



Original Article

การวิเคราะห์และประเมินการให้บริการด้านรังสีรักษาของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ: ผู้รับบริการ ระบบโครงสร้างพื้นฐาน และศักยภาพการให้บริการ Analysis and assessing of radiotherapy service at the National Cancer Institute: productivity, infrastructure, and facilities

สมศักดิ์ เชื้อนชนะ

สถาบันมะเร็งแห่งชาติ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ถนนพระรามที่หก แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

Somsak Khuanchana

National Cancer Institute, Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health, Rama VI Road, Bangkok, 10400, Thailand

*ผู้รับผิดชอบบทความ: สมศักดิ์ เชื้อนชนะ | Corresponding author: Somsak Khuanchana (s098030971@yahoo.co.th)

Received: 20 December 2022 | Revised: 9 January 2023 | Accepted: 12 January 2023

Thai J Rad Tech 2023;48(1):1-10

บทคัดย่อ

บทนำ: โรคมะเร็งเป็นปัญหาสำคัญด้านสาธารณสุขของไทยพบอุบัติการณ์เพิ่มขึ้น การฉายรังสีมีบทบาทสำคัญในการรักษาทั้งในระยะแรกและระยะสุดท้าย และยังไม่มีการศึกษาวิเคราะห์ระบบงานด้านรังสีรักษาทั้งมิติด้านบริการและโครงสร้างพื้นฐาน **วัตถุประสงค์:** เพื่อวิเคราะห์และประเมินผลการให้บริการด้านรังสีรักษาของสถาบันมะเร็งแห่งชาติทั้งด้านสถิติผู้ป่วยโรคมะเร็งที่มาใช้บริการและโครงสร้างพื้นฐาน **วิธีการศึกษา:** ศึกษาข้อมูลย้อนหลังเชิงพรรณนาและวิเคราะห์แบบสถิติเชิงบรรยายโดยเก็บรวบรวมข้อมูลผู้รับบริการด้านรังสีรักษาทุกรายและโครงสร้างพื้นฐานย้อนหลัง 3 ปีและรวบรวมข้อมูลจากรายงานทะเบียนโรคมะเร็งระดับประชากรและระดับโรงพยาบาลย้อนหลัง 10 ปี **ผลการศึกษา:** สถาบันมะเร็งแห่งชาติพบผู้มารับบริการรายใหม่ลดลงร้อยละ 60 แต่ผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ลดลงร้อยละ 11 เพศหญิงมากกว่าเพศชายและมากกว่าร้อยละ 70 มาจากกรุงเทพมหานครและพื้นที่ใกล้เคียงมารับรักษาด้วยเคมีบำบัดมากที่สุด โดยพบมะเร็งเต้านมมากที่สุด มีระบบเครื่องฉายรังสีและระบบ TPS และระบบ OIS ที่จำเพาะและแตกต่างกัน 4 ระบบ ผู้ป่วยฉายรังสีลดลงร้อยละ 14.37 ให้บริการฉายรังสีด้วยเทคนิค 3DCRT และมีมูลค่าการให้บริการสูงสุดร้อยละ 50.58 เครื่องฉายรังสี Cyber Knife มีค่าใช้จ่ายในการดูแลสูงสุดเท่ากับร้อยละ 307.95 ของมูลค่าการให้บริการ บุคลากรด้านรังสีรักษามีจำนวนตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยนักฟิสิกส์การแพทย์มีอัตราเข้าและออกสูง **สรุปผลการศึกษา:** พบผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ลดลงและพบโรคมะเร็งเต้านมมากที่สุด ระบบเครื่องฉายรังสีและระบบ TPS และระบบ OIS ทั้ง 4 ระบบที่มีความจำเพาะแตกต่างกันเป็นข้อจำกัดของเทคนิคการฉายรังสี/การกำหนดอัตราค่าจ้าง/การพัฒนาความเชี่ยวชาญ ผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมมาฉายรังสีมากที่สุดจึงมีความจำเป็นจัดหาชุดอุปกรณ์ในการตรวจสอบการจัดท่าการฉายรังสีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ มีการฉายรังสีด้วยเทคนิคขั้นสูงเพิ่มมากขึ้นเป็นการเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพการรักษาแต่ยังมีสัดส่วนค่าใช้จ่ายในการดูแลเครื่องฉายรังสีสูงและมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุและการเสื่อมสภาพ จำเป็นต้องจัดหาเพิ่มเติมหรือทดแทนระบบที่มีศักยภาพต่ำหรือล้าสมัยเพื่อเพิ่มคุณภาพ/จำนวนผู้ป่วย/ลดระยะเวลาการรอคอย/เพิ่มมูลค่าการคิดค่าบริการฉายรังสีแต่ควรคำนึงถึงข้อมูลพื้นฐานและปัจจัยที่มีความสำคัญได้แก่ประเภทและชนิดของโรคมะเร็งแต่พื้นที่ ความพร้อมของระบบเครื่องฉายรังสีและ TPS รวมถึง OIS ที่มีอยู่ ศักยภาพของบุคลากร ประสิทธิภาพการเรียกเก็บค่าบริการฉายรังสีจากกองทุนต่างๆ เพื่อให้การรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งด้วยการฉายรังสีมีประสิทธิภาพและคุณภาพเหมาะสมและคุ้มค่าต่อไป

คำสำคัญ: การบริการด้านรังสีรักษา, ผู้รับบริการ, ระบบโครงสร้างพื้นฐาน, ศักยภาพ

Abstract

Background: Cancer is a major public health problem in Thailand, and the incidence tended to be increased. Radiation therapy play an important and necessary role in treatment of both early and late-stage cancer patients. At present, in Thailand, there is no clear study and analysis of the radiation therapy work system in terms of services and infrastructures.

Objective: This study aimed to analysis and evaluation of radiotherapy services of the National Cancer Institute both the statistics of cancer patients who received the service and infrastructure. **Methods:** The study was a retrospective data collection and description statistic. Data were collected from all radiotherapy clients and infrastructure for the past 3 years and collected from the population and hospital cancer registry reports for the past 10 years

Results: The National Cancer Institute found a 60 percent decrease in new patients, but an 11 percent decrease in new cancer patients, females more than males, and more than 70 percent from Bangkok and nearby areas receiving chemotherapy. The most therapies found the most breast cancer. There were 4 specific and different systems of irradiation machine and TPS system and OIS system. Irradiated patients are reduced by 14.37%. Irradiation service is provided by technique 3 DCRT and the highest service value is 50.58%. The irradiator of Cyber Knife had the highest maintenance cost equal to 307.95 percent of the service value. The number of radiotherapy personnel meets the specified criteria. where medical physicists have high turnover rate. **Conclusion:** The new cancer patients found a slight decrease and the most common breast cancer. There were 4 types of irradiators and TPS and OIS system. The four different specificity systems were the limitations of radiation techniques and number of personnel as well as expertise development. Most breast cancer patients were irradiated. Therefore, it was imperative to provide a suitable kit to check the irradiation positioning to increase efficiency. It had been found that irradiation with more advanced techniques increases. But there was still a high proportion of maintenance costs of the irradiator and tends to increase with age and deterioration. It was necessary to procure or replace the obsolete, low-power, long-lived system to increase the quality/number of patients/reduce the waiting time/increase the cost of radiation charges and different types of cancer in each area and the availability of radiotherapy systems, TPS, OIS, the potential of personnel, as well as the efficiency in reimbursement of radiation fees from various funds in order to continue to treat cancer patients with effective, quality and cost-effective radiation.

Keywords: Radiotherapy Service, Productivity, Infrastructure, Facility

บทนำ

โรคมะเร็ง (Cancer)^[1]เกิดจากเซลล์ผิดปกติในร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมและมีการเจริญเติบโตรวดเร็วเกินปกติร่างกายควบคุมไม่ได้จะโตเร็วและลุกลามเข้าอวัยวะข้างเคียง เข้าต่อมน้ำเหลือง และแพร่กระจายเข้าหลอดเลือด กระแสเลือด และหลอดน้ำเหลืองหรือกระแสเลือด ไปยังเนื้อเยื่อหรืออวัยวะต่าง ๆ ทั่วร่างกาย กระบวนการทำงานของเซลล์ปกติส่งผลให้เซลล์ปกติของเนื้อเยื่อ/อวัยวะต่าง ๆ ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ เป็นสาเหตุให้เสียชีวิตในที่สุด ปัจจุบันโรคมะเร็งยังเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ สถิติผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ทั่วโลก 18 ล้านรายต่อปี และเป็นสาเหตุการเสียชีวิตมากถึง 9.5 ล้านรายต่อปี^[2-4] นอกจากนี้มากกว่าครึ่งหนึ่งของผู้ป่วยโรคมะเร็งมีความจำเป็นต้องได้รับการรักษาด้วยการฉายรังสีอย่างเดียวยหรือร่วมกับวิธีการรักษาหลักอื่นๆ ซึ่งกระบวนการด้านรังสีรักษาจำเป็นต้องใช้สหสาขาวิชาชีพร่วมกัน ทั้งแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ พยาบาลวิชาชีพ นักฟิสิกส์การแพทย์ นักรังสีการแพทย์ และอื่นๆ นอกจากนี้ต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีที่ซับซ้อนสูงในการออกแบบและวางแผนการรักษา

ตลอดจนระบบการเชื่อมต่อและถ่ายโอนข้อมูลการรักษาที่รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ และเหมาะสม^[5] สำหรับประเทศไทยมีข้อมูลพบโรคมะเร็งเป็นสาเหตุการตายสำคัญอันดับหนึ่ง เฉลี่ยเท่ากับ 120.3 ต่อแสนประชากร^[6] และอุบัติการณ์ในเพศชายและเพศหญิง เท่ากับ 143.8 และ 134.2 ต่อแสนประชากรโดยผู้ป่วยโรคมะเร็งตับและท่อน้ำดีและผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม พบมากเป็นอันดับหนึ่งในเพศชายและเพศหญิงตามลำดับ^[7] ซึ่งปัจจุบันเทคนิคการรักษาด้วยรังสี ได้พัฒนาดังแต่เทคนิคพื้นฐานทั่วไป เทคนิคสองมิติ (Two Dimensional Radiation Therapy: 2D RT), เทคนิคสามมิติทั่วไป (Three Dimensional Radiation Conformal Radiation Therapy: 3D-CRT), เทคนิคแปรความเข้ม (Intensity Modulated Radiation Therapy: IMRT), เทคนิคแปรความเข้มเชิงปริมาตรแบบหมุน (Volumetric Modulated Arc Therapy : VMAT), เทคนิคการฉายรังสีแบบรังสีศัลยกรรม (Stereotactic Radiosurgery: SRS), เทคนิคการฉายรังสีแบบรังสีศัลยกรรมแบ่งครั้ง (Stereotactic radiation Therapy: SRT) และเทคนิคการฉายรังสีศัลยกรรมร่างกาย (Stereotactic Body Radiation Therapy: SBRT) เป็น

ต้น^[4] เนื่องจากการรักษาด้วยรังสีต้องลงทุนทั้งด้านเครื่องมือที่มีราคาสูงและมีเทคโนโลยีที่มีความยุ่งยากซับซ้อนสูง ทั้งเครื่องฉายรังสี (Radiation Treatment Machine) ประเภทและศักยภาพของระบบสารสนเทศด้านรังสีรักษา (Oncology Information System: OIS) ซึ่งรวมถึงระบบคอมพิวเตอร์บันทึกและตรวจสอบการรักษา (Record and verification system) ระบบวางแผนการรักษา (Treatment Planning System: TPS) และต้องมีบุคลากรที่มีสมรรถนะหรือความชำนาญการเฉพาะด้านรังสีรักษาจำนวนมาก ได้แก่ แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านรังสีรักษา (Radiation Oncologist) และนักฟิสิกส์การแพทย์ (Medical Physicist) ที่มีประสบการณ์ด้านคลินิก เนื่องจากในประเทศไทย นักฟิสิกส์การแพทย์ต้องปฏิบัติงานทั้งด้านฟิสิกส์การแพทย์ (Medical Physics) และด้านการคำนวณและวางแผนการรักษา (Dosimetry and Treatment Planning) รวมถึงนักรังสีการแพทย์ (Radiation Therapist) ที่ต้องได้รับการฝึกอบรมเพียงพอ^[5] กระทรวงสาธารณสุขกำหนดนโยบายการดำเนินงานและให้ความสำคัญโดยมุ่งเน้นการพัฒนาและเสริมศักยภาพการรักษามะเร็ง รักษาทุกที่ที่พร้อม (Cancer Anywhere) ทั้งการผ่าตัด เคมีบำบัด และรังสีรักษา เพื่อมุ่งเน้นความรวดเร็วและความครอบคลุมทุกพื้นที่ จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาและการวางแผนการให้บริการรักษาผู้ป่วยด้านรังสีให้มีประสิทธิภาพและมีคุณภาพ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และประเมินผลการให้บริการด้านรังสีรักษาของหน่วยงาน ทั้งด้านสถิติผู้ป่วยโรคมะเร็งที่มาใช้บริการ (Productivity) โครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ได้แก่ จำนวนและศักยภาพของเครื่องฉายรังสี ประเภทและศักยภาพของระบบสารสนเทศด้านรังสีรักษา (Oncology Information System: OIS) ซึ่งรวมถึงระบบคอมพิวเตอร์บันทึกและตรวจสอบการรักษา (Record and verification system) ระบบวางแผนการรักษา (Treatment Planning System: TPS) ประเภทและจำนวนบุคลากรด้านรังสีรักษา และผลการให้บริการฉายรังสีด้วยเทคนิคต่างๆ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงระบบ นี้มีความสำคัญจะเป็นประโยชน์ต่อทีมผู้บริหารและทีมผู้ให้บริการสามารถนำข้อมูลที่ต้องการและทันสมัยไปใช้กำหนดนโยบายและวางแผนการพัฒนาศักยภาพการรักษามะเร็งด้านรังสีรักษาขององค์กร ตลอดจนสามารถจัดสรรทรัพยากรให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

วิธีดำเนินการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบ Retrospective Study รูปแบบการวิจัยเชิงพรรณนา (Description Study) ในด้านเศรษฐศาสตร์สาธารณสุขประเภท Policy Research มีการวิเคราะห์แบบสถิติบรรยาย (Description Statistic) เก็บข้อมูลผู้ป่วยที่ได้รับการบริการฉายรังสีทุกรายในช่วงเวลา 1 ตุลาคม

2561 ถึง 30 กันยายน 2564 และรวบรวมข้อมูลสถิติด้านทะเบียนโรคมะเร็งระดับประชากรและระดับโรงพยาบาล (Population and Hospital Based Tumor Registry) รวมถึงรวบรวมข้อมูลโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ทั้งด้านจำนวนและศักยภาพของเครื่องฉายรังสี ประเภทและศักยภาพของระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมระบบบันทึกและตรวจสอบด้านรังสีรักษา (Oncology Information System: OIS) ระบบคอมพิวเตอร์วางแผนการรักษา (Computer Treatment Planning System) ประเภทและจำนวนบุคลากรด้านรังสีรักษาของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2561 ถึง 30 กันยายน 2564 และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ผลรวม ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น

ผลการศึกษา

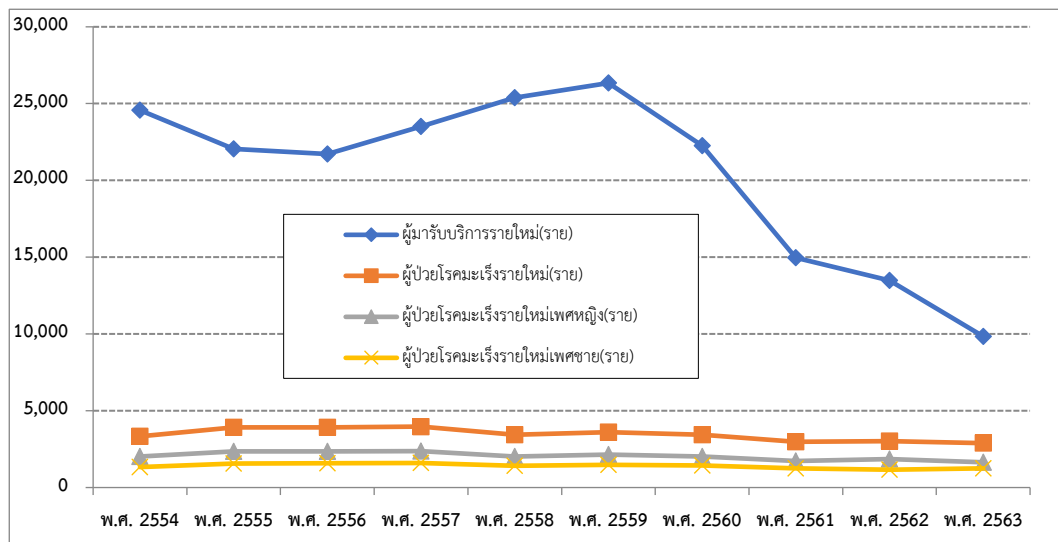
ข้อมูลการให้บริการของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ

สถาบันมะเร็งแห่งชาติสังกัดกระทรวงสาธารณสุขให้บริการรับส่งต่อผู้ป่วยโรคมะเร็งจากหน่วยงานสาธารณสุขทุกแห่งทั่วประเทศโดยกำหนดให้รับผิดชอบเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลจากข้อมูลของสถาบันมะเร็งแห่งชาติย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2554-2563) พบว่าผู้มารับบริการ (ทั้งผู้ป่วยโรคมะเร็งและผู้ตรวจสุขภาพ) และผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ที่มาใช้บริการรักษา ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่มีค่าเฉลี่ยของร้อยละของผู้ป่วยโรคมะเร็งที่มีภูมิคุ้มกันต่ำตามบัตรประชาชนในพื้นที่เขตบริการสุขภาพที่ 13 (กรุงเทพมหานคร) เท่ากับร้อยละ 27.49 ± 1.58 ดังแสดงรูปที่ 2 และเป็นเพศชายร้อยละ 40.59 และเพศหญิงร้อยละ 59.41 โดยพบการลุกลามของโรคเพศชายดังนี้คือ ระยะที่ 4 ค่าเท่ากับร้อยละ 42.88 และเพศหญิงเท่ากับร้อยละ 24.04 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งโรคมะเร็งที่พบบ่อย ได้แก่ โรคมะเร็งเต้านม โดยมีจำนวนเฉลี่ย (ราย/ปี) ดังแสดงในรูปที่ 3 และการให้ยาเคมีบำบัดเป็นวิธีการรักษาที่มีจำนวนทั้งวิธีหลักอย่างเดียวและร่วมกันกับการรักษาอื่นๆแบบผสมผสานมีค่าร้อยละเฉลี่ยเท่ากับ 26.98 ± 6.87 ดังแสดงในตารางที่ 2

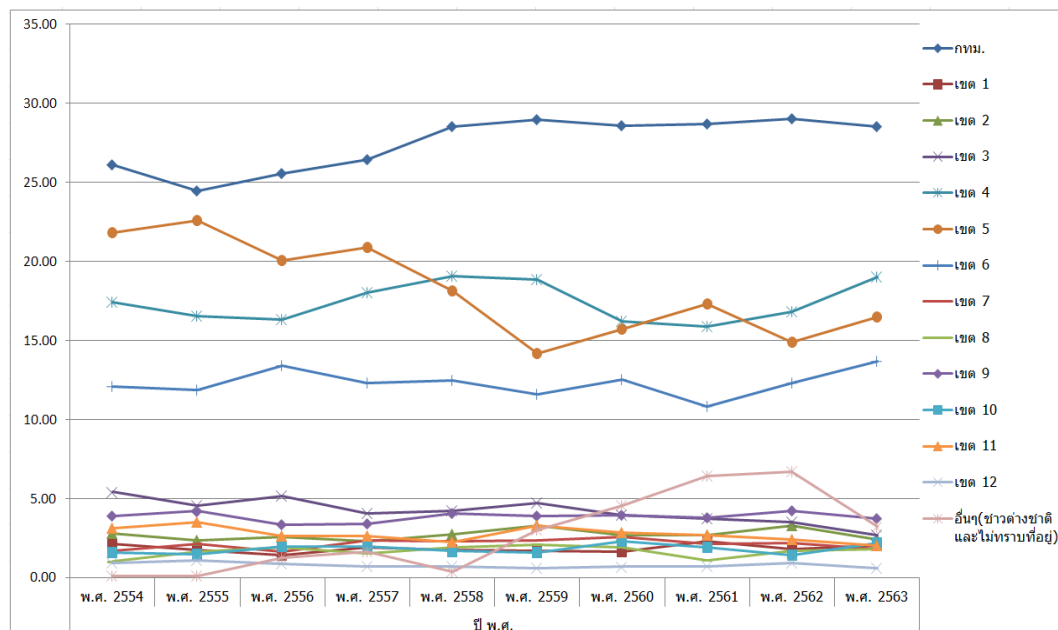
ข้อมูลด้านรังสีรักษาสถาบันมะเร็งแห่งชาติ

สถาบันมะเร็งแห่งชาติ มีเครื่องฉายรังสี จำนวน 4 เครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 4 สามารถให้การรักษได้ทั้งเทคนิคสองมิติ (2D) เทคนิคสามมิติทั่วไป (3DCRT) เทคนิค 3 มิติขั้นสูง ทั้งแบบแปรความเข้ม (IMRT) และแบบแปรความเข้มเชิงปริมาตร (VMAT) ตลอดเทคนิครังสีศัลยกรรม (SRS/SRT) พบว่ามีผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ที่มาใช้บริการด้านรังสีรักษาในปีงบประมาณ 2562-2564 และการให้บริการฉายรังสี (ครั้ง) และร้อยละของการให้บริการฉายรังสีแยกเทคนิคการรักษาและผู้ป่วยโรคมะเร็ง 5 อันดับแรกที่มาใช้บริการฉายรังสี รวมถึงค่าบริการฉายรังสี

ทั้งหมดโดยแยกตามห้องฉายรังสีและแยกตามเทคนิคการรักษา
 ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 1 แสดงจำนวนผู้รับบริการรายใหม่และผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ที่มารับบริการ และมารับการรักษาที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 – 2563 (รวมรวมข้อมูลจากรายงาน Hospital based Tumor Registry ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ)



รูปที่ 2 แสดงร้อยละของผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ที่มารับบริการที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2563 แยกตามเขตบริการสุขภาพ (รวมรวมข้อมูลจากรายงาน Hospital based Tumor Registry ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ)

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนของผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ (ราย) ที่มารับบริการที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2563 แยกตามระยะของโรค และแยกตามเพศชายและเพศหญิง (รวมรวมข้อมูลจากรายงาน Hospital based Tumor Registry ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ)

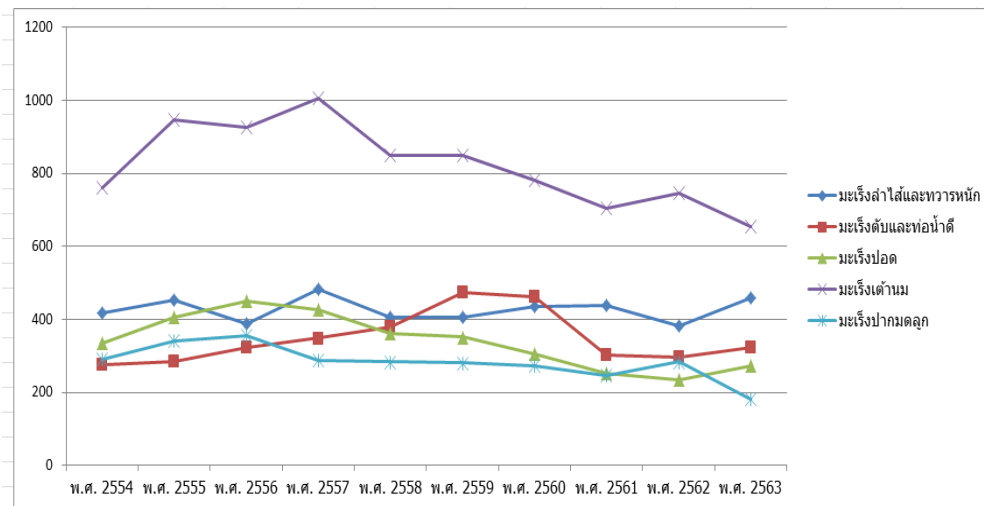
เพศ	ระยะของโรค	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562	พ.ศ. 2563	รวม	ค่าเฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละ
เพศชาย	1	74	75	77	69	35	83	92	22	17	32	576	58	27.89	4.12
	2	159	186	198	211	93	128	139	84	80	88	1,366	137	50.09	9.76
	3	278	357	372	367	263	348	292	236	188	245	2,946	295	63.70	21.04
	4	451	656	795	796	633	580	609	453	456	575	6,004	600	127.57	42.88
	N/A	367	280	131	155	394	336	295	451	396	305	3,110	311	102.98	22.21
	รวม	1,329	1,554	1,573	1,598	1,418	1,475	1,427	1,246	1,137	1,245	14,002	1,400	156.87	100.00
เพศหญิง	1	408	364	300	307	209	318	315	191	167	192	2,771	277	82.15	13.53
	2	457	575	648	659	367	423	443	378	343	328	4,621	462	123.05	22.55
	3	471	609	605	611	470	522	511	395	398	442	5,034	503	83.18	24.57
	4	362	519	628	608	477	535	467	396	467	466	4,925	493	83.50	24.04
	N/A	314	296	171	185	498	337	278	366	477	217	3,139	314	111.44	15.32
	รวม	2,012	2,363	2,352	2,370	2,021	2,135	2,014	1,726	1,852	1,645	20,490	2,049	260.46	100.00
รวมทั้งหมด		3,341	3,917	3,925	3,968	3,439	3,610	3,441	2,972	2,989	2,890	34,492	3,449	408.84	

ตารางที่ 2 แสดงร้อยละของผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ (ราย) ที่มารับบริการที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2563 แยกตามวิธีการรักษา (รวมรวมข้อมูลจากรายงาน Hospital based Tumor Registry ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ)

วิธีการรักษา	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562	พ.ศ. 2563	ค่าเฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน
คีัลยกรรม	38.50	19.42	12.48	12.15	28.15	14.37	32.11	14.74	13.91	14.88	20.07	9.41
รังสีรักษา	7.22	12.38	16.55	12.00	15.93	17.03	17.15	17.00	20.40	18.03	15.37	3.79
เคมีบำบัด	33.21	22.53	22.82	19.97	32.59	41.38	20.90	24.76	22.91	28.73	26.98	6.87
ฮอร์โมน	1.25	0.92	1.27	0.64	0.16	0.02	0.00	0.46	0.97	0.55	0.62	0.47
ประคับประคอง	0.77	4.29	1.16	0.95	0.39	1.66	0.00	0.20	0.03	0.32	1.02	1.29
อื่นๆ	19.06	40.46	45.27	54.29	22.78	25.54	29.85	42.83	41.79	37.49	35.94	11.21

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งที่ได้รับการฉายรังสี (ครั้ง) ด้วยเครื่องฉายรังสีประเภทและยี่ห้อ/รุ่น สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2562 ถึง ปีงบประมาณ 2564 (1 ต.ค. 2561 ถึง 30 ก.ย. 2564) (รวมรวมข้อมูลจากกลุ่มงานรังสีรักษา สถาบันมะเร็งแห่งชาติ)

เครื่องฉายรังสี: ยี่ห้อ/ประเภท/รุ่น	เทคนิคการ รักษา	ปีงบประมาณ 2562		ปีงบประมาณ 2563		ปีงบประมาณ 2564	
		ครั้ง	เฉลี่ยต่อเดือน (ครั้ง)	ครั้ง	เฉลี่ยต่อเดือน (ครั้ง)	ครั้ง	เฉลี่ยต่อเดือน (ครั้ง)
เครื่องฉายรังสี 1 Accuray: Tomotherapy/TomoH	IMRT	6,069	937±117.2	6,782	565.20±95.87	6,202	516.83±126.41
เครื่องฉายรังสี 2 Elekta:Compact	2D	1,941	310±92.87	2,167	180.6±45.02	1,353	112.75±73.56
	3DCRT	5,535	807±106.6	6,554	546.2±155.8	8,921	743.4±219.86
เครื่องฉายรังสี 3 Accuray: Cyber Knife	IMRT	210	31±16.27	349	29.08±24.00	715	59.58±41.73
	SRS/SRT	56	8.5±3.64	77	6.41±5.60	93	7.75±8.00
เครื่องฉายรังสี 4 Siemens: Oncor	2D	2,693	419±86.39	1,899	158.30±44.06	872	72.67±51.49
	3DCRT	6,361	944.8±95.32	7,913	659.40±67.95	2,276	189.67±211.14
	IMRT/VMAT	896	134.7±68.67	1,185	98.75±67.95	304	25.33±38.80
รวม		23,761	3,592±307.22	26,926	2,244±398.50	20,736	1,728.00±473.82



รูปที่ 3 แสดงจำนวนของผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ (ราย) ที่มารับบริการที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2563 แยกตามโรคมะเร็งที่พบบ่อย (รวมรวมข้อมูลจากรายงาน Hospital based Tumor Registry ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ)

บุคลากรด้านรังสีรักษา พบว่า แพทย์ จำนวน 5 คนเท่านั้น ตลอด 3 ปี โดยมีระยะเวลาปฏิบัติงานสูงสุดและต่ำสุดคือ 25 ปี และ 3 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.20 ± 5.22 ปี, 13.20 ± 5.22 ปี และ 14.20 ± 5.22 ปี ตามลำดับ นักฟิสิกส์การแพทย์ จำนวน 5 คน เท่ากันตลอด 3 ปี โดยมีระยะเวลาปฏิบัติงานสูงสุดและต่ำสุดคือ 24 ปี และ 1 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.80 ± 9.63 ปี, 6.40 ± 9.89 ปี และ 5.80 ± 10.72 ปี ตามลำดับ นักรังสีการแพทย์ จำนวน 9 คน, 14 คน และ 14 คน ตามลำดับ โดยมีระยะเวลาปฏิบัติงานสูงสุดและต่ำสุดคือ 33 ปี และ 1 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.67 ± 11.41 ปี, 11.64 ± 12.26 ปี และ 13.43 ± 12.90 ปี ตามลำดับ พยาบาลวิชาชีพ จำนวน 7 คนเท่ากันตลอด 3 ปี โดยมีระยะเวลาปฏิบัติงานสูงสุดและต่ำสุดคือ 37 ปี และ 3 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.56 ± 14.33 ปี, 20.67 ± 15.16 ปี และ 21.67 ± 15.16 ปี ตามลำดับ ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ จำนวน 3 คนเท่ากันตลอด 3 ปี โดยมีระยะเวลาปฏิบัติงานสูงสุดและต่ำสุดคือ 15 ปี และ 2 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.00 ± 4.58 ปี, 7.00 ± 4.58 ปี และ 8.00 ± 4.58 ปี ตามลำดับ ผู้ช่วยพยาบาล จำนวน 3 คนเท่ากันตลอด 3 ปี โดยมีระยะเวลาปฏิบัติงานสูงสุดและต่ำสุดคือ 18 ปี และ 4 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.67 ± 7.09 ปี, 11.67 ± 7.09 ปี และ 12.67 ± 7.09 ปี ตามลำดับ ระบบวางแผนการรักษาจำนวนและระบบสารสนเทศด้านรังสีรักษาซึ่งรวมถึงระบบบริหารจัดการข้อมูลและระบบคอมพิวเตอร์บันทึกและตรวจสอบการรักษามีจำนวน 4 ระบบ

อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

ข้อมูลทะเบียนมะเร็งระดับประชากร^[18] พบอุบัติการณ์โรคมะเร็งของประเทศไทยมากที่สุดเพศชายคือโรคมะเร็งตับและท่อน้ำดีเพศหญิงคือโรคมะเร็งเต้านมซึ่งสอดคล้องและมีค่าใกล้เคียงกับในพื้นที่กรุงเทพมหานคร^[7,8] ซึ่งเป็นพื้นที่รับผิดชอบหลักในการรับส่งต่อผู้ป่วยโรคมะเร็งของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ และข้อมูลทะเบียนมะเร็งระดับโรงพยาบาล^[8] พบผู้มารับบริการรายใหม่ลดลงประมาณร้อยละ 60 แต่ผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ลดลงร้อยละ 11 เพราะผู้ที่มารับบริการที่ไม่เป็นโรคมะเร็ง (เช่น กลุ่มผู้มาตรวจสุขภาพประจำปี) ลดลงจำนวนมาก และพบว่าเป็นผู้ป่วยเพศหญิงมากกว่าเพศชายเฉลี่ยร้อยละ 31.67 และมากกว่าร้อยละ 70 มีภูมิลำเนาในพื้นที่เขตบริการสุขภาพที่ 13 (กรุงเทพมหานคร)^[5, 4, 6] ซึ่งเป็นพื้นที่ใกล้เคียงและอยู่รอบๆ กรุงเทพมหานคร และระยะลุกลามของโรคในเพศชายพบระยะที่ 4 ร้อยละ 42.88 เพศหญิงพบระยะที่ 3 ร้อยละ 24.57 นอกจากนี้พบโรคมะเร็งเต้านมมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับอุบัติการณ์ในประเทศไทยและพื้นที่กรุงเทพมหานคร^[7,8,18] รักษาด้วยการฉายรังสีมากอันดับสามแต่มารับบริการประมาณ 20-35 ครั้งต่อคอร์สต่อราย



เครื่องฉายรังสี 1 Accuray:Tomotherapy/TomoH



เครื่องฉายรังสี 2 Elekta:Compact



เครื่องฉายรังสี 3 Accuray:Cyber Knife



เครื่องฉายรังสี 4 Siemens:Oncor

รูปที่ 4 แสดงเครื่องฉายรังสี จำนวน 4 เครื่องที่ใช้บริการฉายรังสีรักษาผู้ป่วย ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2562 – ปีงบประมาณ 2564 (รวมรวมข้อมูลจากกลุ่มงานรังสีรักษา สถาบันมะเร็งแห่งชาติ)

ข้อมูลด้านรังสีรักษาของสถาบันมะเร็งแห่งชาติมีเครื่องฉายรังสีทั้งหมด 4 เครื่อง ที่มีคุณสมบัติและคุณลักษณะจำเพาะและแตกต่างกันสามารถให้การรักษได้ครบทุกเทคนิคและมีผู้ป่วยมารับการฉายรังสีลดลงร้อยละ 14.37 แต่มีแนวโน้มการฉายรังสีเทคนิคสามมิติขั้นสูงเพิ่มมากขึ้นช่วยเพิ่มคุณภาพการรักษาสามารถกำหนดปริมาณรังสีเฉพาะให้ก้อนมะเร็งได้รับมากที่สุดและลดปริมาณรังสีที่เนื้อเยื่อปกติน้อยที่สุดเพื่อลดผลข้างเคียง^[4] ยกเว้นเทคนิค 2D ที่มีแนวโน้มลดลงซึ่งสอดคล้องกับสมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย^[14] และโรคมะเร็งเต้านมฉายรังสีมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลทะเบียนโรคมะเร็ง^[7,8,18] จำนวนครั้งฉายรังสีลดลงร้อยละ 22.98 เนื่องจากการปิดและรื้อถอดห้องฉายรังสี 4 เพื่อติดตั้งเครื่องฉายรังสีใหม่แม้จะมีการโยกย้ายผู้ป่วยไปยังห้องฉายรังสีอื่นๆแต่ห้องฉายรังสี 4 ยังให้บริการมากที่สุดร้อยละ 41.88 เนื่องจากมีศักยภาพในการรักษาครบทุกเทคนิคและเทคนิค 3DCRT มากที่สุดคือเฉลี่ยร้อยละ 52.60 ± 2.20 มูลค่าของการคิดค่าบริการฉายรังสีตามอัตราที่กำหนดโดยสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติและกรมบัญชีกลาง^[2,3] เฉลี่ย 61.87 ± 15.93 ล้านบาทต่อปี โดยร้อยละ 50.58 เป็นเทคนิค 3DCRT และค่าใช้จ่ายในการดูแลและบำรุงรักษาของเครื่องฉายรังสีทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 47.97 ของ

มูลค่าการคิดค่าให้บริการฯเฉลี่ยต่อปีโดยเครื่องฉายรังสี 3 สูงที่สุดเท่ากับ 11 ล้านบาทต่อปี (ร้อยละ 307.95 ของมูลค่าการคิดค่าให้บริการฯเฉลี่ยต่อปี) บุคลากรด้านรังสีรักษา แพทย์ นักฟิสิกส์การแพทย์ พยาบาลวิชาชีพ และ ผู้ช่วยพยาบาล มีจำนวนตามเกณฑ์ที่กำหนดจำนวนผู้ป่วยใหม่ต่อราย^[10,11] และมีระยะเวลาปฏิบัติงานเฉลี่ย (ปี) เพิ่มขึ้นยกเว้นนักฟิสิกส์การแพทย์ที่มีระยะเวลาปฏิบัติงานเฉลี่ย (ปี) ลดลงเนื่องจากการลาออกและรับใหม่ตลอดระยะเวลา 3 ปีสำหรับนักรังสีการแพทย์และผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์มีจำนวนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดตามประกาศของสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติถ้วนหน้า^[1] ระบบวางแผนการรักษา (Treatment Planning System: TPS) และระบบสารสนเทศรังสีรักษา (Oncology Information System: OIS) ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ มีจำนวน 4 ประเภท/รุ่น ที่แยกเฉพาะประเภทเครื่องฉายรังสีแต่ละเครื่อง เนื่องจากเครื่องฉายรังสีของสถาบันมะเร็งแห่งชาติมีความแตกต่างกันและมีความจำเพาะจึงมีความจำเป็นต้องใช้ระบบ TPS และ ระบบ OIS ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 แสดงมูลค่าการคิดค่าบริการฉายรังสี (บาท) ผู้ป่วยโรคมะเร็ง และ ค่าใช้จ่ายดูแลและบำรุงรักษาเครื่องฉายรังสี ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2562 ถึง ปีงบประมาณ 2564 (1 ต.ค. 2561 ถึง 30 ก.ย. 2564) แยกตามประเภทเครื่องฉายรังสี (รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มงานรังสีรักษา สถาบันมะเร็งแห่งชาติ)

เครื่องฉายรังสี (ยี่ห้อ:ประเภท/รุ่น)	เทคนิคการ รักษา	ปี งบประมาณ 2562	ปี งบประมาณ 2563	ปี งบประมาณ 2564	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	
เครื่องฉายรังสี 1 (Accuray: Tomotherapy/ TomoH)	มูลค่าการ ให้บริการ	IMRT	20,027,700	22,380,600	20,466,600	20,958,300.00	1,251,143.98
	ค่าใช้จ่ายดูแลบำรุงรักษา		0	0	10,972,500	10,972,500.00	N/A
	ร้อยละ (ค่าใช้จ่ายดูแล/มูลค่าการ คิดค่าบริการ)		N/A	N/A	53.61	53.61	N/A
เครื่องฉายรังสี 2 Elekta: Compact	มูลค่าการ ให้บริการ	2D	2,329,200	2,600,400	1,623,600	19,692,733.33	3,927,761.76
		3DCRT	13,837,500	16,385,000	22,302,500		
	ค่าใช้จ่ายดูแลบำรุงรักษา		2,284,000	2,284,000	2,400,000	2,322,666.67	66,972.63
	ร้อยละ (ค่าใช้จ่ายดูแล/มูลค่าการ คิดค่าบริการ)		14.13	12.03	10.03	12.06	2.05
	มูลค่าการ ให้บริการ	IMRT	693,000	1,151,700	2,259,500	2,625,566.67	1,150,148.32
		SRS/SRT	910,000	1,251,250	1,511,250		
เครื่องฉายรังสี 3 Accuray: Cyber Knife	ค่าใช้จ่ายดูแลบำรุงรักษา		0	0	11,920,125	11,920,125	N/A
	ร้อยละ (ค่าใช้จ่ายดูแล/มูลค่าการ คิดค่าบริการ)		N/A	N/A	307.95	307.95	N/A
	มูลค่าการ ให้บริการ	2D	3,231,600	2,278,800	1,046,400		
เครื่องฉายรังสี 4 Siemens: Oncor		3DCRT	15,902,500	19,782,500	5,690,000	18,600,767	9,604,116.42
		IMRT/VMAT	2,956,800	3,910,500	1,003,200		
	ค่าใช้จ่ายดูแลบำรุงรักษา		4,470,000	4,470,000	0	4,470,000	0
	ร้อยละ (ค่าใช้จ่ายดูแล/มูลค่าการ คิดค่าบริการ)		20.23	17.21	N/A	18.72	2.14
	มูลค่าการให้บริการ		59,888,300	69,740,750	56,003,050	61,877,366.67	15,933,170.48
	ค่าใช้จ่ายในการดูแลบำรุงรักษา		N/A	N/A	N/A	29,685,291.67	N/A
รวมทั้งหมด	ร้อยละ(ค่าใช้จ่ายดูแลฯ/มูลค่า การคิดค่าบริการ)		N/A	N/A	N/A	47.97	N/A

โดยสรุป สถาบันมะเร็งแห่งชาติมีจำนวนผู้รับบริการทั้งหมดลดลงมากแต่จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเนื่องจากผู้รับบริการที่ไม่ใช่โรคมะเร็งเช่นมารับตรวจสุขภาพประจำปีลดลง ซึ่งผู้ป่วยส่วนใหญ่มาจากกรุงเทพฯและเขตบริการสุขภาพใกล้เคียงและเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชายซึ่งผู้ป่วยเพศชายพบระยะลุกลามของโรคมะเร็งมากกว่าเพศหญิงและพบผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมมากที่สุดส่วนใหญ่มารับการรักษาด้วยยาเคมีบำบัดมากที่สุดโดยการฉายรังสีอยู่ในอันดับที่สามและมีศักยภาพในการฉายรังสีครบทุกเทคนิคตั้งแต่เทคนิคพื้นฐานถึงเทคนิคขั้นสูงแต่มีเครื่องฉายรังสีและระบบ TPS และระบบ OIS ที่มีความจำเพาะแตกต่างกันตามประเภทของเครื่องฉายและอิสระต่อกันไม่เชื่อมต่อกันซึ่งเป็นข้อจำกัดของการรับผู้ป่วยเข้ารับการฉายรังสีในแต่ละเครื่องฉายรังสีที่มีศักยภาพของเทคนิคการรักษาตลอดจนระบบ OIS และ TPS ในการ

ส่งผ่านและตรวจสอบข้อมูลที่แตกต่างกัน ส่งผลถึงข้อจำกัดในการกำหนดอัตราค่าสิ่งที่เหมาะสมและการพัฒนาความเชี่ยวชาญของบุคลากรนอกจากนี้อุบัติการณ์โรคมะเร็งเต้านมที่พบมากที่สุดตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 จนถึงปัจจุบัน^[7,8,18] รวมถึงมารับการฉายรังสีมากที่สุดดังนั้นควรจัดหาชุดอุปกรณ์ที่มีความจำเพาะในการตรวจสอบการจัดท่าการฉายรังสีผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมเพื่อเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพการฉายรังสี แม้แนวโน้มให้บริการฉายรังสีด้วยเทคนิคสามมิติขั้นสูงเพิ่มมากขึ้นแต่ยังมีสัดส่วนค่าใช้จ่ายในการดูแลเครื่องฉายรังสีสูงถึงร้อยละ 47.97 ของค่าบริการฉายรังสีทั้งหมดและเพิ่มสูงขึ้นตามอายุการใช้งานและความเสื่อมสภาพนอกจากนี้เครื่องฉายรังสีที่มีความจำเพาะสูงและมีเวลาการฉายรังสีต่อครั้งนานทำให้ฉายรังสีผู้ป่วยต่อวันได้จำนวนน้อยส่งผลให้มูลค่าการคิดค่าบริการฉายรังสีต่ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดหาเครื่องฉายรังสีที่มีศักยภาพฉายรังสีเทคนิค

สามมิติขั้นสูงที่สามารถให้บริการผู้ป่วยต่อวันได้จำนวนมาก และมีค่าใช้จ่ายดูแลและบำรุงรักษาไม่สูง โดยอาจเป็นการจัดซื้อเพิ่มเติมหรือทดแทนเครื่องฉายรังสีที่มีศักยภาพต่ำและมีเทคโนโลยีที่ล้าสมัยและมีอายุการใช้งานนาน เพื่อเพิ่มคุณภาพการรักษาและจำนวนผู้ป่วยฉายรังสีต่อวันลดระยะเวลารอคอยที่สำคัญเพิ่มมูลค่าการคิดค่าบริการฉายรังสี แต่ทั้งนี้ควรคำนึงถึงข้อมูลพื้นฐาน และปัจจัยที่มีความสำคัญ [4,5,10,11,13] เช่นประเภทของโรคมะเร็งตามข้อมูลทะเบียนโรคมะเร็งทั้งระดับประชากรและระดับโรงพยาบาลซึ่งจะแตกต่างกันในแต่พื้นที่ ความพร้อมและความเหมาะสมประเภทของระบบเครื่องฉายรังสีและระบบวางแผนการรักษา รวมถึงระบบสารสนเทศรังสีรักษาที่มีอยู่ตลอดจนความพร้อมและศักยภาพของบุคลากรรวมถึงประสิทธิภาพการเรียกเก็บค่าบริการฉายรังสีจากกองทุนต่างๆ เช่นสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติสำนักงานประกันสังคมและกรมบัญชีกลาง เพื่อให้การรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งด้วยการฉายรังสีมีประสิทธิภาพและคุณภาพเหมาะสมและคุ้มค่าต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผู้บริหารสถาบันมะเร็งแห่งชาติ ที่มอบนโยบายและแนวทางการศึกษาวิจัย ตลอดจนสนับสนุนให้ดำเนินการศึกษาวิจัย เรื่องดังกล่าว ขอขอบคุณคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ที่พิจารณาเห็นชอบรับรองและอนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการอนุญาตให้เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องการให้บริการ ตลอดจนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มงานรังสีรักษา สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บบันทึกข้อมูลผู้ป่วยที่มาใช้บริการด้านรังสีทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประกาศสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติเรื่อง เกณฑ์การตรวจประเมินเพื่อขึ้นทะเบียนเป็นหน่วยบริการที่รับบริการส่งต่อเฉพาะด้านรังสีรักษาสำหรับผู้ป่วยโรคมะเร็ง พ.ศ. 2561, ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 135, ตอนพิเศษ 201 ง, 21 สิงหาคม, หน้า 8-10.
- [2] ประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่อง อัตราค่าบริการสาธารณสุขของหน่วยบริการในสังกัดกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2562, ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 136, ตอนพิเศษ 218 ง, 30 สิงหาคม 2562, หน้า 4-17.
- [3] สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. สำนักสนับสนุนคุณภาพและมาตรฐานหน่วยบริการ, คู่มือแนวทางการรักษาโรคมะเร็งในผู้ใหญ่ พ.ศ. 2561 เพื่อขอรับค่าบริการสาธารณสุข ในระบบหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ, 2561. กรุงเทพฯ: สหมิตรบริษัทประกันชีวิต.
- [4] ศิวลี สุริยาปี, ชลเกียรติ ขอบประเสริฐ. รังสีรักษาพื้นฐาน <http://www.chulacancer.net/basicrt/index.html> (accessed on 14 May 2019).
- [5] American society for radiation oncology. Safety is no accident; a framework for quality radiation oncology care, Available online: <https://www.astro.org/Patient-Care-and-Research/Patient-Safety/Safety-is-no-Accident> (accessed on 14 May 2019).
- [6] Bureau of Policy and Strategy, Ministry of Public Health, Thailand Health Profile Report 2008–2010. Available online: http://wops.moph.go.th/ops/thp/thp/en/index.php?id=288&group=05&page=view_doc (accessed on 14 May 2019).
- [7] Imsamran W, Pattatang A, Supaattagorn P, Chiawiriyabunya I, Namthaisong K, Wongsena M, et al. Cancer in Thailand volume IX 2003-2015. Bangkok Thailand: National Cancer Institute Ministry of Public Health; 2018
- [8] Cancer Registry Unit, National Cancer Institution, Hospital – Based Report 2011-2020. https://www.nci.go.th/e_book/hosbased_2011-2020/index.html (accessed on 22 Sep 2021)
- [9] Lertbutsayanukul C, Rojpornpradit P. Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT; <https://www.chulacancer.net/education-inner.php?id=393> (accessed on 16 May 2021).
- [10] Khan FN. The physics of radiation therapy 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
- [11] International Atomic Energy Agency. Radiotherapy facilities: master planning and concept design considerations. IAEA human health reports No. 10. <https://www.iaea.org/publications/10561/radiotherapy-facilities-master-planning-and-concept-design-considerations> (accessed on 16 May 2021).
- [12] Michael Joiner, Albert van der kogel, Basic Clinical Radiobiology. Britain: Hodder Arnold; 2009.
- [13] Suriyapee S, Sanghangthum T, Oonsiri P, et al. Physics of radiotherapy. Ideol digital print; 2020. 70-172.
- [14] Thai association of radiation oncology (THASTRO). Radiotherapy new patient report. <https://www.thastro.org/Statistics-Online> (accessed on 16 May 2021).
- [15] Khuanchana S, Lapo K, Boonlerd A, Uadrang S. Cost Analysis and Break-Even Point Radiation Services with Helical Tomotherapy in Cancer Specialized Hospitals. Lopburi: Lopburi Cancer Hospital; 2021.
- [16] Uadrang S, Chalermchawalit W, Tungksmith T, Rakjirawat K, Rueansri J, Jirojmontri T, et al. Break-Even Point of Intensity Modulated Radiotherapy Machines and Volumetric Modulated Arc Therapy Machines for Cancer Treatment. Lopburi: Lopburi Cancer Hospital. Regional Cancer Hospital and National Cancer Institute; 2019.
- [17] Chonsani K, Attasit S, Nirin K, Narong C, Surin U, Pichet U, et al. Unit Cost and Break-Even Point of the Intensity

Modulated Radiotherapy and the Volumetric Modulated Arc Therapy for Head and Neck Cancer Treatment. Nonthaburi: Institute of Medical Research and Technology Assessment; 2018.

- [18] Rojanamatin J, Ukranun W, Supaattagorn P, Chaiwiriyaunya I, Wongsena M, Chaiwerawattana A, et al. Cancer in Thailand

volume X 2016-2018. Bangkok Thailand: National Cancer Institute Ministry of Public Health; 2021.