

เครื่องรักษาโรคมะเร็งชนิดลิเนียร์ แอ็คเซลเลอเรเตอร์

ภิญโญ กำภู ณ อยุธา*

Kumphu Na Ayudhya P. Linear accelerator and auxiliary equipment. Chula Med J 1988 Apr; 32(4): 313-318

The number of cancer patients coming to Chulalongkorn Hospital continues to increase every year. Recently, the Cancer Centre Project has been established in our department and a newly constructed building has added 80 beds for radiotherapy patients. In addition, the Thai government has granted a budget to purchase a complete set of facility for the treatment of cancer. The equipment is composed of one Linear Accelerator, a Simulator, 3-D treatment planning system and Radiotherapy management system.

The steps by which radiation therapy is performed by these complete facilities are as follows:-

- 1. The representations of the tumor and surrounding structures are visualized from the CT scanner or Ultrasound.*
- 2. The information is then forwarded to the treatment planning system. The optimized treatment portal is obtained from the computerized treatment planning.*
- 3. The fields are then marked on the patients with the simulator and on which films, two or three principal planes of the patient are taken.*
- 4. The set up instruction is then passed on to the record and the verification computer that control the treatment unit.*

The Linear Accelerator produces 6 and 10 MV x-rays and 6-20 MeV electron beams. The electron beam has a distinct advantage in the treatment of malignant lesions of limited depth. All patients with tumor of thorax and abdomen, particularly those who are large or obese may best be treated with a high energy x-ray beam.

The complete set of high energy Linear Accelerator will continue our Hospital's attitude of excellence in service, research, and teaching.

However, additional advanced equipments such as Hyperthermia, High dose rate remote control of brachytherapy, Neutron generator, will help the centre to operate more perfectly and successfully. We look forward to having all of them in the future.

Reprint requests: Kumphu Na Ayudhya P, Department of Radiology, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok 10500, Thailand

Received for publication. February 29, 1988.

สถิติของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์⁽¹⁾ รายงานว่าในปี พ.ศ. 2517 มีผู้ป่วยมะเร็งจำนวน 737 ราย ในปี พ.ศ. 2526 มีผู้ป่วยมะเร็งถึง 2154 ราย แสดงว่าในช่วงระยะเวลา 9 ปี มีผู้ป่วยโรคมะเร็งเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 3 เท่า ภาควิชาและแผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เห็นความสำคัญของปัญหาโรคมะเร็ง ซึ่งขณะนี้ เป็นปัญหาระดับชาติปัญหาหนึ่ง อันเนื่องจากอัตราการเกิดโรคมะเร็งเพิ่มขึ้นทุกปี และขณะนี้อุบัติการณ์เกิดโรคมะเร็งนับเป็นลำดับที่ 3 ของประเทศไทย จึงได้จัดตั้งโครงการศูนย์ป้องกันและรักษาโรคมะเร็งขึ้น โดยได้สร้างอาคาร 10 ชั้น ซึ่งสามารถรับผู้ป่วยได้เพิ่มขึ้นอีก 80 เตียง จากเดิมซึ่งมีอยู่ 50 เตียง นอกจากนี้ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ยังได้รับงบประมาณจากรัฐบาลเพื่อจัดซื้ออุปกรณ์ในการรักษาโรคมะเร็ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของการรักษา ดังนั้นโดยประมาณเดือนมีนาคม พ.ศ. 2532 ภาควิชาและแผนกรังสีวิทยา จะติดตั้งเครื่องรักษาโรคมะเร็งครบทั้งชุดคือ เครื่องรักษาโรคมะเร็ง ชุด Linear Accelerator ในตึกใหม่ที่จะจัดสร้างขึ้นแทนที่ตึกแก้ว อัครวนนท์ ในปัจจุบันนี้ เครื่องชุดนี้ประกอบด้วย

1. เครื่อง Linear Accelerator ใช้ทำลายเซลล์มะเร็ง เป็นเครื่องที่ให้รังสีเอกซ์ที่มีค่าพลังงานสูงสุด 6 และ 10 Mev ใช้รักษามะเร็งที่อยู่ลึกลงไปใต้ผิวมาก และยังให้ลำอิเล็กตรอนที่มีค่าพลังงาน 6 - 20 Mev ใช้รักษามะเร็งที่

อยู่ตื้นใกล้ผิวหนังได้

2. เครื่อง Simulator ใช้แสดงภาพลำรังสีที่ฉายผ่านตัวผู้ป่วยเช่นเดียวกับในขณะที่ทำการรักษาด้วยเครื่อง Linear Accelerator และสามารถบันทึกภาพไว้เป็นหลักฐานได้

3. เครื่อง Treatment Planning System - CT interface ใช้วางแผนการฉายลำรังสีให้ถูกต้องตามเทคนิคและคำนวณค่าปริมาณรังสีที่กระจายในตัวผู้ป่วยได้

4. เครื่อง RMS (Radiotherapy Management System) ใช้บันทึกข้อมูลในการใช้ลำรังสีรักษามะเร็งและการทำงานของเครื่อง Linear Accelerator เพื่อป้องกันความผิดพลาดอันอาจจะเกิดขึ้นจนเป็นอันตรายต่อผู้ป่วยได้

หลักการการทำงานของเครื่องรังสีรักษาชุด Linear Accelerator

เครื่องรังสีรักษาชุดนี้ใช้ร่วมกับเครื่องมือทางรังสีวินิจฉัย เช่น CT - Scan และ Ultrasonography เป็นต้น⁽²⁾ ทำให้การรักษาได้ผลดีมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เพราะขนาดและตำแหน่งของก้อนมะเร็งที่ถูกต้องอาจหาได้จาก CT - Scan และนำ magnetic disc ซึ่งบันทึกภาพนั้นมาใส่เป็นข้อมูลในเครื่อง Treatment Planning อาศัยข้อมูลทางการตรวจและการตัดสินใจของแพทย์ประกอบการวางแผนการรักษาต่อไป ดังแผนผังในรูปที่ 1

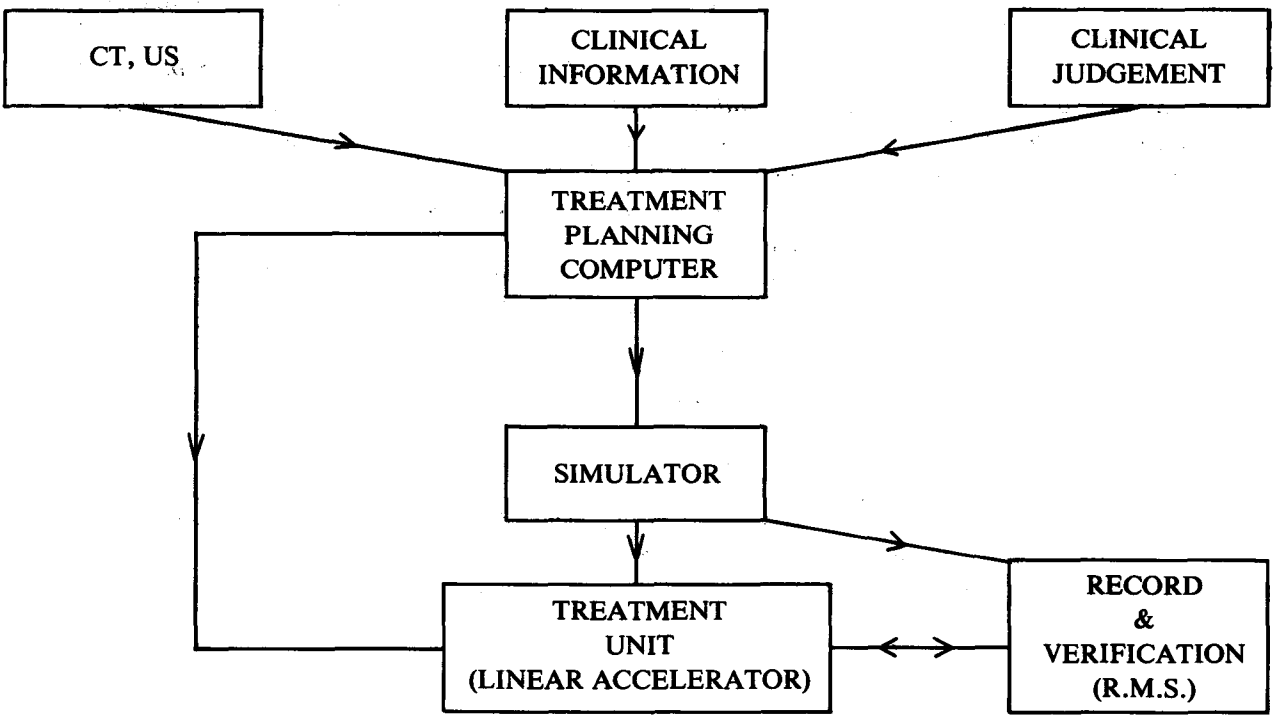


Figure 1 Steps by which radiation therapy simulation should be done in 1989 at Chulalongkorn Hospital.

ในการวางแผนการรักษาเครื่อง Treatment Planning จะบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับเทคนิคของการฉายรังสีรักษาผู้ป่วย เช่น ขนาดและชนิดของลำรังสี มุมของการฉายรังสี ปริมาณรังสีที่จุดต่างในตัวผู้ป่วย เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้ อาจแสดงเป็นภาพหลายเส้นสองมิติ และเป็นภาพแสดงความลึกสามมิติได้ แสดงให้เห็นชัดว่าลำรังสีที่ฉายให้ผู้ป่วยนั้น ครอบคลุมบริเวณเนื้อร้ายอย่างไม่มีส่วนเหลือ ทั้งไม่ทำลายอวัยวะสำคัญอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงกันด้วย

ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปทดสอบด้วยการทดลองฉายรังสีจริง ๆ แก่ผู้ป่วยด้วยเครื่อง Simulator เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าการฉายรังสีด้วยเทคนิคนั้น ๆ ไม่มีการผิดพลาดเด็ดขาด การที่เครื่อง Simulator นี้สามารถทดสอบได้ก็ เพราะเป็นเครื่องเอกซเรย์ประเภท Fluoroscopy ที่มี Image intensifier หมุนได้รอบจุด isocenter สามารถจัดระยะการฉายรังสี แสดงขนาดและทิศทางของลำรังสีซึ่งมองไม่เห็น

ด้วยตาเปล่าให้ปรากฏเห็นได้ชัดเจนบนจอทีวีดังเช่นในขณะ ที่ผู้ป่วยนอนรับรังสีจากเครื่อง Linear Accelerator ทุก ประการ และยังสามารถบันทึกไว้เป็นหลักฐานได้ด้วยภาพ เอกซเรย์อีกด้วย

ในการจัดผู้ป่วยฉายรังสีด้วยเครื่อง Linear accelerator นั้น เครื่อง RMS จะทำการตรวจสอบเทคนิค ถ้าเทคนิค เขียนตั้งเทคนิคไม่ถูกต้องตามข้อมูลที่ได้จาก Simulator เครื่อง RMS จะตัดวงจรทันที ทำให้ไม่สามารถเปิดเครื่องได้ ต้อง ปรับหรือจัดให้ถูกต้องเสียก่อนจึงจะเปิดเครื่องทำการรักษาผู้ป่วยได้ ทำให้คาดได้ว่า ผลของการรักษาจะต้องดีขึ้น และ อัตราการรอดชีวิตของผู้ป่วยย่อมจะต้องสูงขึ้นด้วย

เครื่อง Linear Accelerator ทางกายภาพเป็น เครื่องมือที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงทำงานต่อเนื่องกันเป็นระบบ ดังแผนผังในรูปที่ 2⁽³⁾

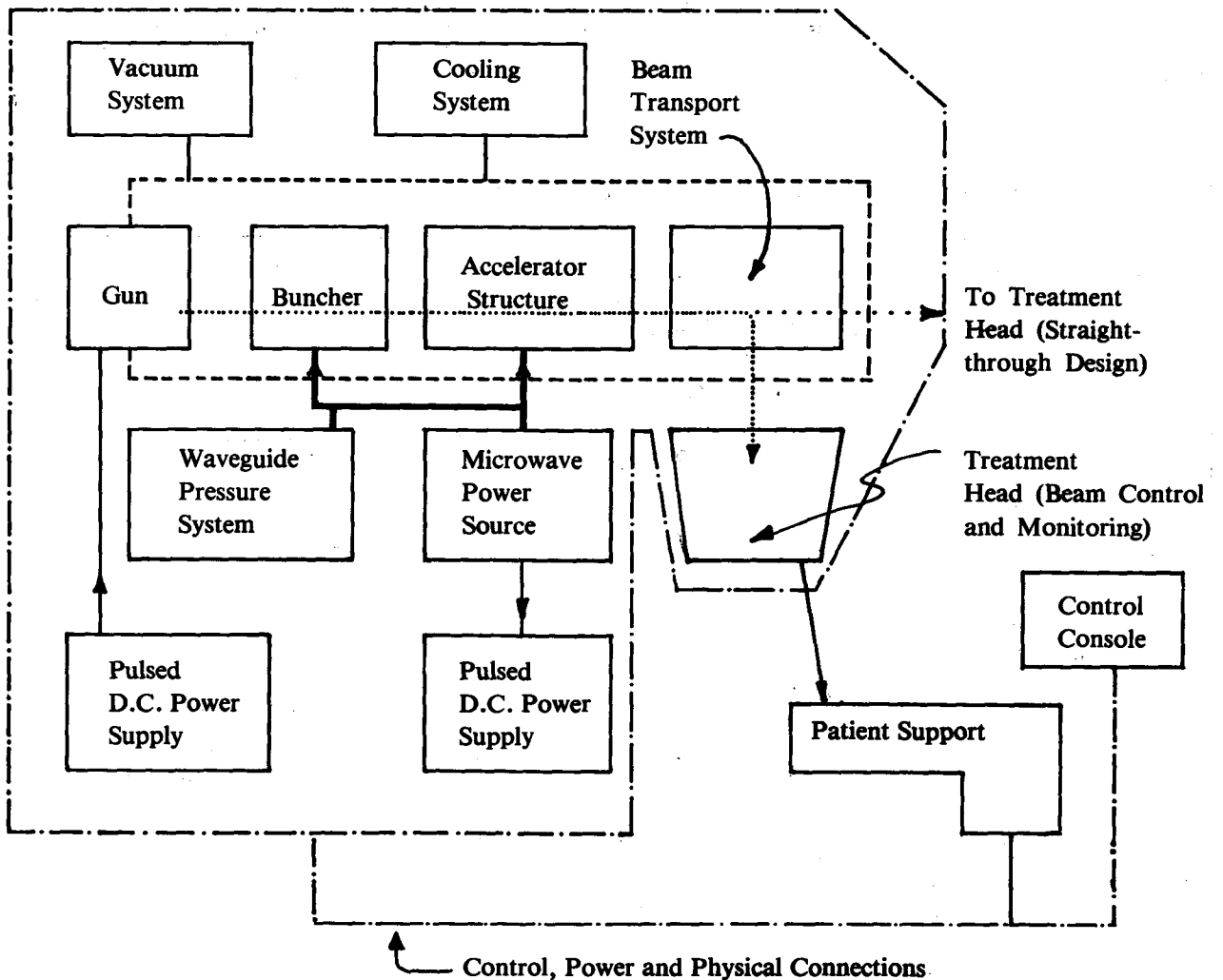


Figure 2 Block diagram of the medical linac.

การทำงานของเครื่องนี้ เริ่มจากระบบ Power supply ชนิดกระแสตรง (ซึ่งได้มาจากการแปลงกระแสสลับไฟฟ้าสามเฟสให้เป็นกระแสตรง) ส่งไฟไปเลี้ยง Electron gun เพื่อผลิตอิเล็กตรอนและเลี้ยงหลอด Klystron เพื่อผลิต Microwave ที่มีพลังงานสูงส่งเข้า Wave guide อิเล็กตรอนจะรวมกันเป็นกลุ่มใน Buncher มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร และวิ่งด้วยความเร็วสูงใน Accelerator cavity วิ่งผ่านเข้าสนามแม่เหล็กที่ Beam transport system ทำให้ลำอิเล็กตรอนวิ่งมาชน Scattering foil ใน Treatment head ได้ลำอิเล็กตรอนที่มีขนาดใหญ่มากตามต้องการฉายรักษาผู้ป่วย ทั้งยังสามารถเลือกค่าพลังงานได้อีกถึง 5 ค่าด้วย คือ 6, 9, 12, 16, 20 Mev และถ้าเปลี่ยนค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กใหม่ก็อาจทำให้ลำอิเล็กตรอนวิ่งชน tungsten target เกิดเป็นรังสีเอกซ์ ที่มีพลังงานสูงสุดถึง 6 และ 10 Mev ได้ ซึ่งเป็นเครื่อง Linear Accelerator เครื่องแรกในประเทศไทยและ South East Asia ที่สามารถผลิตรังสีเอกซ์ได้ถึง 2 ค่าพลังงานในเครื่องเดียวกัน

Advantage ของเครื่อง Linear Accelerator

ในปัจจุบันนี้ภาควิชาและแผนกรังสีวิทยา มีเครื่องโคบอลต์ให้รังสีแกมมา ขนาดพลังงาน 1.25 Mev ใช้รักษาโรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ จำนวน 2 เครื่องโคบอลต์เครื่องแรกติดตั้งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2507 (Theratron 80) โดยรัฐบาลแคนาดาเป็นผู้บริจาค และโคบอลต์เครื่องที่สอง (Eldorado 78) ติดตั้งในปี พ.ศ. 2518 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวและสมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าพระราชทานให้ เครื่องแรกได้เปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีไปถึงสองครั้ง คือในปี พ.ศ. 2518 และในปี พ.ศ. 2527 ส่วนเครื่องที่สองได้เปลี่ยนต้นกำเนิดไปเมื่อปี พ.ศ. 2527

ขณะนี้ทั่วโลกนิยมใช้ Linear accelerator แทนเครื่องโคบอลต์ -60 ด้วยคุณภาพที่เหนือกว่าหลายประการ โรงพยาบาลต่าง ๆ พากันเลิกใช้โคบอลต์ -60 และหันมาใช้เครื่อง Linear Accelerator แทน ในประเทศไทยขณะนี้ มีโรงพยาบาลที่ติดตั้งเครื่อง Linear Accelerator แล้วถึง 3 แห่ง คือ ที่โรงพยาบาลมหाराชา นครเชียงใหม่, โรง

Table 1 Comparison between characteristics of Co-60 and Linear Accelerator machines

Characteristics	Co-60 Unit	Linear Accelerator
1. Source of radiation	decay constantly; require source replacement every 10 years for 6000 mCi (cost about 1,000,000 baht)	no decay
2. Output	max 200 R/min	max. 400 R/min
3. Treatment time	long	short
4. Patient positioning	difficult	easy
5. Penetrating power	not very high	very high suitable for deep seated tumour
6. Skin reaction	more	less
7. Penumbra region	large	small
8. Dose distribution	not uniform	uniform
9. Type of radiation	γ - rays	x-rays and electron, the latter is suitable for treatment of malignant lesions of limited depth, sparing normal tissue
10. Percentage depth dose at 10 cm	56%	67% (6 MV) 73% (10 MV)
11. Functioning	limited performance	greater ability and superior performance
12. Special technique for irradiation (TBI, HBI, IORT, SRS)	inoperable	operable
13. Electron arc therapy	inoperable	operable

พยาบาลพระมงกุฎเกล้า, สถาบันมะเร็งแห่งชาติ และที่โรงพยาบาลศิริราช กำลังติดตั้งเครื่องชนิดนี้อยู่ ตารางที่ 1 แสดงข้อดีของเครื่อง Linear Accelerator เปรียบเทียบกับเครื่องโคบอลต์ที่ใช้รักษาโรคมะเร็งในปัจจุบัน

ลักษณะและการใช้รังสีเอกซ์ขนาด 6 และ 10 Mv

เมื่อสร้างรังสีเอกซ์ขนาด 6 และ 10 Mv ริงผ่านตัวผู้ป่วย ปริมาณรังสีที่ผิวมีค่าประมาณ 20-25% และจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามความลึกของตัวผู้ป่วย จนได้ค่าปริมาณรังสีสูงสุดที่ความลึก 1.5 และ 2.4 ซม. ตามลำดับพลังงานค่า percentage depth dose ที่ 10 cm เท่ากับ 67% และ 73% ตามลำดับ

รังสีเอกซ์ที่มีพลังงานสูงใช้รักษามะเร็งของ Thorax และ Abdomen โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีรูปร่างใหญ่หรืออ้วน ได้ผลดี เกิด fibrosis น้อย นิยมใช้รักษา Hodgkin's disease ซึ่งต้องฉายรังสีเป็นบริเวณกว้าง และยังใช้ในการรักษาผู้ป่วยด้วยเทคนิคพิเศษดังต่อไปนี้

1. Total body or half body irradiation (TBI, HBI)

เป็นการฉายรังสีทั้งลำตัวหรือครึ่งลำตัว ร่วมกับการให้ยาและการทำ Bone marrow transplantation เพื่อรักษาโรค Leukemia และ Lymphoma โดยใช้รังสีเอกซ์ขนาด 6 หรือ 8 MV ฉายจากด้านหน้า และด้านหลังของผู้ป่วยที่ระยะ 5 เมตร ประมาณ 800 rad โดยปิด (shield) ปอดไว้ให้ได้รับรังสีเพียง 600 rad

2. Intraoperative radiotherapy (IORT)

เป็นเทคนิคการฉายรังสีไปยังก้อนมะเร็งขณะผ่าตัด เพื่อเสริมการให้ external radiation หลังการผ่าตัดแล้ว นับว่าเป็นวิธีการรักษาที่สมบูรณ์สามารถหลีกเลี่ยงอวัยวะสำคัญ เช่น ผิวหนัง ลำไส้เล็กหรือปอดได้

3. Stereotatic radiosurgery (SRS)

เป็นการฉายรังสีปริมาณสูงครั้งเดียวด้วยเทคนิค multiple arc⁽⁴⁾ ที่ intracranial target volumes ซึ่งไม่ไวต่อรังสี อยู่ลึก และใกล้ส่วนสำคัญของสมอง ผู้ป่วยจะต้องผ่านการถ่ายภาพด้วย CT หรือ MRI เพื่อกำหนดตำแหน่ง และขนาดของก้อนมะเร็งเสียก่อนจึงจะใช้เทคนิคนี้ได้ วิธีนี้ไม่กระทบกระเทือนบริเวณสมองโดยรอบ และไม่เสียเลือด ใช้เวลาสั้น และอาจใช้รักษา arterio venous malformation ของ brain ซึ่งไม่สามารถรักษาด้วยวิธีผ่าตัดได้

ลักษณะและการใช้ลำอิเล็กตรอน

ลำอิเล็กตรอนเมื่อผ่านเข้าไปในตัวผู้ป่วย จะให้ปริมาณรังสีสูงสุดคงที่ที่ระยะความลึก (treatment depth) ค่าหนึ่ง ซึ่งขึ้นกับพลังงานของลำอิเล็กตรอน หลังจากความลึกค่านั้นแล้วปริมาณรังสีจะลดลงอย่างรวดเร็ว (คุณสมบัตินี้จะแตกต่างไปจากรังสีเอกซ์หรือแกมมาซึ่งเมื่อผ่านตัวกลาง ปริมาณรังสีจะลดลงแบบ exponential) ทำให้สามารถใช้ลำอิเล็กตรอนรักษาเนื้อร้ายที่อยู่ตื้นความลึกจำกัดได้ดี ปริมาณรังสีสูงสุดสามารถกำหนดให้อยู่ในก้อนเนื้อร้าย หลีกเลี่ยงปริมาณของเนื้อเยื่อปกติไม่ให้อยู่ในบริเวณปริมาณรังสีสูงได้

ลำอิเล็กตรอนขนาด 6-20 Mev สามารถรักษาโรคมะเร็งต่าง ๆ ได้⁽⁵⁾ ดังนี้คือ

1. มะเร็งผิวหนังบนใบหน้า มีประโยชน์มากในการรักษาเนื้อร้ายที่อยู่ในบริเวณที่จัดสร้างรังสีเอกซ์ยาก เช่น ที่ตา จมูก และหู และเหมาะกับเนื้อร้ายที่มีบริเวณกว้างบนใบหน้าด้วย เนื้อร้ายที่เป็นขึ้นมาใหม่ภายหลังการรักษาโดยวิธี cautery หรือ surgical excision

2. มะเร็งที่บริเวณหนังทรวงอกและลำคอ ในกรณีที่โรคกลับเป็นขึ้นมาใหม่

3. มะเร็งส่วนบนของระบบหายใจและระบบการย่อยอาหารที่ความลึก 1-5 ซม. จากผิวโดยการใช้ลำอิเล็กตรอนเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับรังสีเอกซ์พลังงานสูง (ในปริมาณรังสี given dose อย่างละเท่ากัน) หรือใช้ร่วมกับการฝังแร่ ซึ่งจะทำให้หลีกเลี่ยงอาการ xerostomia ของ mucous membrane ในบางกรณีอาจจะให้ลำอิเล็กตรอนเสริม external radiation ที่บริเวณเนื้อร้าย

4. ให้ลำอิเล็กตรอนเสริมที่ nodes บริเวณแผลผ่าตัดและก้อนมะเร็งที่ยังหลงเหลืออยู่บนผิว

การใช้ Electron Arc Therapy

การรักษาผู้ป่วยมะเร็งที่ระยะต้น ๆ เป็นผิวโค้ง เช่น หนังทรวงอก หรือท้อง ด้วยอิเล็กตรอน แบบลำคองที่ (Stationary electron beam) มีปัญหาหลายประการ เพราะ applicator ของลำอิเล็กตรอน ไม่สามารถคลุมบริเวณที่ต้องการได้ หรือถ้าคลุมได้อาจเกิดปัญหาปริมาณรังสีที่ผิวโค้งลดลง เมื่อฉายลำรังสีหลายมุมก็เกิดปัญหาของการล้ำกันหรือห่างกันที่ได้ผิว ทำให้จัดสร้างสับนผิวผู้ป่วยได้ยาก อนึ่งการให้ลำรังสีหลายลำก่อให้เกิดอันตรายแก่ส่วนที่ได้รับรังสีมากเกินไป หรือได้รับรังสีน้อยเกินไป ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้ Electron Arc Therapy ซึ่งใช้ได้ดียิ่งในมะเร็งทรวงอกหลังจากทำ Radical mastectomy

สรุป

หน่วยรังสีรักษา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กำลังก้าวไปอีกก้าวหนึ่งเพื่อการรักษาโรคมะเร็งด้วยรังสีจะมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด โดยจะมีเครื่องรักษามะเร็งเร็วชุด Linear Accelerator ในปี พ.ศ. 2532 แต่ก็คาดว่าจะยังไม่บรรลุถึงเป้าหมายที่กำหนดไว้ กล่าวคือยังขาดอุปกรณ์อื่นอีกบางชนิด เช่น

- Hyperthermia ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าการให้ความร้อนร่วมกับการฉายรังสีหรือให้ยา ทำให้การรักษาโรคมะเร็งได้ผลดีขึ้น

- High dose rate remote control ซึ่งเป็นเครื่องมือใส่แร่ ที่ใช้เวลาใส่สั้นผู้ป่วยไม่ต้องอยู่โรงพยาบาล ศูนย์ป้องกันและรักษาโรคมะเร็งมีห้องพร้อมที่จะใส่เครื่องมือนี้ แต่ยังคงขาดงบประมาณจัดซื้อ

- เครื่องกำเนิดนิวตรอน เพื่อรักษาโรคมะเร็ง อนุภาคนิวตรอนนี้มีประสิทธิภาพในการรักษาสูงในเซลล์ชนิดที่ต่อต้านรังสีและขาดออกซิเจน

หน่วยรังสีรักษา หวังที่จะไปถึงจุดหมายในเวลาไม่ช้านี้ ศูนย์ป้องกันและรักษาโรคมะเร็งจะเป็นศูนย์มะเร็งที่ทันสมัยที่สุดแห่งหนึ่ง

อ้างอิง

1. Chulalongkorn Hospital. Statistical report. Bangkok, 1984.
2. Liu CL, Rose CM. Evolution of radiation therapy treatment simulation. Preceedings Eleventh Varian Users Meetings. Marco Island, Florida. U.S.A. May 1986; 83-84
3. The use of electron linear accelerators in medical radiation therapy: physical characteristics. Publications of the Bureau of Radiological Health. Maryland: Overview Report No. 1, 1976.
4. Chierego G. Central nervous system external stereotactic irradiation; physical and dosimetric consideration. Proceeding Varian's Fourth European Clinac Users Meeting May 1984; 18-21
5. Tapley DT. Clinical Applications of the Electron Beam. New York: John Wiley & Sons, 1976. 83-91