักษาและความต้องการใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ส่วนในด้านอัตราค่าบริการนั้น มหาวิทยาลัยฮาวาร์ดคิดค่าบริการ 39,600-44,000 บาท (900-1,000 เหรียญสหรัฐ) ต่อการฉายรังสีหนึ่งครั้ง ในขณะที่หน่วยรังสีโปรตอนในประเทศแอฟริกาใต้ คิดค่าบริการ Course ละประมาณ 39,600-211,000 บาท (900-4,800 เหรียญสหรัฐ)<sup>(3)</sup> สำหรับสถาบันมะเร็งแห่งชาติได้กำหนดค่าบริการในผู้ป่วยคนไทยโดยประมาณรายละ 350,000 บาท (~8,000 เหรียญสหรัฐ) และจำนวนเงินลงทุนโครงการไว้ที่ 4,500 ล้านบาท (~102 ล้านดอลลาร์สหรัฐ) ซึ่งเงินลงทุนดังกล่าวเป็นเงินลงทุนสำหรับตัวอาคาร เครื่องฉายรังสีโปรตอน ค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมบุคลากรเป็นเวลา 3 ปีและค่าบำรุงรักษาเครื่องใน 2 ปีแรก ทั้งนี้ยังไม่รวมค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้เชี่ยวชาญและที่ปรึกษาทั้งในและต่างประเทศ ค่าจ้างบุคลากร ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการปีละประมาณ 50 ล้านบาท และค่าพลังงานไฟฟ้าในการดำเนินการปีละประมาณ 5 ล้านบาท/โวลต์-ชั่วโมง<sup>(3)</sup>

#### 1.5 ความต้องการทางด้านบุคลากร

ศ.พญ. พวงทอง ไกรพิบูลย์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดีและคณะ<sup>(3)</sup> ได้ประมาณการบุคลากรที่จำเป็นขั้นต้นที่สุดในการให้การรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งด้วย

รังสีโปรตอนว่า ประกอบด้วย

1. บุคลากรด้านแพทย์ ได้แก่ แพทย์รังสีรักษา, แพทย์รังสีวินิจฉัย และแพทย์เวชศาสตร์นิวเคลียร์ จำนวน 2-3 คน/สาขา

2. บุคลากรด้านฟิสิกส์ ได้แก่ นักฟิสิกส์การแพทย์ระดับปริญญาเอก 1 คน, ปริญญาโทจำนวน 2 คน และนักฟิสิกส์ปริญญาเอกด้านโปรตอน 1 คน

3. บุคลากรด้านอื่นๆ เช่น นักคำนวณปริมาณรังสี (Dosimetrist) ระดับปริญญาโท 2 คน, วิศวกรระดับปริญญาโท จำนวน 5 คน, ช่างเทคนิค 6 คน, นักรังสีเทคนิค, นักเวชศาสตร์นิวเคลียร์และพยาบาลอีกจำนวนมาก

ซึ่งบุคลากรผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้จะต้องได้รับการฝึกงานทางด้านรังสีโปรตอนในต่างประเทศอย่างน้อยคนละ 6-12 เดือน ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่อยู่ในสภาพขาดแคลน ไม่เพียงพอกับความต้องการภายในประเทศ และบางสาขายังไม่มีในประเทศไทย นอกจากนี้ ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการเตรียมบุคลากรและจำนวนเงินงบประมาณที่ต้องใช้ในการลงทุนเพื่อพัฒนาบุคลากรเหล่านี้ เป็นจำนวนที่สูงมาก

## 2. ขนาดของปัญหาที่ต้องการบริการด้านรังสีรักษา

เมื่อทำการสำมะโนหน่วยรังสีรักษาทั่วประเทศพบว่า มีหน่วยรังสีรักษาให้ความร่วมมือตอบแบบสำรวจจำนวน 20 หน่วยจากทั้งหมด 26 หน่วย คิดเป็นร้อยละ 77 โดยหน่วยรังสีรักษาสังกัดทบวงมหาวิทยาลัยและสถาบันมะเร็งแห่งชาติ รับภาระผู้ป่วยรายใหม่ด้านรังสีรักษาประมาณ 1,000-1,800 รายต่อแห่งต่อปี เฉลี่ย 1,291 รายต่อแห่งต่อปี ในขณะที่หน่วยงานบริการภาครัฐมีภาระผู้ป่วยใหม่เฉลี่ย 627 รายต่อแห่งต่อปี และโรงพยาบาลเอกชนมีภาระผู้ป่วยใหม่น้อยที่สุด คือ 126 รายต่อแห่ง

ต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่า แนวโน้มในภาพรวม จำนวนของผู้ป่วยใหม่ที่เข้ารับการบำบัดด้วยรังสีรักษามีจำนวนเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 11 ต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 2

ในภาพรวมของหน่วยรังสีรักษาทุกประเภทตลอดระยะเวลา 3 ปี คือ ปี 2540-2542 พบว่าผู้ป่วยโรคมะเร็งที่เข้ามารับการรักษา 4 อันดับแรก ไม่มีการเปลี่ยนแปลง คือ เป็นมะเร็งที่ปากมดลูก, เต้านม, ปอด และคอ/ศีรษะ ตามลำดับ ส่วนอันดับ 5 จะเป็นมะเร็งแพร่กระจาย, ระบบทางเดินอาหาร หรือ มะเร็งในระบบเลือด โดยเมื่อรวมผู้ป่วยโรคมะเร็ง 5 อันดับแรกที่มาบำบัดรังสีรักษาใน 3 ปีที่ผ่านมา จะเป็นสัดส่วนประมาณ 48-53% ของโรคมะเร็งทุกชนิดที่มารับการรักษาโดยวิธีรังสีรักษาในแต่ละปี ดังแสดงในตารางที่ 3

## 3. ทรัพยากรด้านรังสีรักษาของประเทศไทย : บุคลากรและเครื่องมือ

จากการรวบรวมข้อมูลสถิติภูมิและการสำรวจบุคลากรด้านรังสีรักษา พบว่า หน่วยรังสีรักษาสังกัดทบวงมหาวิทยาลัยมีแพทย์รังสีรักษาเฉลี่ยต่อแห่งมากที่สุด คือ 4.3 คนต่อแห่ง รองลงมาคือ หน่วยรังสีรักษาสังกัดกระทรวงสาธารณสุขและสังกัดโรงพยาบาลเอกชนตามลำดับ โดยหน่วยรังสีรักษาของภาครัฐโดยเฉพาะศูนย์ป้องกันและควบคุมมะเร็งทั้ง 7 แห่งในภูมิภาคประสบปัญหาขาดแคลนบุคลากรทั้งแพทย์รังสีรักษาและนักฟิสิกส์การแพทย์อย่างรุนแรง บางแห่งไม่มีแพทย์รังสีรักษาหรือนักฟิสิกส์การแพทย์ที่ทำงานเต็มเวลา ต้องจัดหาบุคลากรจากหน่วยงานอื่นมาทำงานช่วงเวลา (Part time) ส่วนหน่วยรังสีรักษาในโรงพยาบาลเอกชนจะมีแพทย์รังสีรักษาทำงานในลักษณะเป็นช่วงเวลาในสัดส่วนที่สูงกว่าหน่วยรังสีรักษาในภาครัฐ เมื่อพิจารณาข้อมูลของบุคลากรอื่นๆ ได้แก่ นักฟิสิกส์การแพทย์, นักรังสีเทคนิค และเจ้าหน้าที่รังสี

ตารางที่ 2 จำนวนผู้ป่วยใหม่ของหน่วยรังสีรักษาทุกประเภท ปีงบประมาณ 2540 ถึง 2542

ประเภทของหน่วยรังสีรักษา	ปีงบประมาณ 2540 (ราย)	ปีงบประมาณ 2541 (ราย)	ปีงบประมาณ 2542 (ราย)	จำนวนผู้ป่วยใหม่ เฉลี่ย (ราย/แห่ง/ปี)
สังกัดทบวงมหาวิทยาลัย (n=6)	7,853	7,538	7,854	1,291
หน่วยงานบริการภาครัฐ* (n =9)	3,529	5,189	6,340	627
โรงพยาบาลเอกชน (n = 5)	625	607	656	126
<b>รวม (n = 20)</b>	<b>10,792</b>	<b>12,039</b>	<b>13,621</b>	<b>675</b>
% ผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้น	NA	11 %	11 %	-

หมายเหตุ หน่วยงานบริการภาครัฐ ได้แก่ ศูนย์ป้องกันและควบคุมโรคมะเร็งในส่วนภูมิภาค 7 แห่ง, โรงพยาบาล  
มหาสารคามราชสีมา, โรงพยาบาลราชวิถี, โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า และโรงพยาบาลภูมิพล

ตารางที่ 3 จำนวนผู้ป่วยมะเร็งของหน่วยรังสีรักษาทุกประเภท (n = 20) จำแนกตามตำแหน่งของมะเร็งที่พบบ่อย 5 อันดับแรก ปีงบประมาณ 2540 ถึง 2542

ลำดับ	ปีงบประมาณ 2540		ปีงบประมาณ 2541		ปีงบประมาณ 2542	
	ตำแหน่งของมะเร็ง	จำนวน ผู้ป่วย (ราย)	ตำแหน่งของมะเร็ง	จำนวน ผู้ป่วย (ราย)	ตำแหน่งของมะเร็ง	จำนวน ผู้ป่วย (ราย)
1	ปากมดลูก	2,222	ปากมดลูก	2,409	ปากมดลูก	2,399
2	เต้านม	1,084	เต้านม	1,430	เต้านม	1,676
3	ปอด	1,039	ปอด	1,128	ปอด	1,426
4	คอ/ศีรษะ	806	คอ/ศีรษะ	1,084	คอ/ศีรษะ	1,311
5	มะเร็งแพร่กระจาย	102	ระบบทางเดินอาหาร	135	ระบบเลือด	327
	รวมมะเร็ง 5 อันดับแรก	5,253 (48.7%)*	รวมมะเร็ง 5 อันดับแรก	6,186 (51.4%)*	รวมมะเร็ง 5 อันดับแรก	7,139 (52.4%)*
	ผู้ป่วยมะเร็งทุกประเภท	10,792	ผู้ป่วยมะเร็งทุกประเภท	12,039	ผู้ป่วยมะเร็งทุกประเภท	13,621

หมายเหตุ \* สัดส่วนของผู้ป่วยมะเร็ง 5 อันดับแรกต่อผู้ป่วยมะเร็งทุกประเภทที่มารับการบำบัดรังสีรักษา



เทคนิค พบว่า หน่วยรังสีรักษาสังกัดทบวงมหาวิทยาลัย มีบุคลากรทุกประเภทเฉลี่ยต่อแห่งสูงมากกว่าหน่วยรังสีรักษาในสังกัดอื่นๆ ดังตารางที่ 4

เมื่อทำการสอบถามความต้องการของบุคลากรด้านรังสีรักษาใน 3 ปีข้างหน้า พบว่า มีความต้องการบุคลากรทำงานเต็มเวลา ได้แก่ แพทย์รังสีรักษาเพิ่มขึ้น 21 คน จากที่มีอยู่ 47 คนในปัจจุบัน และต้องการนักฟิสิกส์การแพทย์เพิ่มขึ้นอีก 17 คนจากปัจจุบันมีอยู่ทั้งหมด 33 คน

ในด้านทรัพยากรเครื่องมือด้านรังสีรักษา ในภาพรวมแม้ว่า หน่วยรังสีรักษาจะมีเครื่องมือที่ค่อนข้างครบ และกระจายตามหน่วยรังสีรักษาทั่วประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 5 แต่สภาพเครื่องมือของหน่วยรังสีรักษาสังกัดทบวงมหาวิทยาลัยและของสถาบันมะเร็งแห่งชาติอยู่ในสภาพเก่าและมีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างนาน ซึ่งจะประสบปัญหาการของบประมาณในการจัดซื้อเครื่องมือทดแทน เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่มีราคาแพง ในขณะที่หน่วยรังสีรักษาของกระทรวงสาธารณสุขจะมีการจัดซื้อเครื่องมือไว้ค่อนข้างครบถ้วน แต่กลับประสบปัญหาด้านการขาดแคลนบุคลากร ทำให้ไม่สามารถใช้เครื่องมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ บางแห่งเครื่องมือถูกปล่อยทิ้งโดยมิได้ใช้งาน และสารกัมมันตภาพรังสีที่เป็นแหล่งปล่อยรังสีก็ถูกปล่อยให้หมดอายุโดยเปล่าประโยชน์ เมื่อทำการสอบถามความต้องการเครื่องมือด้านรังสีรักษาในอีก 3 ปีข้างหน้า พบว่า ยังมีความต้องการเครื่องมือด้านรังสีรักษาพื้นฐาน เช่น เครื่องฝังแร่ เครื่อง Cobalt-60 เครื่องเร่งอนุภาค LINAC เป็นวงเงินประมาณ 400 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 9 ของวงเงิน 4,500 ล้านบาท

#### 4. สถานะความสามารถในการจ่ายค่าบริการของผู้ป่วยรังสีรักษา

เมื่อทำการเก็บข้อมูลความสามารถในการจ่ายค่าบริการด้านรังสีรักษาของผู้ป่วย จากผู้รับผิดชอบด้านการเงินในหน่วยรังสีรักษา พบว่า ในภาพรวม ผู้ป่วยประมาณร้อยละ 30 ไม่สามารถชำระค่าบริการได้เลย และประมาณร้อยละ 27 สามารถชำระได้เพียงบางส่วน โดยหน่วยงานบริการภาครัฐมีส่วนของผู้ป่วยที่ไม่สามารถชำระค่าบริการได้เลยสูงสุด คือ ร้อยละ 39 ของผู้ป่วยทั้งหมด ซึ่งจากการสอบถามค่านำบัตรรักษาของหน่วยรังสีรักษา สถาบันมะเร็งแห่งชาติพบว่า ค่านำบัตรรักษาด้วยเครื่องรังสี Cobalt-60 และเครื่องฝังแร่ในการรักษามะเร็งโพรงหลังจมูกและมะเร็งปากมดลูกตามลำดับ ราคาสูงสุดอยู่ที่ 24,000 บาทต่อราย ในขณะที่เครื่องเร่งอนุภาค LINAC จะมีราคาค่านำบัตรรักษาแพงที่สุดในการรักษามะเร็งโพรงหลังจมูก เท่ากับ 45,000 บาทต่อราย<sup>(16)</sup>

#### 5. ความคิดเห็นในการใช้รังสีโปรตอนเพื่อการรักษาโรคมะเร็งในประเทศไทย

เมื่อทำการสอบถามแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านรังสีรักษาทั่วประเทศจำนวน 72 คน ถึงชนิดและตำแหน่งของโรคมะเร็ง 45 รายการที่บริษัทผู้จำหน่ายเครื่องฉายรังสีโปรตอนและสถาบันมะเร็งแห่งชาติอ้างว่ามีความจำเป็นในการใช้รังสีโปรตอนเพื่อการบำบัดรักษา พบว่า แพทย์รังสีรักษา 45 คนคิดเป็นร้อยละ 63 ที่ตอบกลับแบบสอบถามให้ความเห็นว่า ไม่มีชนิดหรือตำแหน่งใดเลยใน 45 รายการของโรคมะเร็งที่อ้างถึง จำเป็นต้องใช้รังสีโปรตอนในการรักษาเท่านั้น และเครื่องฉายรังสีรักษาในปัจจุบันสามารถให้การรักษาได้ครอบคลุมเกือบทั้งหมด มีเพียง 3 รายการของมะเร็งที่แพทย์รังสีรักษาบางท่าน (ประมาณร้อยละ 7) เห็นว่า เครื่องฉายรังสีโปรตอนมีความจำเป็นมาก ซึ่งเมื่อ

0.3

คู่ตัวเลขจำนวนผู้ป่วยมะเร็ง 3 ชนิดนี้ 3 ปีซ้อนหลังจาก หน่วยรังสีรักษาที่ส่งข้อมูลมา 18 แห่ง พบว่ามีผู้ป่วยน้อย มากหรือแทบไม่พบผู้ป่วยเลย ดังแสดงในตารางที่ 6

## 6. การนำผลการศึกษาไปใช้ในการตัดสินใจเชิงนโยบาย

ภายหลังจากทำการศึกษา ทางคณะผู้วิจัยได้นำ เสนอผลการศึกษาต่อคณะกรรมการเพื่อพิจารณากลั่น กรองโครงการจัดทำ Proton Therapy Plant และที่ ประชุมได้มีมติเห็นชอบที่จะให้มีการระดมการกู้เงินเพื่อนำ มาลงทุนในการจัดซื้อเครื่องฉายรังสีโปรตอนเพื่อนำมาใช้ใน การรักษาโรคมะเร็งในประเทศไทย เนื่องจากพบว่าไม่มี ประสิทธิภาพที่แน่ชัด และไม่สอดคล้องกับสภาพปัญหาโรค มะเร็งและศักยภาพของประเทศ หลังจากนั้น ประธาน คณะอนุกรรมการฯ ได้นำเสนอมติและผลการศึกษา ของอนุกรรมการฯ ให้กับคณะกรรมการจัดทำแผนแม่บท และพิจารณากลั่นกรองโครงการเงินกู้กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งคณะกรรมการได้ลงมติเห็นชอบกับข้อเสนอของคณะ อนุกรรมการฯ จึงทำให้การจัดซื้อเครื่องฉายรังสีโปรตอน เพื่อนำมาใช้ในการรักษาโรคมะเร็งในประเทศไทยต้อง ถูกระงับไปตามข้อเท็จจริงที่คณะอนุกรรมการฯ ได้นำเสนอ

และคณะกรรมการจัดทำแผนแม่บทฯ ได้เห็นชอบ

## อภิปรายผล

1. จากการทบทวนเอกสารวิชาการและประสพ- การณ์ต่างประเทศ พบว่า ประสิทธิภาพของการใช้รังสี โปรตอนเพื่อการรักษาโรคมะเร็งในต่างประเทศนั้นยังไม่แน่ ชัด แม้ว่ารังสีโปรตอนจะมีข้อดีในด้าน Bragg's peak ก็ตาม นอกจากนี้การนำเครื่องฉายรังสีโปรตอนมาใช้ใน ประเทศจะต้องมีความพร้อมของบุคลากรในด้านรังสีรักษา และทางฟิสิกส์เป็นจำนวนมาก และต้องมีความพร้อมทาง ด้านการเงินในการลงทุน การบำรุงรักษาและดำเนินการใน ระยะยาว

2. ในปัจจุบัน เครื่องมือด้านรังสีรักษาที่มีอยู่ใน ประเทศไทยสามารถให้การบำบัดรักษาโรคมะเร็งส่วนใหญ่ ที่มารับการรักษาที่หน่วยรังสีรักษาได้ครอบคลุมเกือบ ทั้งหมด โดยโรคมะเร็งที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรกคิด เป็นประมาณครึ่งหนึ่งของผู้ป่วยมะเร็งทุกประเภท ใน ปัจจุบันมีวิธีการทางรังสีรักษาที่มีประสิทธิภาพและ ประสิทธิภาพแล้ว นอกจากนี้ ชนิดของโรคมะเร็งที่แพทย์ รังสีรักษาบางส่วนให้ความเห็นว่าเครื่องฉายรังสีโปรตอน

ตารางที่ 6 ชนิด/ตำแหน่งของมะเร็ง และจำนวนผู้ป่วยที่แพทย์รังสีรักษา(ร้อยละ 7) มีความเห็นว่า เครื่องฉายรังสีโปรตอนมีความ จำเป็นในการรักษาอยู่บ้าง

ชนิดและตำแหน่งของมะเร็ง	จำนวนของผู้ป่วยที่สำรวจจากหน่วยรังสีรักษา 18 แห่ง		
	ปี 2540(คน)	ปี 2541(คน)	ปี 2542(คน)
● Choroidal Melanoma	1	0	0
● Macular Degeneration	0	0	0
● Chondrosarcoma Clivus and Cervical Spine	2	0	1

อาจจะมีความท้าทายอยู่บ้างนั้น ก็พบผู้ป่วยจำนวนมากหรือแทบจะไม่พบเลยในระยะ 3 ปีซ้อนหลังของการสำรวจหน่วยรังสีรักษาส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม การศึกษาความต้องการด้านรังสีรักษาของผู้ป่วยโรคมะเร็งในการศึกษานี้เป็นผู้ป่วยที่มารับบริการที่สถาบัน ซึ่งอาจไม่ได้แสดงถึงปริมาณผู้ป่วยมะเร็งที่ต้องการรังสีรักษาที่แท้จริง ดังนั้นควรมีการศึกษาความต้องการที่แท้จริงในชุมชนต่อไปในอนาคต

3. สภาพของความขาดแคลนเครื่องมือด้านรังสีรักษาเป็นปัญหาของหน่วยรังสีรักษาหลายแห่ง โดยเฉพาะหน่วยรังสีรักษาในสังกัดทบวงมหาวิทยาลัยและสถาบันมะเร็งแห่งชาติ ซึ่งมีความประสงค์จะจัดหาเครื่องมือใหม่ทดแทนในการให้บริการผู้ป่วย เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีสภาพเก่าและชำรุด แต่มีข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ ดังนั้น การพยายามลงทุนหรือให้ความสำคัญกับเครื่องมือที่มีราคาแพงมากอย่างเครื่องฉายรังสีโปรตอนโดยละเลยการแก้ไขปัญหาค่าขาดแคลนเครื่องมืออื่นๆ ที่จำเป็นจึงเป็นเรื่องที่ไม่เหมาะสม

4. ความขาดแคลนทรัพยากรบุคคลทั้งแพทย์รังสีรักษาและนักฟิสิกส์การแพทย์เป็นปัญหาเฉพาะหน้าที่สมควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน การลงทุนจัดซื้อเครื่องฉายรังสีโปรตอนจำเป็นต้องอาศัยบุคลากรที่มีความรู้และความชำนาญด้านรังสีรักษาและทางฟิสิกส์จำนวนมากในการดำเนินการ จึงมีโอกาสูงที่จะประสบกับปัญหาการขาดแคลนบุคลากร นอกจากนี้หากมีการตั้งทรัพยากรบุคคลเหล่านี้มาทำงานด้านรังสีโปรตอน จะทำให้ปัญหาความขาดแคลนบุคลากรในหน่วยรังสีรักษาทั่วประเทศรุนแรงมากยิ่งขึ้น

5. ความสามารถในการจ่ายค่าบริการด้านรังสีรักษาของผู้ป่วยโรคมะเร็งในปัจจุบัน ส่วนใหญ่อยู่ในสภาพ

ที่ไม่สามารถจ่ายค่าบริการได้เลยหรือจ่ายได้เพียงบางส่วน ดังนั้น ความเป็นไปได้ของการเรียกเก็บค่าบริการรักษาของรังสีโปรตอนสำหรับผู้ป่วยคนไทยรายละ 350,000 บาท จึงเป็นไปได้ไม่น้อยมากที่ผู้ป่วยโรคมะเร็งจะสามารถเข้าถึงหรือมีความสามารถในการจ่ายค่าบริการรักษาได้

6. จากการศึกษาสภาพปัญหาความขาดแคลนบุคลากรด้านรังสีรักษาและการเสนอโครงการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องฉายรังสีโปรตอน ได้สะท้อนถึงปัญหาการขาดการวางแผนในการลงทุนด้านเครื่องมือและทรัพยากรของประเทศ โดยไม่มีการศึกษาถึงความจำเป็นในการลงทุนและการกระจายของทรัพยากรอย่างเหมาะสม ไม่มีการวางแผนด้านกำลังคน และขาดความเป็นเอกภาพในการวางแผนร่วมกันเพื่อใช้ทรัพยากรของประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด

7. การศึกษาในครั้งนี้สามารถนำผลการศึกษาไปเชื่อมโยงกับการตัดสินใจเชิงนโยบายได้ เนื่องจากคณะวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของคณะกรรมการและคณะทำงานในการพิจารณาเรื่องดังกล่าว ดังนั้น ความสำเร็จของการศึกษาวิจัย นอกจากจะต้องมีคำถามวิจัย และรูปแบบการวิจัยที่ดีแล้ว จะต้องต้องมีช่องทางหรือการเชื่อมโยงระหว่างนักวิจัยกับผู้กำหนดนโยบาย (Policy makers) โดยผ่านรูปแบบของคณะกรรมการหรือคณะทำงานต่างๆ ได้อีกด้วย

## สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นถึงความไม่เหมาะสมในการลงทุนเพื่อนำเครื่องฉายรังสีโปรตอนมาใช้ในการรักษาโรคมะเร็งในประเทศไทย โดยอาจจะถือเป็นตัวอย่างหนึ่งในการนำความรู้ด้านการวิจัยมาใช้ในการรวบรวมข้อมูลเพื่อตัดสินใจทางนโยบายและการประเมินเทคโนโลยีสุขภาพซึ่งจะเป็นปัญหาที่สำคัญประการหนึ่ง เนื่องจากใน

อนาคตจะมีการพัฒนาเทคโนโลยีสุขภาพและมีการคิดค้นเครื่องมือใหม่ๆ เพื่อนำมาใช้ในทางการแพทย์อย่างต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ประเทศไทยควรมีการวางแผนแม่บทของการลงทุนด้านเครื่องมือทางการแพทย์ที่มีราคาแพงและทบทวนการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาโรคเมเร็งของประเทศ โดยเฉพาะงานด้านรังสีรักษา นอกจากนี้ควรมีการจัดตั้งคณะกรรมการประเมินเทคโนโลยีสุขภาพ (Technology assessment committee) ตามข้อเสนอของร่างพระราชบัญญัติสุขภาพแห่งชาติในอนาคต

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนงบประมาณผ่านทางโครงการเมธีวิจัยอาวุโสด้านเศรษฐศาสตร์และการคลังสาธารณสุขในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ ศ.พญ. พวงทอง ไกรพิบูลย์ หัวหน้าภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ รพ.รามาธิบดี, รศ.พญ.สุพัทรา แสงรุจิ คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, นพ.ยงยุทธ คงธนรัตน์ รพ.ราชวิถี และสมาคมรังสีรักษาแห่งประเทศไทย ที่ได้ช่วยเหลือสนับสนุนในการให้ข้อมูลความรู้และความสะดวกในการติดต่อประสานงาน นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณแพทย์รังสีรักษาและเจ้าหน้าที่ประจำหน่วยรังสีรักษาทุกท่านที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและตอบแบบสอบถาม จนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

1. กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. เอกสารประกอบการพิจารณาโครงการเงินกู้เพื่อพัฒนาคุณภาพ

บริการของสถานบริการสาธารณสุข ภายใต้แผนพัฒนาการสาธารณสุข ฉบับที่ 8. นนทบุรี: กรมการแพทย์, 2543.

2. Hall EJ. New Radiation Modalities. In: Radiobiology for the Radiologist. 4th ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1994: 238-43.

3. สำนักนโยบายและแผนสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข. เอกสารประกอบการประชุมคณะกรรมการเพื่อพิจารณาหลักนกรองโครงการจัดหา Proton Therapy Plant ครั้งที่ 2/2543. นนทบุรี: สำนักนโยบายและแผนสาธารณสุข, 2543.

4. Phillips MH, Griffin TW. Physics of High-Linear Energy Transfer (LET) Particles and Portons. In: Perez CA and Brady LW, editors. Principles and Practice of Radiation Oncology. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998: 604.

5. Chu WT, Ludewigt BA, Renner TR. Instrumentation for treatment of Cancer using Proton and light-ion beams. Rev Sci Instrum 1993; 64(8): 2055-122.

6. Munzenrider JE, Shipley WU, Verhey LJ. Future Prospects of Radiation Therapy with Protons. Seminars in Oncology 1981; 8(1): 110-24.

7. Kjellberg RN. Stereotactic Bragg Peak Proton Radiosurgery Results. INSERM Symposium No.12. Amsterdam: Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 1994: 223.

8. Tsujii H, Tsuji H, Inada T, et al. Clinical Results of Fractionated Proton Therapy. Int J Radiation Oncology Biol Phys 1993; 25(1): 49-60.

9. Austin-Seymour M, Munzenrider J, Linggood R, Goitein M, Verhey L, Urie M et al. Fractionated Proton Radiation Therapy of Cranial and Intracranial Tumors. *Am J Clin Oncology (CCT)* 1990; 13(4): 327-30.
10. Suit H, Urie M. Proton Beams in Radiation Therapy. *Journal of National Cancer* 1992; 84(3): 155-64.
11. Suit H, Phil D, Goitein M, Munzenrider J, Verhey L, Blitzer P, et al. Evaluation of the clinical applicability of Proton Beams in definite fractionated Radiation Therapy. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 1982; 8(12): 2199-205.
12. Bhattacharyya N, Thornton AF, Joseph MP, Goodman ML, Amrein PC. Successful Treatment of Esthesioneuroblastoma and Neuroendocrine Carcinoma with combined Chemotherapy and Proton Radiation. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1997; 123(1): 34-40.
13. Munzenrider JE. Proton Therapy with the Harvard cyclotron. In: Amaldi U, Larsson B, eds. *Hadrontherapy in Oncology*. Boston: Elsevier Science, 1994: 83-101.
14. Phillips MH, Stelzer KJ, Griffin TW, Mayberg MR, Winn HR. Stereotactic Radiosurgery: A Review and Comparison of Methods. *Journal of Clinical Oncology* 1994; 12(5): 1085-99.
15. Shipley WU, Verhey LJ, Munzenrider JE, Suit HD, Urie MM, McManus PL et al. Advanced prostate cancer : The results of a randomized comparative trial of high dose irradiation boosting with conformal protons compared with conventional dose irradiation using photons alone. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 1995; 32(1): 3-12.
16. สถาบันมะเร็งแห่งชาติ. อัตราการรักษาโดยการฉายรังสีรักษาโรคมะเร็งอวัยวะต่างๆ ที่พบบ่อย. กรุงเทพฯ : สถาบันมะเร็งแห่งชาติ, 2543.