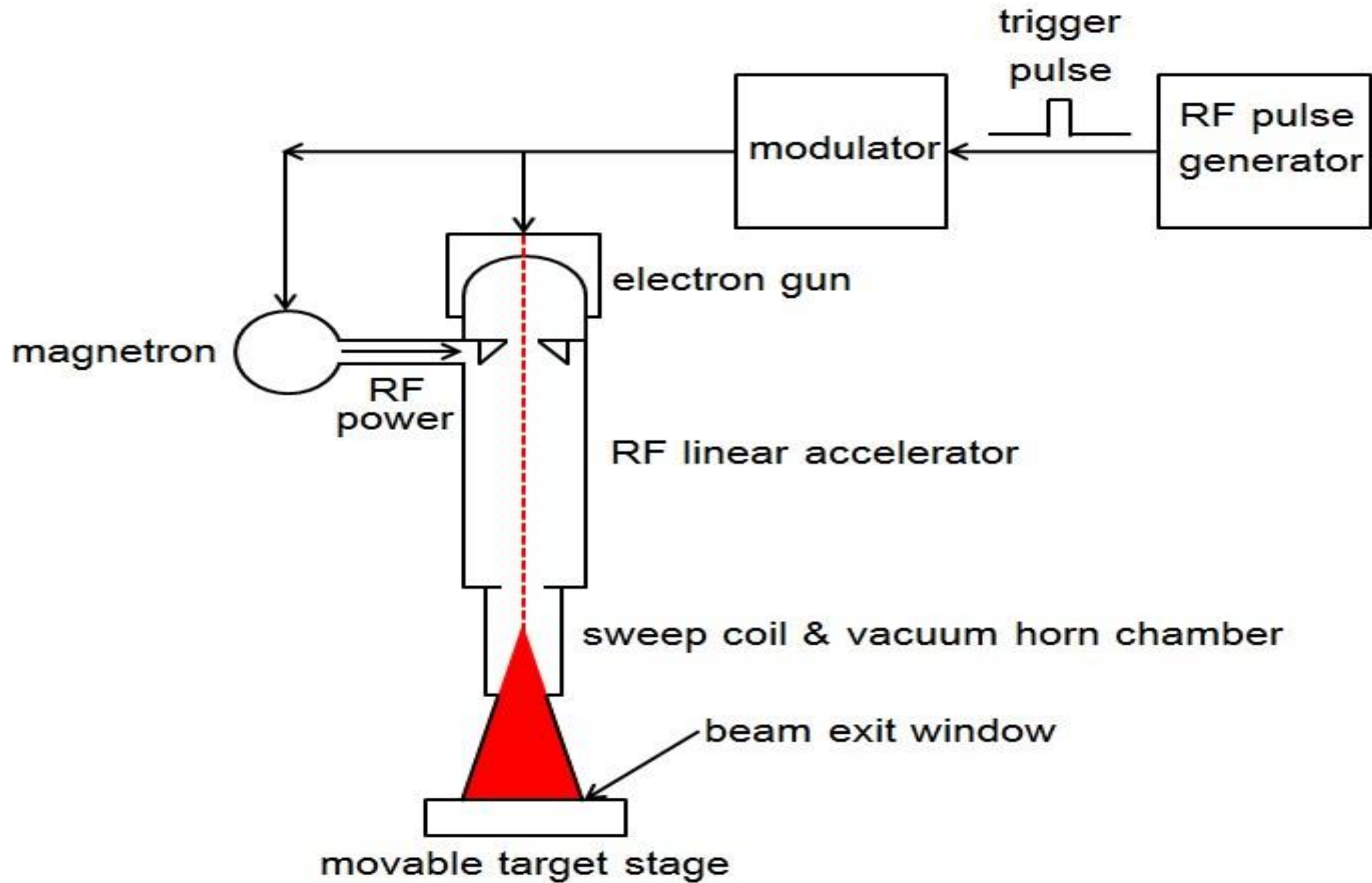
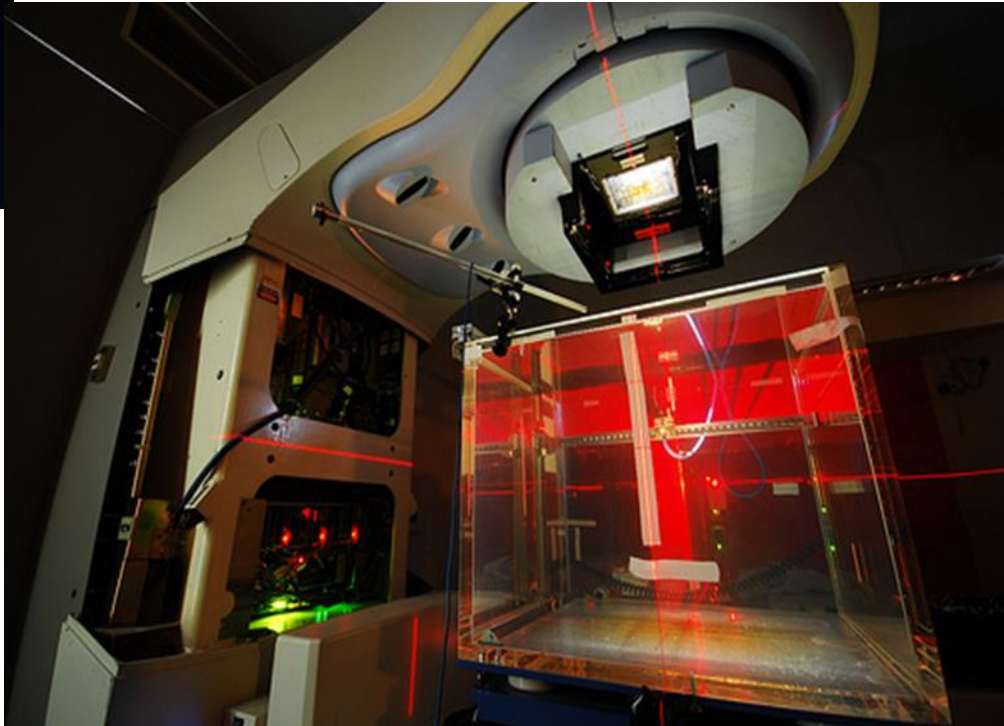
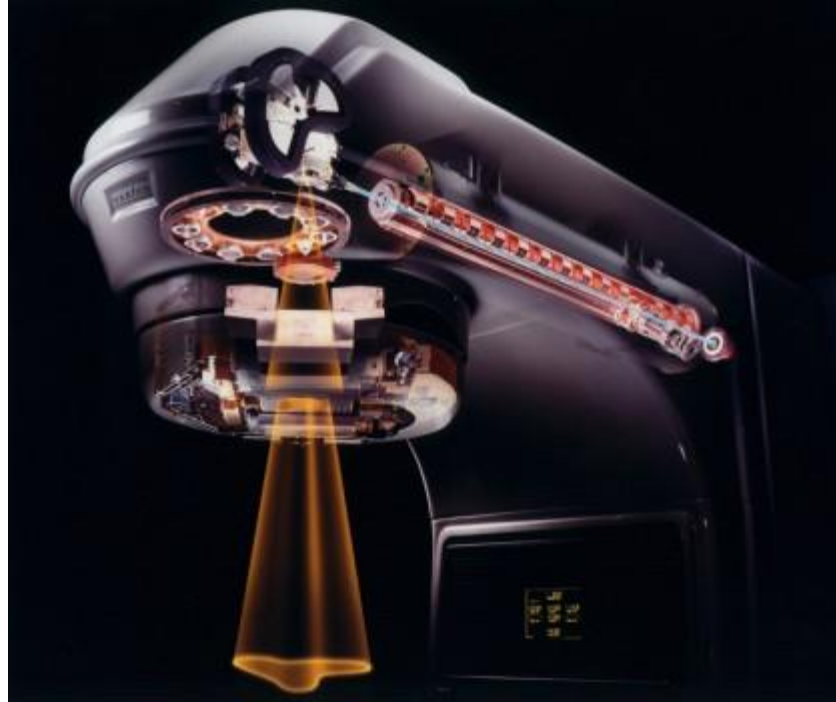


Linear Accelerator

Single photon (X-ray) energy 4 , 6 MV (electron?)

Dual photon (X-ray) energy 6 MV และ/หรือ (10 ,15 ,18 MV)
+ electron (Multileaf collimator?)

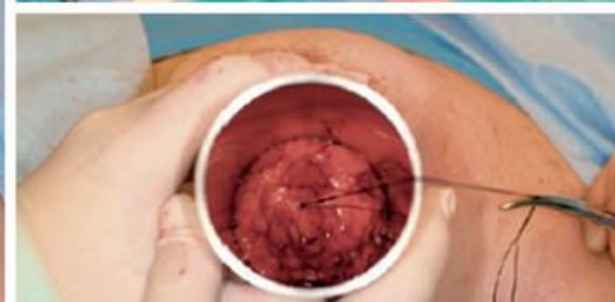




ประเภทของเครื่องเร่งอนุภาค

ทางการแพทย์รังสีรักษา เช่น linear Accelerator , IORT , CYBERKNIFE , TOMOTHERAPY , Proton Therapy , carbon Therapy

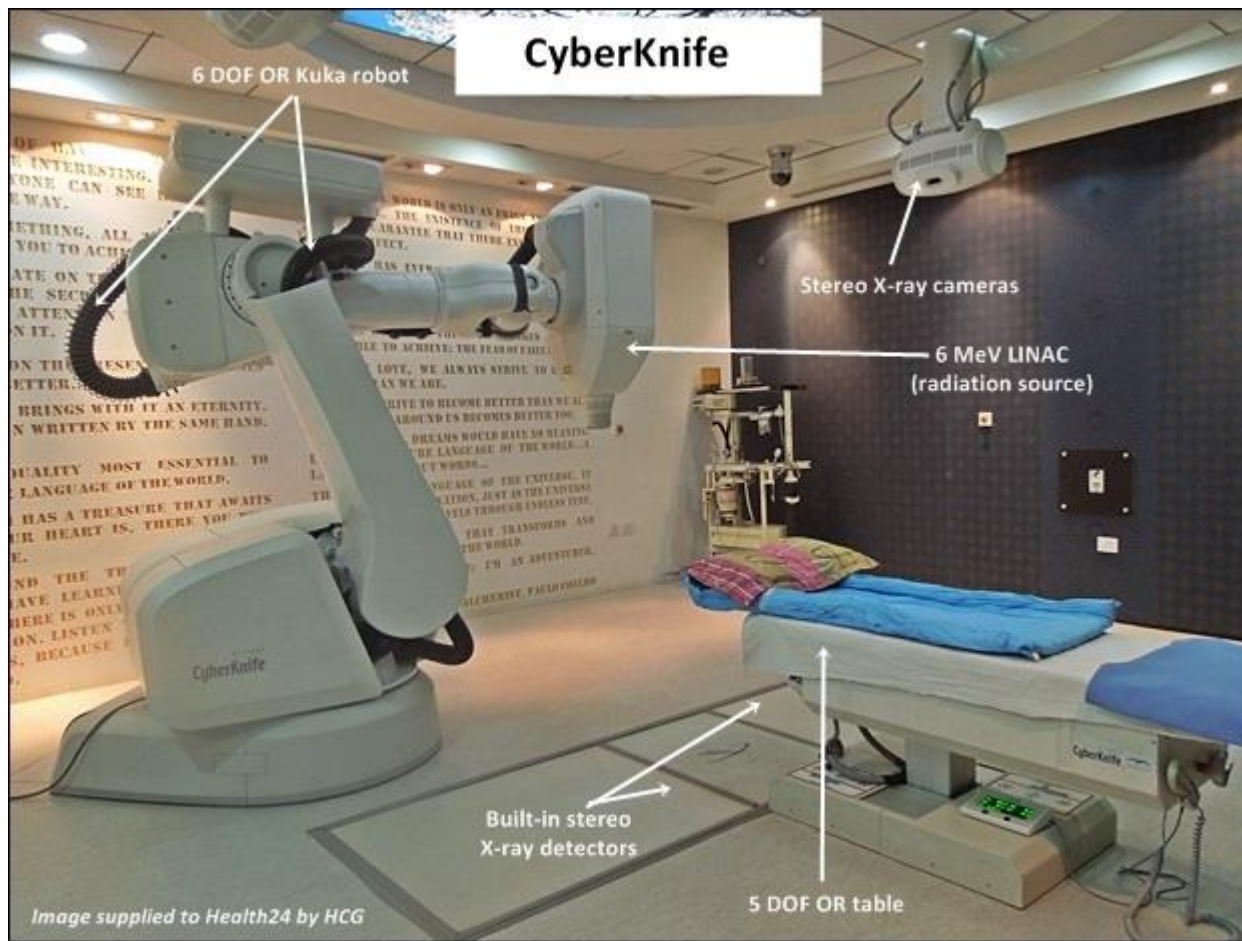


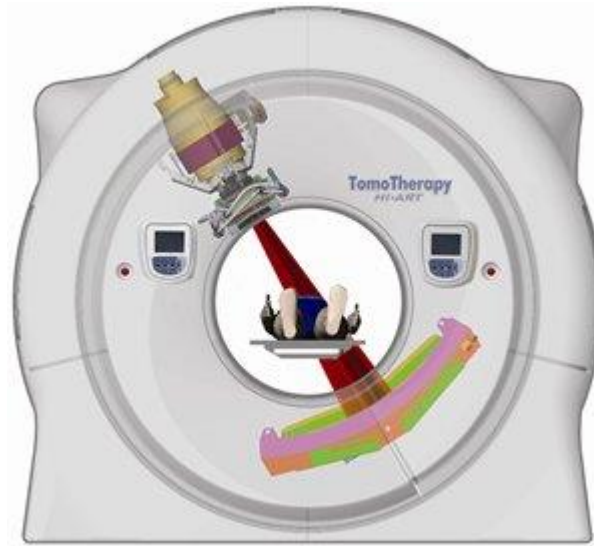
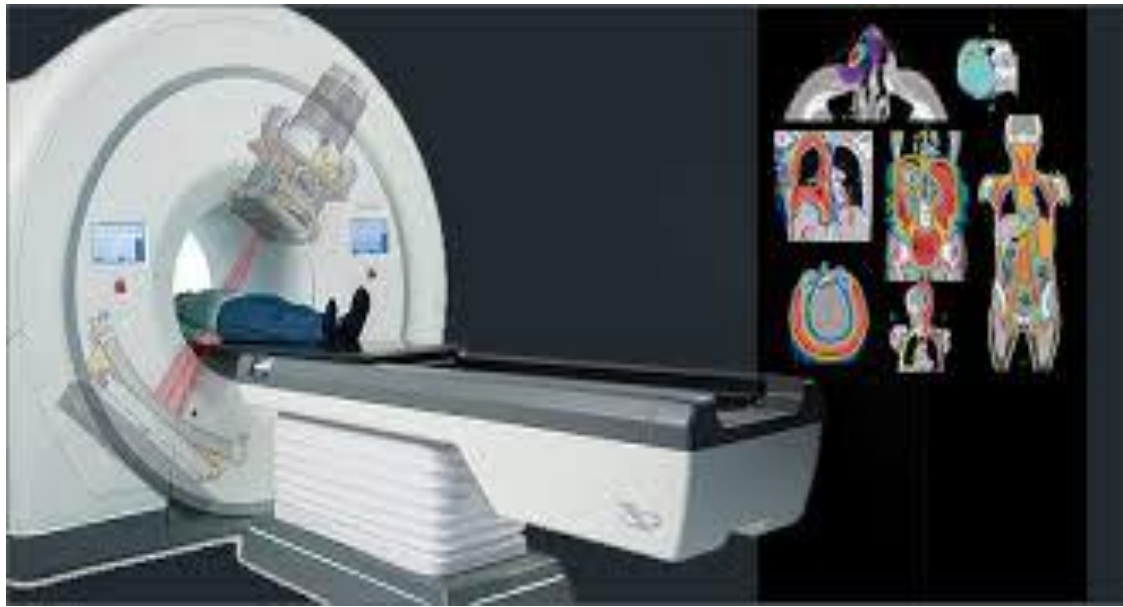


IORT



6



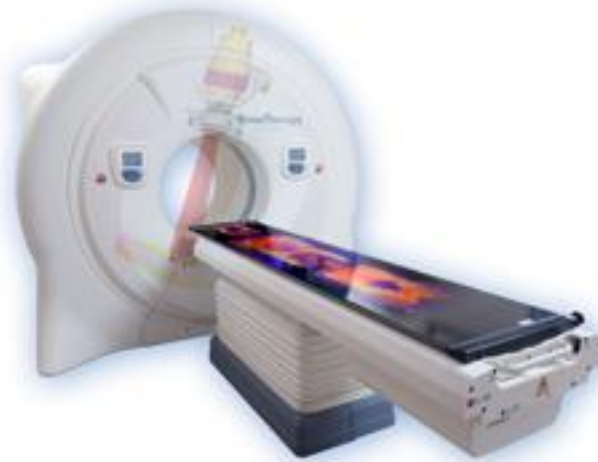


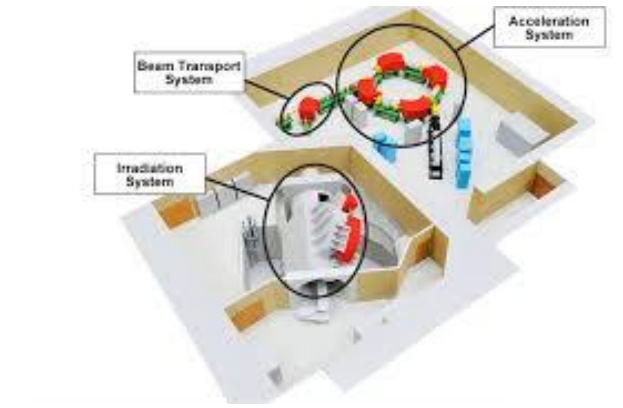
TOMOTHERAPY 6 MV

Isocenter 85 cm.

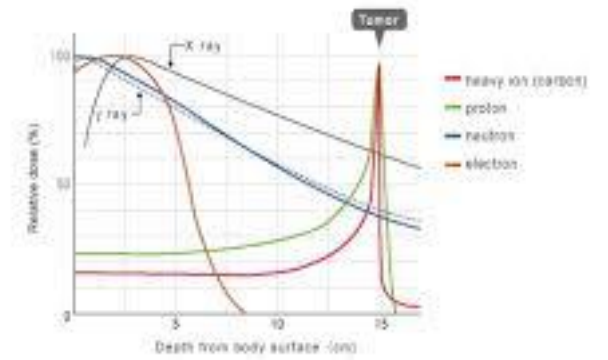
CT simulator

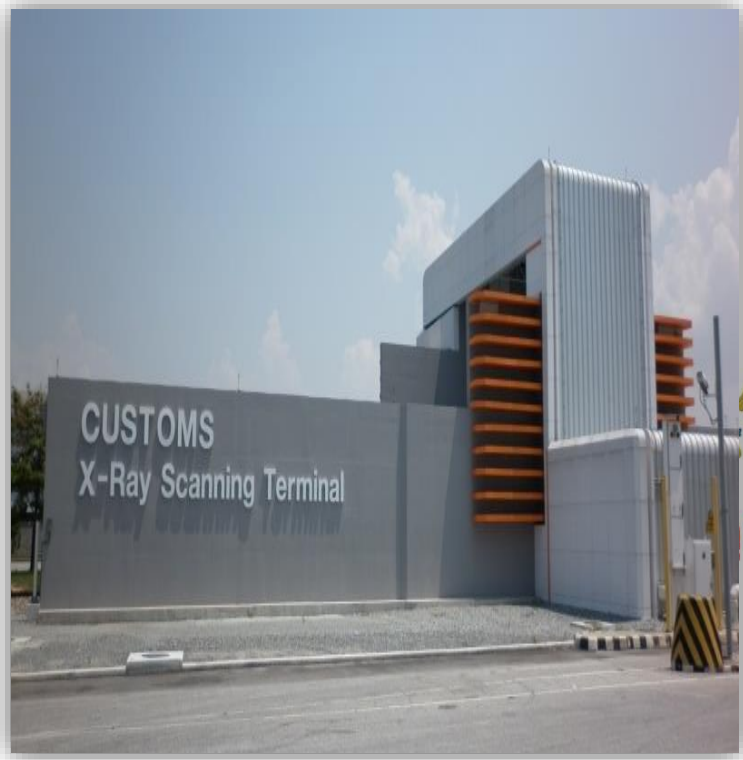
TreaTMENT Planning





Why Proton Beam Radiotherapy?



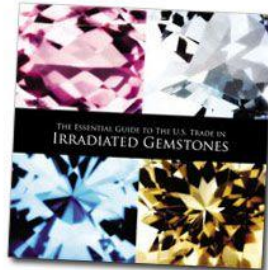
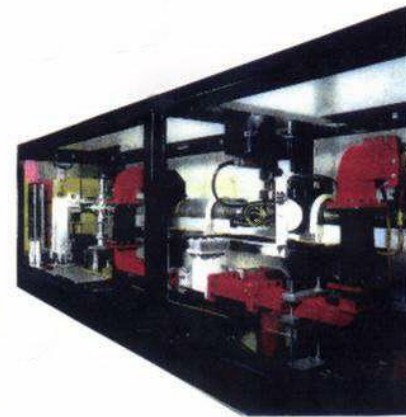


รม

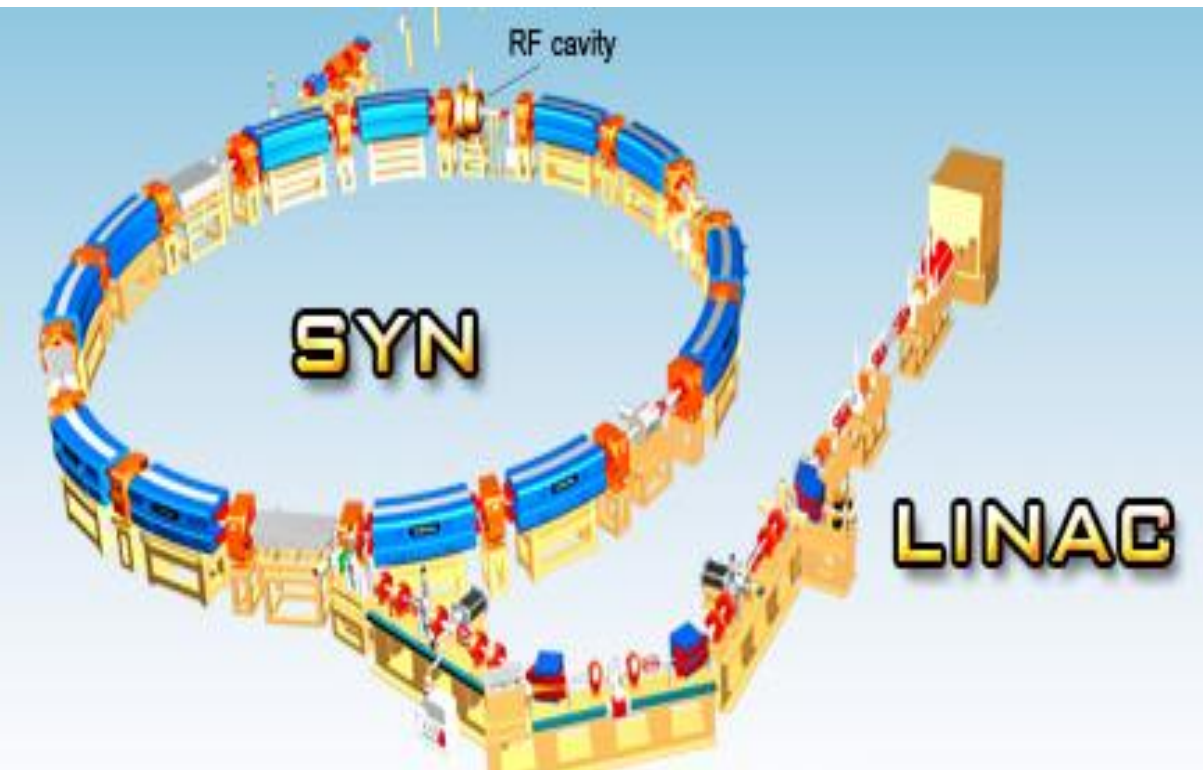
5. เครื่องเร่งอนุภาคในภาคอุตสาหกรรม



อุตสาหกรรมอัญมณี: การเปลี่ยนสีพลอย โดยใช้ลำอิ



ทางด้านศึกษาวิจัย



- ปฏิบัติการตรวจสอบและประเมิน กรณีครั้งแรก

ตัวอย่าง Linac

- จุดบันทึกรายละเอียดเช่น
ชนิดเครื่องห้องที่ติดตั้ง

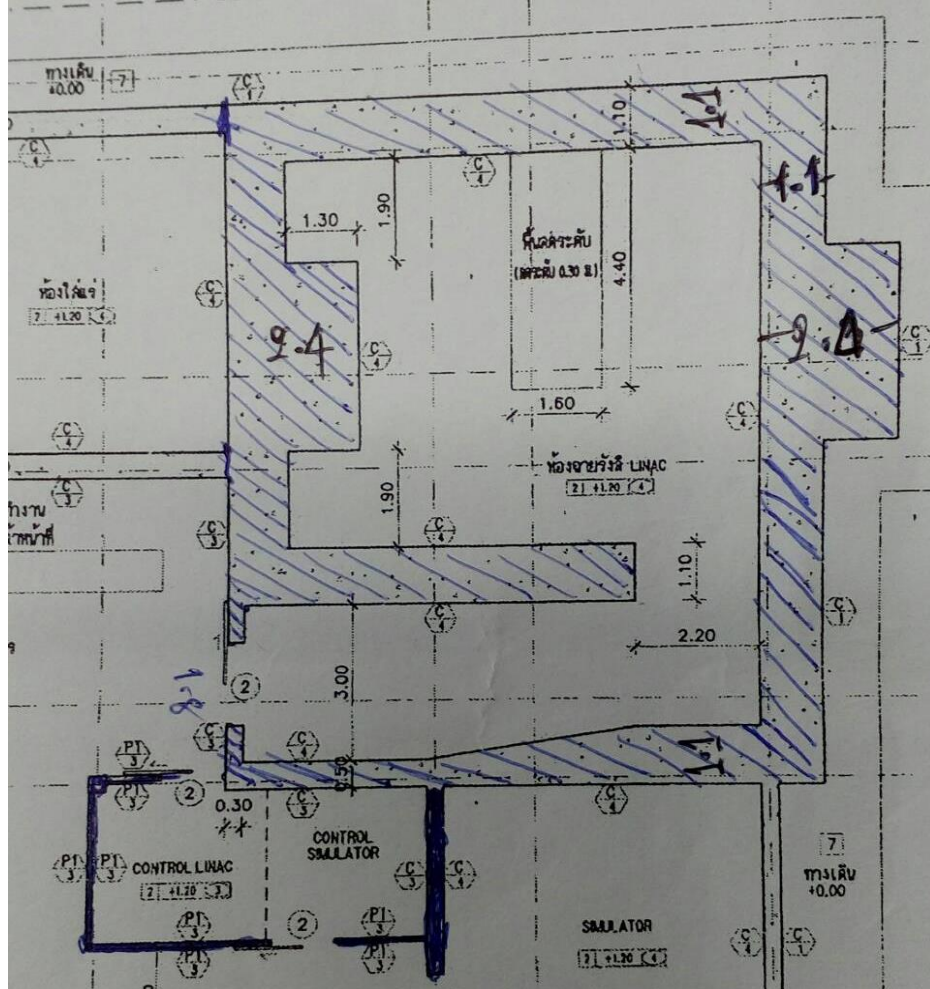


ตัวอย่าง รายละเอียดเครื่อง



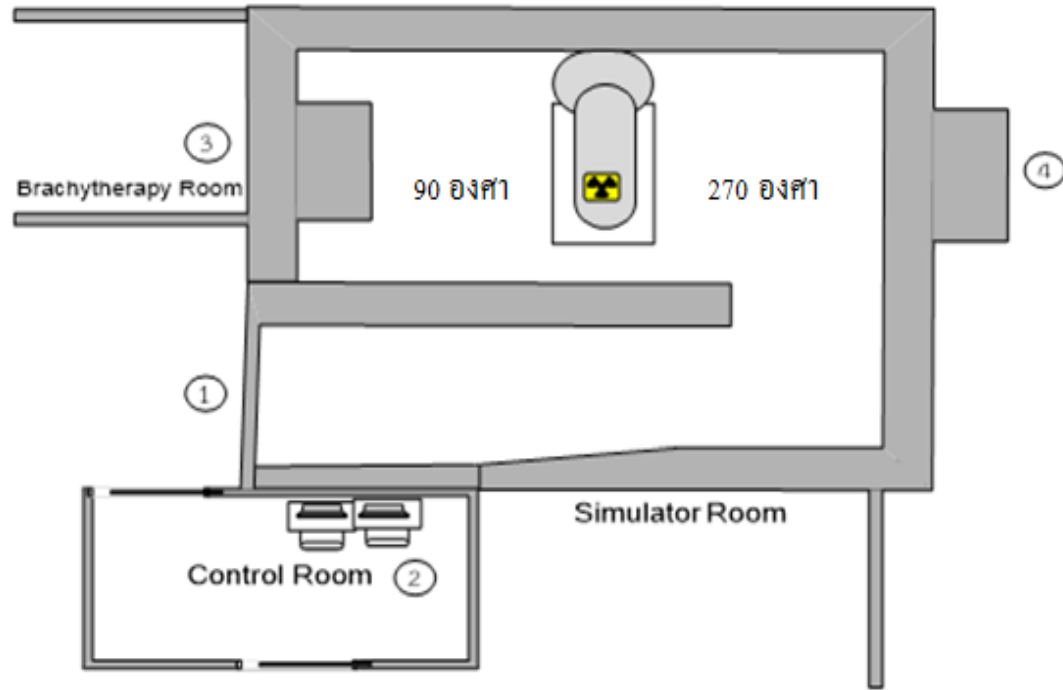
- ผู้ผลิต
- รุ่น
- หมายเลข
เครื่อง
- กำลังสูงสุด

ตัวอย่าง ผังห้อง



- ขนาดห้อง
- ความหนา
- วัสดุ คอนกรีต ตะกั่ว
- ความหนาแน่น (2400 กก/ลบ.ม.)

ตัวอย่าง ผนังห้องรายนาม



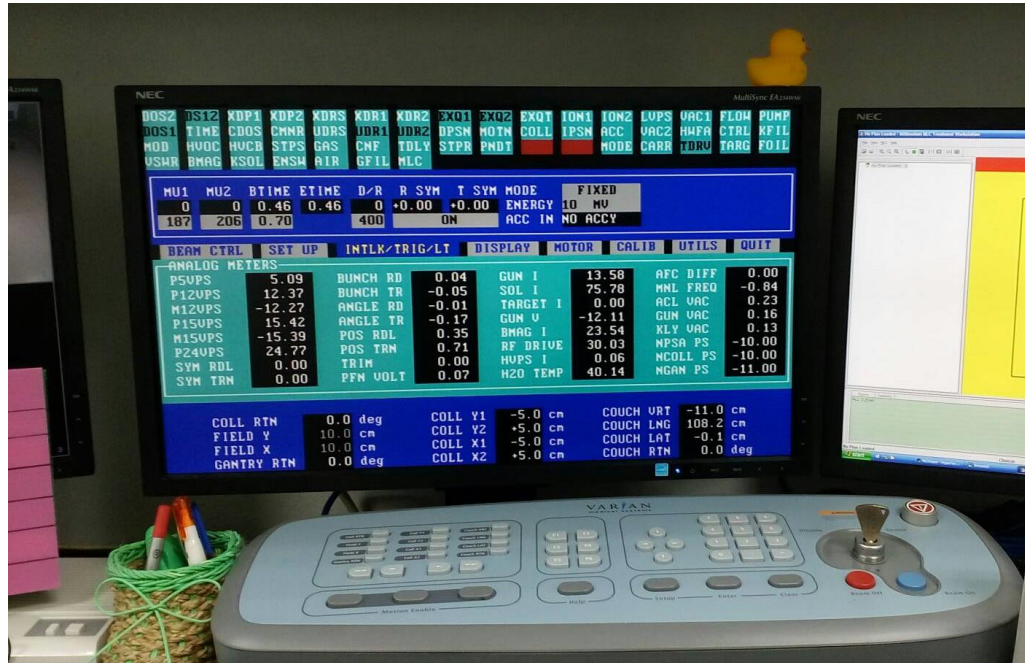
แผนผังแสดงตำแหน่งที่วัดปริมาณรังสีกระเจิง

- แผนผังโดยรอบห้อง
- วางแผนการวัดระดับรังสี
- สอบถามเทคนิคที่ฉาย

* workload

$$0.5 \frac{\text{min}}{\text{fraction}} \times 3.5 \frac{\text{fraction}}{\text{case}} \times 60 \frac{\text{case}}{\text{day}} \times 5 \frac{\text{day}}{\text{week}} = 8.75 \frac{\text{hr}}{\text{week}}$$

ตัวอย่าง การตั้งค่าในการตรวจสอบ



- ฉายที่พลังงานสูงสุด เช่น 6, 10, 15 หรือ 18 MV
- Field size ใหญ่สุด เช่น 40x40cm. สำหรับ Linac หรือ 5x40 cm. สำหรับ TOMO
- Dose rate สูงสุดที่ใช้ เช่น 400 หรือ 600 MU /min

- Monitor Unit (MU) ; 100MU absorb dose = 1 Gy (100rad) at Isocenter
- หรือที่ระยะ Source to Axis Distance (SAD) = 100 cm

ตัวอย่าง การตั้งค่าในการตรวจสอบ (ต่อ)

- ฉายที่ Gantry (และ collimator) 0, 90, 180 และ 270 องศา ทุกตำแหน่งที่วางแผนไว้เช่น ห้องควบคุมเครื่อง หน้าประตูห้องฉาย ห้องข้างเคียงโดยรอบ ชั้นบนที่ตรงห้องฉาย เป็นต้น
- ตั้งเวลาฉายที่เหมาะสมกับเครื่องมือ

* Monitor Unit (MU) ; 100MU absorb dose =1 Gy (100rad) at Isocentor

ตัวอย่าง คำนวณ

$$\text{ค่าที่วัดได้} \frac{\text{uSv}}{\text{hr}} \times \text{work load} \frac{\text{hr}}{\text{week}} \times T \times U = \text{ปริมาณรังสี} \frac{\text{uSv}}{\text{week}}$$

ตัวอย่าง วัดที่ห้องควบคุม Gantry ที่ 90 องศา(ฉายลงเตียง) วัดได้ $0.6 \frac{\text{uSv}}{\text{hr}}$

$$0.6 \frac{\text{uSv}}{\text{hr}} \times 8.75 \frac{\text{hr}}{\text{week}} \times 1 \times 1 = 5.25 \frac{\text{uSv}}{\text{week}}$$

หมายเหตุ U factor สำหรับ Scatter = 1 ,
Primary beam = 1/4

- ต้องมีผู้รับผิดชอบดำเนินการทางเทคนิคเกี่ยวกับรังสี (RSO)

(ที่มีคุณสมบัติตามเงื่อนไขที่สำนักงานฯกำหนด อย่างน้อยหนึ่งคน)

- ต้องมีสถานที่เก็บ ติดตั้งวัสดุกัมมันตรังสี และเครื่องกำเนิดรังสี หรือปฏิบัติงานเกี่ยวกับรังสีที่เหมาะสม

(มีความมั่นคงปลอดภัยตามมาตรฐานที่สำนักงานฯกำหนด)

- กรณีห้องที่ติดตั้งวัสดุกัมมันตรังสีสำหรับการฉายรังสีและเครื่องกำเนิดรังสีที่มีความต่างศักย์มากกว่า **150 kv** จะต้องมีประตูที่สามารถเปิดปิดได้ทั้งจากด้านในและด้านนอกห้อง (**Door Interlock System**) ซึ่งสามารถหยุดการฉายรังสีโดยอัตโนมัติทันทีที่ประตูเปิดหรือมีผู้ผ่านเข้าออก

- ต้องมีเครื่องตรวจวัดระดับรังสี และเครื่องบันทึกรังสี ประจำตัวบุคคลที่เหมาะสม เพื่อระงับหรือป้องกันอันตรายจากรังสีซึ่งอาจมีแก่บุคคล หรือทรัพย์สิน หรือ เพื่อคุ้มครองอนามัยของบุคคล

- ต้องมีมาตรการป้องกันอันตรายจากรังสี และแผนปฏิบัติการกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน จากการแพร่กระจายรังสีในภาวะไม่ปกติ หรือกรณีฉุกเฉินทางรังสี (ตามมาตราฐานที่สำนักงานฯกำหนด)

- ต้องกำหนดพื้นที่ควบคุมโดยทำรั้ว หรือคอกกั้น หรือแสดงขอบเขตให้ชัดเจน และติดป้ายเตือนภาษาไทยระบุข้อความ “ระวัง

อันตรายจากรังสี ห้ามเข้า”

- ต้องติดตั้งเครื่องหมายสัญลักษณ์เตือนภัยทางรังสีพร้อมข้อความหรือคำเตือนภาษาไทยที่เหมาะสม ที่บริเวณรังสี และบริเวณรังสีสูง หรือพื้นที่ควบคุม (รวมทั้งรายละเอียดวัสดุกัมมันตรังสีและเครื่องกำเนิดรังสี) เครื่องหมายสัญลักษณ์เตือนภัยทางรังสีต้องเป็นไปตามแบบมาตรฐานที่กำหนด

- **ต้องติดตั้งไฟกระพริบสีแดง** เพื่อเตือนภัยบริเวณรังสีสูง (ค่าระดับรังสีมากกว่า $25 \mu\text{Sv/hr}$) ให้ชัดเจน

- **ต้องอบรมบุคคลที่ทำงานในบริเวณรังสี** ให้เข้าใจและทราบถึงอันตรายจากรังสีและวิธีป้องกันอันตรายจากรังสี (เบื้องต้น) และฝึกซ้อมตามแผนการป้องกันและระงับอันตรายจากรังสี อย่างน้อย**ปีละหนึ่งครั้ง**

- ต้องระมัดระวังมิให้บุคคล ที่ทำงานในบริเวณรังสี ได้รับรังสีเกินกำหนดดังต่อไปนี้

สำหรับตลอดทั่วร่างกาย

ไม่เกิน 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี โดยเฉลี่ยในช่วง 5 ปีติดต่อกัน

- ทั้งนี้ ในแต่ละปีจะรับรังสีได้ ไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ต

- และตลอดในช่วง 5 ปีติดต่อกันนั้นจะต้องได้รับรังสี

ไม่เกิน 100 มิลลิซีเวิร์ต

- ผู้รับใบอนุญาตต้องระมัดระวังมิให้
 - หญิงมีครรภ์ ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับรังสี
 - ประชาชนทั่วไป (ยกเว้น ผู้ที่มารับบริการทางการแพทย์)
- ได้รับรังสีเกิน 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี

- ให้เก็บรวบรวมผลประเมินการรับรังสีให้พนักงานเจ้าหน้าที่ตรวจสอบ และเมื่อผู้ได้รับอนุญาตพบว่าผู้ปฏิบัติงานได้รับรังสีเกินกว่า 4000 ไมโครซีเวิร์ต ต่อเดือนให้สอบสวนหาสาเหตุการรับรังสีเกินกำหนดนั้นในทันที และรายงานผลการสอบสวน พร้อมมาตรการป้องกันมิให้เกิดเหตุดังกล่าวซ้ำอีก ต่อสำนักงานภายใน 15 วันนับแต่วันที่ได้

- ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับรังสีต้องได้รับการตรวจสอบสุขภาพอย่างน้อยปีละครั้ง

- มิให้บุคคลที่มีอายุต่ำกว่า 16 ปี เข้าไปใน บริเวณรังสี ($> 2.5 \mu\text{Sv} / \text{hr}$) และ บริเวณรังสีสูง ($> 25 \mu\text{Sv} / \text{hr}$)

- ผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ควบคุม ต้องมีอายุ 18 ปี ขึ้นไป

- การตรวจสอบสถานที่ติดตั้งใช้เครื่องกำเนิดรังสี
 - สถานที่ติดตั้งต้องสามารถลดอัตราการแผ่รังสีให้อยู่ในระดับปลอดภัย โดยกำหนดให้มีปริมาณรังสีดังนี้
- บริเวณที่มีผลกระทบต่อประชาชนต้องมีปริมาณรังสีไม่เกิน 20 $\mu\text{Sv/wk}$
หรือ 0.6 $\mu\text{Sv/hr}$
 - ระดับรังสีอยู่ในเกณฑ์กำหนด ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....
- บริเวณปฏิบัติงานทางรังสีต้องมีปริมาณรังสีไม่เกิน 400 $\mu\text{Sv/wk}$
หรือ 10 $\mu\text{Sv/hr}$
 - ระดับรังสีอยู่ในเกณฑ์กำหนด ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....

-การนำเครื่องกำเนิดรังสีไปใช้นอกสถานที่จะต้องทำการกั้น
ขอบเขตบริเวณรังสีเพื่อไม่ให้มีการได้รับปริมาณรังสีเกินกว่าค่าที่
กำหนดดังนี้

● บริเวณที่มีผลกระทบต่อประชาชนต้องมีปริมาณรังสีไม่เกิน 20
 $\mu\text{Sv/wk}$

หรือ 0.6 $\mu\text{Sv/hr}$

ระดับรังสีอยู่ในเกณฑ์กำหนด ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....

● บริเวณปฏิบัติงานทางรังสีต้องมีปริมาณรังสีไม่เกิน 400 $\mu\text{Sv/wk}$
หรือ 10 $\mu\text{Sv/hr}$

ระดับรังสีอยู่ในเกณฑ์กำหนด ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....

● ขอบเขตที่กั้นบริเวณรังสีต้องมีระดับรังสีไม่เกิน 25 $\mu\text{Sv/hr}$

ระดับรังสีอยู่ในเกณฑ์กำหนด ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....

-สถานที่ที่ติดตั้งหรือใช้เครื่องกำเนิดรังสีจะต้องมีสัญญาณไฟแสดง
หน้าห้องขณะฉายรังสี ทั้งนี้ให้ยกเว้นเครื่องเอกซเรย์พันทั่วไป

ถูกต้องเหมาะสม ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....

-ห้องที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดรังสีที่มีความต่างศักย์มากกว่า 150 kv
จะต้องมีประตูที่สามารถเปิดปิดได้ทั้งจากด้านในและด้านนอกห้อง
ซึ่งสามารถหยุดการฉายรังสีโดยอัตโนมัติทันทีที่ประตูเปิดหรือมีผู้
ผ่านเข้าออก

ถูกต้องเหมาะสม ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....

-ห้องที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดรังสีที่ใช้ในทางการแพทย์จะต้องสามารถ
มองเห็นผู้ป่วยได้จากตำแหน่งห้องควบคุมโดยผ่านทางระบบ
โทรทัศน์วงจรปิดหรือช่องมองกระจกตะกั่ว

ถูกต้องเหมาะสม ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....

-สถานที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดรังสีต้องมีสัญลักษณ์และเครื่องหมาย
แสดงบริเวณรังสีที่มีข้อความเป็นภาษาไทย โดยอาจมีภาษาอื่นด้วย
ก็ได้ ณ จุดทางเข้าบริเวณรังสีพื้นที่ควบคุม

ถูกต้องเหมาะสม ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....

-สถานที่ที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดรังสีประเภทที่ 1 ต้องมีระบบเตือนภัย
รวมทั้งวิธีปฏิบัติกรณีฉุกเฉิน ณ จุดที่เป็นทางเข้า และตำแหน่งอื่นๆ
ที่เหมาะสมภายในพื้นที่ควบคุมด้วย

ถูกต้องเหมาะสม ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....

-เครื่องกำเนิดรังสีต้องมีสวิตช์เปิดปิดเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้ากำลังเข้า
เครื่องกำเนิดรังสี และต้องมีระบบป้องกันการเปิดปิดเครื่องเพื่อ
ป้องกันมิให้ผู้ที่ไม่มีความสามารถใช้งานเครื่องกำเนิดรังสีได้

ถูกต้องเหมาะสม ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....

-สถานที่ติดตั้งหรือจัดเก็บเครื่องกำเนิดรังสีต้องไม่มีวัตถุระเบิด วัตถุไวไฟหรือวัตถุอื่นใดที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อเครื่องกำเนิดรังสี

ถูกต้องเหมาะสม ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....

- เครื่องกำเนิดรังสีจะต้องมีป้ายเตือนทางรังสี และฉลากแสดงชื่อผู้ผลิต รุ่น หมายเลขเครื่อง ติดไว้ในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจน

ถูกต้องเหมาะสม ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด).....

- ต้องมีการตรวจสอบสภาพการใช้งานเครื่องกำเนิดรังสี และตรวจวัดระดับรังสีโดยรอบเครื่องกำเนิดรังสี บริเวณที่มีผลกระทบต่อประชาชน และบริเวณปฏิบัติงานทางรังสี(ตามแบบรายงานที่สำนักงานฯกำหนด)

ถูกต้องเหมาะสม ปรับปรุงแก้ไข(ระบุรายละเอียด)

