

# บทที่ 7

## รังสีรักษา

### 7. 1 บทนำ

วิธีการรักษามะเร็งทำได้ 3 แบบคือ การผ่าตัด รังสีรักษา และโดยยาหรือที่เรียกว่า "เคมีเทอราปี" (*chemotherapy*) ผลสำเร็จของรังสีรักษาขึ้นกับชนิดและระยะการเจริญเติบโตของมะเร็ง ความชำนาญของนักฟิสิกส์ที่ชำนาญพิเศษในการใช้กัมมันตรังสีรักษาโรคมะเร็ง ชนิดของกัมมันตรังสีที่ใช้ และความถูกต้องแม่นยำของปริมาณกัมมันตรังสีที่ใช้ทำลายมะเร็ง แพศเตอร์ผู้สุดท้ายอยู่ในความรับผิดชอบของนักฟิสิกส์รังสี (*radiological physicist*) ส่วนโรคอื่น ๆ นอกเหนือจากมะเร็งมักไม่นิยมใช้กัมมันตรังสีในการรักษา เนื่องจากผลเสียที่อาจเกิดขึ้นคือมะเร็งที่เกิดจากการกระตุ้นโดยกัมมันตรังสี

ก่อนปี ค.ศ. 1940 รังสีรักษา (การใช้สารกัมมันตรังสีในการรักษาโรค) และรังสีวินิจฉัย (การวินิจฉัยโรคโดยใช้สารกัมมันตรังสี) ใช้พลังงานกัมมันตรังสีระดับเดียวกัน คือในปริมาณน้อยๆ ต่อเมื่อมีการเริ่มปรับปรุงใช้บีทาตรอน (*betatron*) โดย *Kerst* ตั้งแต่ต้นปี ค.ศ. 1940 (บีทาตรอน เป็นเครื่องเร่งอนุภาค สามารถเร่งอิเล็กตรอนจนถึงพลังงาน 45 MeV) จึงเริ่มมีการใช้พลังงานจากกัมมันตรังสีสูงขึ้น

ผลจากข้อผิดพลาดในการคำนวณปริมาณกัมมันตรังสีคือ

- ถ้าปริมาณกัมมันตรังสีน้อยเกินไป มะเร็งมิได้ถูกฆ่าหมดสิ้น
- ถ้าปริมาณกัมมันตรังสีมากเกินไป จะมีผลเสียต่อเนื้อเยื่อปกติ

โพลีที่มีผลต่ออวัยวะของร่างกายขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติเฉพาะตัวของนิวไคลด์รังสี เช่น ชนิดของอนุภาคและพลังงานที่ปล่อยออกมา และช่วงเวลา นิวไคลด์รังสีอยู่ในอวัยวะ ได้มีการกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการหาช่วงเวลา นิวไคลด์รังสีอยู่ในอวัยวะ คือ "ครึ่งอายุเอฟเฟ็คทีฟ" (*effective half-life*) เขียนแทนด้วย  $T_{\frac{1}{2}eff}$  ค่า "ครึ่งอายุทางฟิสิกส์" (*physical half-life*) เขียนแทนด้วย  $T_{\frac{1}{2}phy}$  และค่า "ครึ่งอายุทางชีวภาพ" (*biological half-life*) เขียนแทนด้วย  $T_{\frac{1}{2}bio}$  ค่าครึ่งอายุทางชีวภาพหมายถึง เวลาที่อะตอมของต้นกำเนิดกัมมันตรังสีมีปริมาณลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิมที่ปรากฏในร่างกายมนุษย์

ความสัมพันธ์ของค่าครึ่งอายุดังกล่าวทั้งสามแบบคือ

$$T_{\frac{1}{2}eff} = \frac{(T_{\frac{1}{2}bio})(T_{\frac{1}{2}phy})}{T_{\frac{1}{2}bio} + T_{\frac{1}{2}phy}} \quad (7.1)$$

เมื่อมีการพบเภสัชรังสีชนิดใหม่ จะมีการศึกษาในสัตว์ทดลอง เพื่อหาค่าครึ่งอายุเอฟเฟ็คทีฟในแต่ละอวัยวะนั่นเอง

ตัวอย่าง ก. หาค่าครึ่งอายุเอฟเฟ็คทีฟของ  $^{131}I$  ในธัยรอยด์ ถ้า  $T_{\frac{1}{2}bio} = 15$  วัน และ  $T_{\frac{1}{2}phy} = 8$  วัน

วิธี

แทนค่าลงในสมการความสัมพันธ์ (7.1)

$$T_{\frac{1}{2}eff} = \frac{(15 \text{ วัน})(8 \text{ วัน})}{15 \text{ วัน} + 8 \text{ วัน}} = 5.2 \text{ วัน}$$

ข. หาค่าครึ่งอายุเอฟเฟกทิฟของ  $^{131}\text{I}$  hippuric acid (ใช้ในการทำรีโนแกรม) ถ้าครึ่งหนึ่งของปริมาณถูกกำจัดทางปัสสาวะใน 1 ชม. (i.e.  $T_{\frac{1}{2}} \text{ bio} = 1$  ชม.)

วิธี

$$T_{\frac{1}{2}} \text{ eff} = \frac{(1 \text{ ชม.})(192 \text{ ชม.})}{1 \text{ ชม.} + 192 \text{ ชม.}} = 0.99 \text{ ชม.}$$

ค. หาค่าครึ่งอายุเอฟเฟกทิฟของ  $^{18}\text{F}$  ในกระดูก ถ้า  $T_{\frac{1}{2}} \text{ bio} = 7$  วัน และ  $T_{\frac{1}{2}} \text{ phy} = 110$  นาที (7 วัน  $\approx 10^4$  นาที)

วิธี

$$T_{\frac{1}{2}} \text{ eff} = \frac{(110 \text{ นาที})(10^4 \text{ นาที})}{110 \text{ นาที} + 10^4 \text{ นาที}} \approx 109 \text{ นาที}$$

## 7.2 หน่วยที่ใช้ในรังสีรักษา

หน่วยของรังสีรักษาเดิมใช้อีริทมาโดส (*erythema dose*) คือปริมาณของรังสีเอ็กซ์ที่ทำให้ผิวหนังกลายเป็นสีแดง ประมาณปี ค.ศ. 1930 เริ่มใช้หน่วยเรินต์เกน (ปัจจุบันใช้แทนด้วย R) ซึ่งเป็นหน่วยขึ้นกับการแตกตัวของอากาศ ต่อมาประมาณปี ค.ศ. 1950 มีการเล่นอแรด (*rad*) แทนโดสที่ถูกดูดกลืน เนื่องจากเทอมของการแตกตัวของอากาศไม่ล้ามาารถนำไปใช้กับปริมาณกัมมันตรังสีซึ่งถูกดูดกลืนโดยอวัยวะของร่างกายได้ โดยกำหนดให้

$$1 \text{ แรด} = 100 \text{ เออร์ก/กรัม}$$

หรือกล่าวได้ว่า กัมมันตรังสีซึ่งให้พลังงาน 100 เออร์กกับเนื้อเยื่อ 1 กรัม จะทำให้เนื้อเยื่อได้รับโดสดูดกลืน 1 แรด

หน่วยเรตที่ใช้ได้กับกัมมันตรังสีทุกชนิดในทุกล้าร แต่เรนต์กันใช้กับรังสีเอ็กซ์และแกมมาในอากาศเท่านั้น (เป็นหน่วยของ เอ็กซ์โพเชอร์โดส) กำหนดความสัมพันธ์ของเรตกับเรนต์กันคือ รังสีเอ็กซ์หรือแกมมาประมาณ 1 เรนต์กันจะเกิดโดสที่ถูกดูดกลืนประมาณ 1 แรตในเนื้อเยื่ออ่อน (*soft tissue*) และน้ำถ้าความหนาแน่นของเนื้อเยื่อมากขึ้น อัตราส่วนของเรตต่อเรนต์กันขึ้นกับพลังงานของโฟตอน โดยทั่วไป ค่าพลังงานที่ใช้ในด้านรังสีวินิจฉัยจะมีอัตราส่วนของเรตต่อเรนต์กันในกระดูกประมาณ 4 (กล่าวคือ 1 เรนต์กันจะมีค่าประมาณ 4 แรต) และในด้านรังสีรักษา อัตราส่วนดังกล่าวมีค่าเป็น 1 (หรือใกล้เคียง 1) ทั้งในกระดูกและในเนื้อเยื่ออ่อน

หน่วยเกรย์ (*gray*) เขียนย่อเป็น *Gy* เป็นหน่วยของ โดสอินเตอร์เนชันแนล (*SI unit*) โดยกำหนด

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

และ 
$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ แรต} \quad (\because 1 \text{ J} = 10^7 \text{ ergs})$$

หน่วยเกรย์มีชื่อตาม *Harold Gray* นักฟิสิกส์การแพทย์ชาวอังกฤษผู้ค้นพบออกซิเจนเอฟเฟ็ค (*oxygen effect*)

### 7.3 หลักการของรังสีรักษา

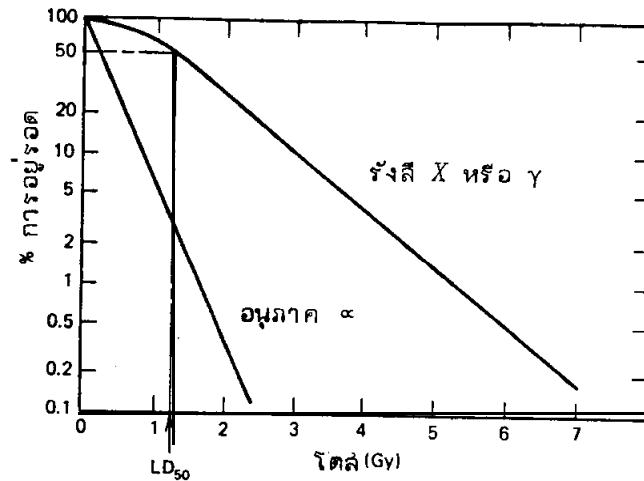
หลักการพื้นฐานของรังสีรักษาคือ ต้องการทำลายมะเร็งให้ได้มากที่สุด ขณะเดียวกับที่ป้องกันเนื้อเยื่อปกติให้ถูกทำลายน้อยที่สุด วิธีการทั่วไปคือกวาดสร้างลิไปยังมะเร็งหลายทิศทาง เพื่อให้เกิดโดสมากที่สุดตรงเนื้อมะเร็ง นอกจากนี้ ยังต้องคำนึงถึงการที่เนื้อเยื่อปกติบางชนิดมีความไวต่อกัมมันตรังสีไม่เท่ากัน

กัมมันตภาพรังสีที่ทำให้เกิดการแตกตัว (*ionizing radiation*) เช่น รังสีเอ็กซ์ และแกมมา จะเป็นตัวแยกอิเล็กตรอนออกจากอะตอมเพื่อทำให้เกิดไอออนบวกและลบ นอกจากนี้ยังทำให้โมเลกุลแตกสลาย ซึ่งอาจมีการสร้างชิ้นใหม่แต่มีลักษณะรูปฟอร์มไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สิ่งจัดเป็นสารเป็นพิษ (*poison*) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันได้มีการศึกษาขบวนการชีวเคมีของการที่รังสีเอ็กซ์ทำลายเซลล์และที่ยอมรับเป็นขบวนการชีวเคมีขั้นพื้นฐานคือรูปฟอร์มทางเคมีเป็นพิษ (*toxic*) ภายในเซลล์ซึ่งเกิดจากการแตกสลายของโมเลกุลปกติ และจะเป็นตัวฆ่าเซลล์

กัมมันตรังสีมีโดสขนาดใดจึงจะฆ่าเซลล์ได้? คำถามนี้เปรียบเสมือนกับการถามว่า - จะต้องใช้ลูกปืนจำนวนเท่าไรจึงฆ่าคนได้นั่นเอง คำตอบคืออาจใช้ลูกปืนลูกเดียวหรือหลายลูกก็ได้ ทั้งนี้ ขึ้นกับว่าลูกปืนยิงถูกตำแหน่ง (อวัยวะ) ที่สำคัญของร่างกายหรือไม่ สำหรับกัมมันตรังสีมีแฟกเตอร์ที่ต้องคำนึงถึงคือชนิดของกัมมันตภาพรังสี ชนิดของเซลล์ สภาวะแวดล้อมของเซลล์ เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิและออกซิเจน เป็นต้น นอกจากนี้ นิวเคลียสของเซลล์ยังมีความไวต่อกัมมันตภาพรังสีมากกว่าไซโตพลาซึม (*cytoplasm*) ที่อยู่ล้อมรอบ ตัวอย่างเห็นได้ชัดในรูปที่ 7.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของเซลล์ฮีลา\* (*Hela cells*) เมื่อโดสกัมมันตรังสีแปรค่า สังเกตได้ว่า เส้นกราฟของรังสีเอ็กซ์และแกมมามีบริเวณเป็นไหล่ (*shoulder*) ขณะที่เส้นกราฟของรังสีแอลฟาไม่มี รังสีเอ็กซ์ประมาณ 1.4 Gy สามารถฆ่าเซลล์ฮีลาได้ครึ่งหนึ่ง ส่วนที่เหลืออีกครึ่งหนึ่งสามารถฆ่าให้ตายได้โดยใช้โดสเพียง 1 Gy ปริมาณกัมมันตรังสีที่ใช้ฆ่าออร์แกนนิซึม (*organisms*) ครึ่งหนึ่งในป๊อปูเลชัน (*population*) (คือเซลล์ หนู คน ฯลฯ) เรียกว่า "ลีทอลโดส 50%" (*lethal dose for 50%*) หรือ  $LD_{50}$  โดยสมมติว่าเป็นการให้กัมมันตภาพรังสีอย่างสม่ำเสมอตลอดทั่วออร์แกนนิซึมในช่วงเวลานั้น ปริมาณดังกล่าวนี้บางทีถูกตัดแปลง

\* เซลล์ฮีลา มีกำเนิดจากมะเร็งในมนุษย์ชนิดหนึ่ง สามารถปลูกได้ในหลอดแก้ว (*in vitro*) มักนิยมใช้ในการทดลองทางชีววิทยารังสี

โดยรวมแพคเตอร์เวลาด้วย ตัวอย่างเช่น ปริมาณกัมมันตรังสีที่จะฆ่า 50% ของออร์แกนส์ซิมใน เวลา 30 วัน เรียกเป็น  $LD_{50}^{30}$  หรือ  $LD_{50}(30)$  สำหรับมนุษย์มีค่า  $LD_{50}^{30}$  ประมาณ 4.5 Gy



รูป 7.1 เปรียบเทียบการอยู่รอดของเซลล์สีลาในฟังก์ชันของโดสจากรังสีเอ็กซ์หรือแกมมาและอนุภาคแอลฟา สังเกตว่าเกรย์แรกของรังสีเอ็กซ์มีผลในการฆ่าเซลล์น้อยกว่าอนุภาคของแอลฟา

ผลของออกซิเจน (*oxygen effect*) ค้นพบโดย Gray ในอังกฤษประมาณปี ค.ศ. 1955 ซึ่งได้สังเกตเห็นว่าเซลล์ที่ถูกฉายรังสีโดยมีออกซิเจนอยู่ด้วยจะถูกฆ่าได้ง่ายกว่าเซลล์ที่ไม่มีออกซิเจนอยู่ (โดยใช้กัมมันตรังสีชนิดเดียวกัน) เป็นที่คาดว่าผลของออกซิเจนมีอิทธิพลในการกำสับ-สภาวะปกติของมะเร็ง เซลล์ที่อยู่บริเวณศูนย์กลางของมะเร็งใหญ่ๆจะมีแหล่งเลือดน้อย (ไม่เพียงพอ) นั่นคือมีแหล่งออกซิเจนน้อย เมื่อมะเร็งถูกกัมมันตรังสี เซลล์มะเร็งที่แข็งแรง (คือมีแหล่งจ่ายเลือดที่ดี) จะถูกฆ่า พวกที่มีแหล่งจ่ายเลือดน้อยจะถูกฆ่าบ้าง ส่วนพวกมีความต้านทานกัมมันต

รังสีจะยังคงมีชีวิตอยู่ ซึ่งเป็นเหตุผลให้อธิบายการที่เซลล์มะเร็งกลับงอกเจริญเติบโตได้อีก แม้ว่าจะได้รับโดสแกมมันตรังสีมากก็ตาม ส่วนแกมมันตรังสีที่มีค่า *RBE* มากกว่า 1 (เช่น นิวตรอนเร็ว และอนุภาคแอลฟา) ไม่ต้องนำผลของอีอกซิเจนมาเกี่ยวข้อง

ได้มีข้อเสนอในการกำจัดเซลล์มะเร็งบริเวณใจกลางโดยวิธีเพิ่มแหล่งจ่ายอีอกซิเจนไปที่ร่างกาย ดังนั้น จึงมีการใช้แท็งค์ของไฮเพอร์बारิค (*hyperbaric*) อีอกซิเจนในรังสีรักษา

หน้าที่สำคัญของนักฟิสิกส์ในตํานรังสีรักษามี 3 ข้อ คือ

1. หาค่าแกมมันตภาพรังสีที่เกิดจากเครื่องมือที่ใช้ในรังสีรักษาในสภาวะมาตรฐาน (*standard conditions*) หรือเรียกว่าเป็นการปรับ (*calibrate*) เครื่องมือซึ่งรวมทั้งการหาค่าเอาทัฟท์ในระยะที่ทำการฉายแสง และค่าเกรย์ต่อนาที่ตลอดปริมาณที่ถูกฉายแกมมันตภาพรังสีโดยมีสภาวะต่างๆกัน
2. คำนวณโดสที่มะเร็งและเนื้อเยื่อปกติอื่นๆในร่างกายคนจะได้รับ ข้อปฏิบัตินี้ยากพอสมควรในต่างประเทศนิยมใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณซึ่งต้องคำนึงถึงรูปร่างคนไข้ที่แตกต่างกันไปรวมทั้งลักษณะแตกต่างภายในร่างกายคนไข้ เช่น กระดูก และช่องว่างที่เป็นอากาศ (เช่น ปอด เป็นต้น)
3. ทบทวนความถูกต้องของปริมาณแกมมันตรังสีที่อวัยวะของคนไข้จะได้รับ

หลังจากได้มีการตรวจหาตำแหน่งและขนาดโดยประมาณของมะเร็งแล้วจึงจะมีการใช้รังสีรักษา อุปกรณ์ที่ใช้ในรังสีรักษาได้รับการปรับปรุงให้สะดวกต่อคนไข้ ทั้งยังให้ผลแม่นยำในการทำลายเนื้อมะเร็ง เนื่องจากรูปร่างของร่างกายขึ้นกับตำแหน่ง กล่าวคือ อวัยวะภายในจะคลาดเคลื่อนเมื่อคนไข้เปลี่ยนท่า เช่น ลุกขึ้นจากท่านอน เป็นต้น จึงมีการออกแบบให้อุปกรณ์ที่

ใช้เป็นต้นกำเนิดกัมมันตรังสีมีลักษณะหมุนได้รอบขึ้นส่วนบริเวณเป็นมะเร็ง ดังนั้น คนไข้เพียงแต่นอนนิ่งๆ หรืออยู่ในท่าใดท่าหนึ่งขณะที่สร้างสีถูกฉายไปยังร่างกายด้วยมุมต่างๆกัน

วิธีการตรวจลบลอตำแหน่งของสารรังสีระหว่างทำการฉายรังสีทำโดยวางแผ่นฟิล์มของเอ็กซ์เรย์ ณ บริเวณซึ่งมีสารรังสีจากร่างกาย ภาพที่ปรากฏบนฟิล์มไม่สามารถให้รายละเอียดได้เช่นเดียวกับฟิล์มเอ็กซ์เรย์ที่ใช้วินิจฉัยโรค แต่สามารถบอกถึงกายวิภาคศาสตร์ภายใน เพื่อแสดงว่าสารรังสีถูกกระจายไปยังตำแหน่งที่ต้องการหรือไม่

#### 7.4 ฟอสฟอรัส - 32

ฟอสฟอรัส -32 เป็นสารกัมมันตรังสีมีครึ่งอายุ 14.3 วัน ให้รังสีเบตาอย่างเดียวก่อนพลังงานสูงสุด 1.7 MeV มีรูปทางเคมี 2 แบบคือ โซเดียมฟอสเฟต  $^{32}P$  และ โครมิกฟอสเฟต  $^{32}P$  ซึ่งวิธีการใช้ต่างกัน

- โซเดียมฟอสเฟต  $^{32}P$  ใช้รักษามะเร็งในเม็ดเลือด เซลล์มะเร็งจับสารนี้ได้สูงถึง 25 - 100% ของโดส ค่าพหุคูณจะสูงขึ้นเรื่อยๆภายใน 1 ชั่วโมง และจะติดแน่นอยู่ที่เซลล์มะเร็งนานถึง 72 ชั่วโมง มะเร็งที่ตาเป็นเนื้อเยื่อชนิดหนึ่งที่ไวกับสารนี้ การให้โดสจะได้ผลเหมือนกันไม่ว่ารับประทานหรือฉีด แต่การให้รับประทานควรให้ขนาดโดสเพิ่มขึ้นอีก 1/3 เท่า เพื่อชดเชยกับการดูดซึมที่ไม่สมบูรณ์

ข้อควรระวังสำหรับการใช้โซเดียมฟอสเฟต  $^{32}P$

1. ไม่ควรใช้กับหญิงมีครรภ์ หรือเด็กอายุต่ำกว่า 18 ปี นอกจากจำเป็นหรือในกรณีพิเศษเท่านั้น
2. ไม่ควรใช้กับคนไข้โพลีซีธเมียเวอร่า (*polycythemia vera*) ที่มีปริมาณเพลทเล็ต



(platelet) ต่ำกว่า  $15 \times 10^3$  หรือมีเรติคูลิวโลไซต์ (reticulocytes) ต่ำกว่า 0.2% หรือมีเม็ดเลือดขาวต่ำกว่า 3,000

3. ในการรักษาโรคลูคีเมียเรื้อรัง (chronic leukemia) ต้องเพิ่มความระมัดระวังให้มาก ถ้าคนไข้มีปริมาณเม็ดเลือดแดงต่ำกว่า  $25 \times 10^5$  ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร
4. เพื่อความปลอดภัยต่อคนไข้และผู้เกี่ยวข้อง ควรใช้โดสปริมาณน้อยที่สุดที่ยังคงมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการรักษา
5. การให้โดสปริมาณมากเกินไปก่อให้เกิดผลเสียต่อระบบเลือด และอาจก่อให้เกิดลูโคปีเนีย (leukopenia) ทромโบ-ไซโตปีเนีย (thrombo-cytopenia) และโรคโลหิตจาง (anemia)
6. ระหว่างการรักษาคนไข้ต้องตรวจเลือดเป็นระยะ เพื่อดูค่าฮีโมโกลบิน ปริมาณเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เพลทลิต ฮีมาโตคริต และเพอริโตเนียล (peritoneal)

โครมิกฟอสเฟต  $-^{32}P$  ใช้ในการลดน้ำขุ่นในเยื่อหุ้มปอดและเยื่อช่องท้องได้ผลดีใน 3 กรณีคือ

1. เมื่อเป็นอาการเริ่มแรกที่มีการสะสมของเหลวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว
2. เมื่อของเหลวที่เกิดขึ้นนั้นมีต้นเหตุมาจากมะเร็ง
3. อาการหวั่นไหวของคนไข้ดีพอสมควร และไม่มีการอุดตันเนื่องมาจากก้อนเนื้อที่คล้ำรู้สึกได้ หรือจากโลหิตจางอย่างหนัก

นอกจากนั้น โครมิกฟอสเฟต  $-^{32}P$  สามารถทำให้เซลล์มะเร็งตายได้ อาจใช้รักษาซิสติคทูเมอร์ (cystic tumor) หรือเบลลเดอรัททูเมอร์ (bladder tumor) ได้ ให้โดสโดยใช้หลอดส่วนเล็กๆ (catheter) ทำด้วยโพลีเอทธีลีนช่วยสอดเข้าในโพรงปิด (closed

*cavity*) เพื่อลดการซึมผ่านของน้ำในเยื่อหุ้มปอด ข้อควรระวังคือ โดสตั้งแต่ขนาด 10 mCi ขึ้นไป คนไข้บางคนอาจมีอาการจากการถูกกัมมันตรังสี และบางคนเป็นเยื่อหุ้มปอดอักเสบ - (*pleuritis*) หรือเยื่อช่องท้องอักเสบ (*peritonitis*) ได้

## 7.5 ทองคอลลอยด์ - $^{198}\text{Au}$

ทอง -198 มีครึ่งอายุ 2.696 วัน ให้รังสีเบต้า พลังงาน 0.96MeV(98.81%) ให้รังสีแกมมาพลังงาน 0.412 MeV (95.8%) ใช้ใส่เข้าไปในโพรงปิดเพื่อลดการมาน (*ascitis*) และน้ำซึมผ่านในเยื่อหุ้มปอด และใช้หลังผ่าตัดก้อนมะเร็ง เพื่อฆ่าเซลล์มะเร็งที่ยังมีเหลือ หรือฉีดเข้าในข้อเพื่อควบคุมอาการโรคไขข้ออักเสบ ไม่ควรใช้กับมะเร็งที่มีการตายเฉพาะส่วน มะเร็งเกี่ยวกับแผลเปื่อย หรือมะเร็งที่มีขนาดใหญ่มาก วิธีการให้ยาเหมือนกับโครมคอฟอสเฟต -  $^{32}\text{P}$

## 7.6 ไอโอดีน - 131

ใช้ในการรักษาโรคไฮเปอร์ธัยรอยด์ มะเร็งของต่อมธัยรอยด์หลังผ่าตัด และใช้รักษาอาการปวดเค้นอก (*angina pectoris*)

ไฮเปอร์ธัยรอยด์ ขนาดของโดสพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์อัฟเทค น้ำหนักของธัยรอยด์และปริมาณกัมมันตรังสีต่อกรัม โดยทั่วไป น้ำหนัก 50 กรัมแรกใช้ 80  $\mu\text{Ci}$  ต่อกรัม และในกรณีคอพอกเป็นพิษเพิ่มโดสขึ้นอีก 50% การให้โดสเกินความจำเป็นจะทำให้คนไข้เป็นไอโอดีนธัยรอยด์ได้

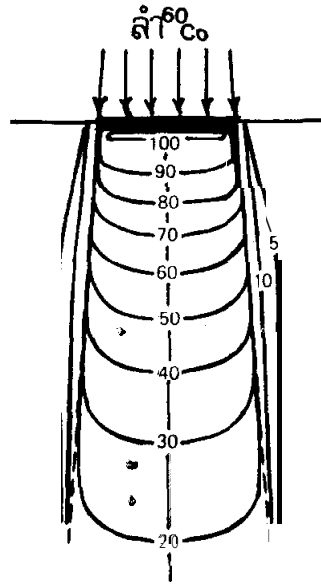
หลังจากคนไข้ได้รับโดสรักษา ควรติดตามดูผลเลือดของคนไข้ทุกอาทิตย์เป็นเวลา 6 อาทิตย์ เพื่อดูปริมาณฮีโมโกลบิน เม็ดเลือดขาว และเพลทลิตที่เปลี่ยนแปลง การให้โดสซ้ำ ควรให้ห่างจากโดสแรก 4-6 เดือน ปริมาณโดสทั้งหมดสำหรับคนไข้แต่ละคนไม่มีกำหนด ควรรักษาจนกระทั่งเซลล์มะเร็งไม่จับไว้อีก

## 7.7 เมกะโวลเตจเทอราปี (Megavoltage therapy)

โคบอลต์ -60 เป็นต้นกำเนิดรังสีที่ผลิตโดยรีแอกเตอร์ (*reactor*) ปล่อยรังสีแกมมา พลังงาน  $1.25 \text{ MeV}$  ซึ่งมีอำนาจทะลุทะลวงเสมือนรังสีเอกซ์ซึ่งได้จากเครื่องขนาด  $3 \text{ MV}$  (*million volt*) การใช้โคบอลต์ -60 ในด้านรังสีรักษา เริ่มในปี ค.ศ. 1951 โดย *Harold Johns* ในแคนาดา ซึ่งในการฉายรังสีจะต้องมีการป้องกันรังสีเป็นอย่างดี เช่น โดยสร้างกำแพงคอนกรีตหนาครอบห้อง เป็นต้น โคบอลต์ -60 มีขนาดเล็กบรรจุอยู่ในภาชนะทำด้วยตะกั่ว

รังสีแกมมาพลังงานสูงจาก  $^{60}\text{Co}$  จะถูกดูดกลืนโดยเนื้อเยื่อและก่อให้เกิดอิเล็กตรอน พลังงานสูงซึ่งส่วนใหญ่จะเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกันกับลำรังสีต้นกำเนิด เมื่อลำรังสีแกมมาทะลุผ่านไปได้ผิวหนัง 2-3 มม. จำนวนอิเล็กตรอนจะเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงมีการถ่ายเทพลังงาน (โดยอิเล็กตรอน) เพิ่มขึ้น (เรียก "*electron build-up*") โดสสูงสุดจะปรากฏประมาณ 5 มม. ได้ผิวหนัง บนผิวหนังจะมีโดสสัมพัทธ์ต่ำ เนื่องจากผิวหนังบางนั่นเอง รูป 7.2 แสดงไอโซโดสของโคบอลต์ -60

โดยทั่วไปมักใช้ต้นกำเนิดโคบอลต์มีความเข้มรังสีสูงถึง  $370 \text{ TBq}$  ( $\sim 10^4 \text{ Ci}$ ) ซึ่งต้องมีการป้องกันกัมมันตภาพรังสีที่ไม่ต้องการ เนื่องจากการสลายตัวไม่ล่ามารถกำจัดให้หมดไปได้ ดังนั้น ต้นกำเนิดจึงถูกบรรจุในวัตถุกำบังทำด้วยตะกั่วขนาดใหญ่ (หนักหลายตัน) และจะถูกเปลี่ยนทุก 5-10 ปี เนื่องจากโคบอลต์ -60 จะมีความเข้มรังสีลดลงในอัตรา 1% ต่อเดือน หรือ 50% ใน 5.3 ปี (คือค่าครึ่งอายุเป็น 5.3 ปีนั่นเอง)



รูป 7.2 เส้นโค้งไอโซโดสของ โคบอลต์ -60 แต่ละเส้นมีความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีต่างกัน 10% เห็นได้ว่า โดสสูงสุดได้รับที่ระยะใต้บริเวณผิวหน้า เล็กน้อย

กัมมันตภาพรังสีเอาทอปุของ โคบอลต์ -60  $370 \text{ TBq}$  มีค่าประมาณ  $200 \text{ R/min}$  ณ ระยะห่าง 1 เมตรจากต้นกำเนิด และโดยทั่วไปมักจะใช้รังสีรักษา  $3 \text{ Gy}$  (ใช้เวลาน้อยกว่า 2 นาที) ต่อวัน เป็นเวลาทั้งสิ้น 20 วัน (ยกเว้นวันสุดสัปดาห์)

ประมาณปี ค.ศ. 1970 ได้มีการผลิตเครื่องเร่งอิเล็กตรอนลีนีเยอร์ (*electron linear accelerators*) หรือที่เรียกว่า "ลีนีเยอร์" (*linacs*) ซึ่งวิวัฒนาการต่อมาคือการผลิตลีนีเยอร์ มีขนาดประมาณ  $4 \text{ MV}$  (ขนานเดียวกับหน่วยของ โคบอลต์ -60) สามารถผลิตสารรังสีมีความเข้มข้นเท่ากันตลอดเวลา (โดยทางทฤษฎีถือว่าเท่ากันตลอดเวลา) และกัมมันตรังสีมีต้นกำเนิดจากบริเวณที่มีขนาดเล็กกว่าต้นกำเนิดโคบอลต์ -60 เป็นผลให้ได้เส้นโค้งแสดงการกระจายไอโซโดสที่ชันคมกว่า

### ข้อได้เปรียบของ เมกะโวลต์จเรอราปี

1. เกิดโด้ลสูงสูดไต้ผิวหน้ง และจากผลของการค้ยอิมผ่านผิวหน้งจะลดความเสีบปวดอ้นเกิดจากรังสีรักษา
2. พลังงานกัมมันตรังสีขนาดสูง ก้อบละมีค้่าลุ่มบูรณัในบริ เวณคอมป้ตัน และไม่ทำไ้เกิดโด้ลขนาดสูงต้่อกระตุก
3. ความล้่ามารถในการทะลทะลวงสูง ทำไ้ล้่ามารถไ้ใช้วิธีการรังสีรักษาบริ เวณมะ เร็งที่อยู่ล็กในร้่างกาย

## 7.8 บทสรุ่

ประโยชน์ของรังสีรักษาคือไ้รักษาโรคมะ เร็ง เป็นล้่าใหญ่ ข้อควรระวังคืออาจเกิดการกระตุ้นโดยกัมมันตรังสีไ้เกิดเป็นมะ เร็ง ไต้ เคยมีรายงานในสหรัฐอเมริกาว่า เด็กที่เคยรักษา รัยรอยต้ด้วยไอโอดีน -131 ในเวลา 10 ปีกว่าผ่านไป คนไ้ตั้งกล้่าวไ้เกิดมะเร็ง ณ บริ เวณกระดูกคอซึ่ง เคยไ้รับโด้ล เมื่อครั้งที่ทำากการรักษา รัยรอยต้หน้เอง และการไ้ใช้รังสีรักษาโรคมะ เร็ง จะไ้ผลหรือไ้มีน้ันขึ้นอยู่กัประยะการเจริญเติบโตของมะ เร็ง ถ้า เป็นระยะเริ่มต้ันก็ล้ะดวกและมัก จะไ้ผลในการรักษา ชนิดของมะ เร็ง และปริมาณโด้ลกัมมันตรังสีไ้รักษา

การค้่ามึงถึงผลของกัมมันตรังสีต้่อวัยวะของร้่างกายต้องพิจารณาถึงค้่าคร้่าอายุเอฟเฟ็คทีฟซึ่ง สัมพันธ์กัค้่าคร้่าอายุทางฟิสิกส์และค้่าคร้่าอายุทางชีวภาพ ดัง แล่ดงในล้่มการ (7.1) หน่วยของกัมมันตรังสี เพื่ออธิบายในด้านรังสีรักษาต้องค้่ามึงถึง โด้ลที่ถูกดูกกลืน (อธิบายรายละ เอียดแล้วในบทที่ 5)

ในปัจจุบันเชื่อกว่าขบวนการชีวะเคมีของการที่กัมมันตรังสีทำลายเซลล์มะ เร็งคือกัมมันตรังสีจะทำไ้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปฟอร์มทางเคมีขึ้น โดยล้่าที่ล้่างขึ้นใหม่ต้่อกว่า เป็นพิษภายใน



