

ไอโซโทปรังสีในการแพทย์ (Radioisotopes in Medicine)

โกมล อังกรรัตน์
ศูนย์ไอโซโทปรังสี
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

(ข้อมูลถึง 26 ม.ค. 2554)

- เวชศาสตร์นิวเคลียร์ใช้ประโยชน์จากรังสีเพื่อการวินิจฉัยเกี่ยวกับการทำงานที่เฉพาะเจาะจงของ อวัยวะต่าง ๆ ของบุคคล หรือใช้เพื่อการบำบัดรักษา ในปัจจุบันการตรวจวินิจฉัยโดยวิธีการของ เวชศาสตร์นิวเคลียร์ได้ใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นงานประจำของโรงพยาบาลต่าง ๆ ที่มีแผนก เวชศาสตร์นิวเคลียร์
- การรักษาโดยวิธีการใช้รังสี รักษาโรคต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคมะเร็ง โดยการใช้รังสีไปทำให้ เซลล์เป้าหมายที่เป็นมะเร็งลดลงหรือถูกทำลายไป
- ในแต่ละปีได้มีการใช้วิธีการทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์หลายสิบล้านกระบวนการวินิจฉัย และมีปริมาณ การใช้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

เวชศาสตร์นิวเคลียร์ (Nuclear Medicine)

เวชศาสตร์นิวเคลียร์เป็นสาขาหนึ่งในทางเวชกรรมที่ใช้ประโยชน์จากรังสี ในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับการทำงาน ของอวัยวะที่เฉพาะเจาะจงของบุคคล หรือเพื่อใช้ในการบำบัดรักษาโรค โดยข้อมูลที่ได้อาจช่วยให้แพทย์สามารถ วินิจฉัยอาการป่วยของคนไข้ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ รังสีช่วยในการสร้างภาพของต่อมไทรอยด์ กระดูก หัวใจ ตับ และอวัยวะต่าง ๆ ได้อย่างง่ายดาย ซึ่งสามารถแสดงผลของการผิดปกติของอวัยวะต่าง ๆ ได้ ในบางกรณี รังสียังสามารถใช้เพื่อการรักษาโรคของอวัยวะต่าง ๆ และเนื่องจาก ผู้ได้รับรังสีในปริมาณที่ต่ำสามารถมีส่วนร่วมอย่างใกล้ชิด กับการใช้งานของสารกัมมันตรังสี เพื่อใช้เป็นตัว แกะรอย (tracer) ในทางการแพทย์

มีโรงพยาบาลมากกว่าหมื่นแห่งทั่วโลกใช้ไอโซโทปรังสีในทางการแพทย์ และประมาณ 90% ของการใช้งาน เพื่อการวินิจฉัยโรค สารไอโซโทปรังสีที่ใช้กันมากเพื่อการวินิจฉัยโรค คือ เทคนีเชียม-99 m (Tc-99m) ซึ่งมีการใช้งาน ประมาณ 30 ล้านกระบวนการวินิจฉัย (procedure) ต่อปี ทั้งนี้คิดจาก 80% ของกระบวนการวินิจฉัยที่มีการใช้โดย กระบวนการวินิจฉัยทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ทั่วโลก

ในประเทศที่พัฒนาแล้ว (26% ของประชากรโลก) มีความถี่ของการใช้เวชศาสตร์นิวเคลียร์เพื่อการวินิจฉัยโรค คือ 1.9% ต่อปี และมีความถี่ของการใช้สารไอโซโทปรังสีเพื่อการบำบัดรักษาประมาณหนึ่งในสิบของจำนวนนี้ ในสหรัฐอเมริกามีการใช้กระบวนการวินิจฉัยทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ประมาณ 18 ล้านกระบวนการวินิจฉัยต่อปี จากจำนวนประชากร 305 ล้านคน และในยุโรปประมาณ 10 ล้านกระบวนการวินิจฉัยจากประชากร 500 ล้านคน ในออสเตรเลีย 560,000 กระบวนการวินิจฉัยจากประชากร 21 ล้านคน ในจำนวนนี้ 470,000 กระบวนการวินิจฉัย ใช้ไอโซโทปรังสีที่ผลิตจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ การใช้เภสัชภัณฑ์รังสีเพื่อการวินิจฉัยโรคมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากกว่า 10% ต่อปี

เวชศาสตร์นิวเคลียร์ได้รับการพัฒนาในช่วงทศวรรษ 1950 โดยกลุ่มแพทย์ที่เน้นทางด้านต่อมไร้ท่อเริ่มแรก โดยการใช้ไอโอดีน-131 (I-131) เพื่อการวินิจฉัยโรคต่อมไทรอยด์ ต่อมาก็ใช้เพื่อการบำบัดรักษาโรคของต่อมไทรอยด์ ด้วย ปัจจุบันนี้ วิชาการว่าด้วยเอกซเรย์ แพทย์ได้มีการใช้วิธีการควบคู่ของ CT/PET ในการวินิจฉัยโรค

วิธีการถ่ายภาพโดยใช้เอกซเรย์คอมพิวเตอร์และเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ทำให้ปริมาณรังสีที่ประชากรสหรัฐอเมริกา ได้รับคิดเป็น 36% ของปริมาณรังสีที่ได้รับทั้งหมด และคิดเป็นปริมาณรังสีในทางการแพทย์อย่างเดียวก็นับถึง 75% อ้างถึงรายงานของ US National Council on Radiation Protection & Measurement ในปี 2009 ประชากร สหรัฐอเมริกาได้รับปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นจาก 3.6 mSv เป็น 6.2 mSv ต่อปี ตั้งแต่ต้นทศวรรษ 1980 อันเป็นผลเชื่อมโยง มาจากการใช้วิธีการทางด้านรังสีทางการแพทย์ที่เพิ่มขึ้นโดยตลอด (การได้รับปริมาณรังสีที่มาจากทางอุตสาหกรรม รวมทั้งจากโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ จะมีปริมาณน้อยกว่า 0.1% ของปริมาณรังสีโดยรวมของประชากรที่ได้รับ)

เทคนิคการตรวจวินิจฉัยในเวชศาสตร์นิวเคลียร์ (Diagnostic Techniques in Nuclear Medicine)

เทคนิคการตรวจวินิจฉัยในเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ใช้สารกัมมันตรังสีและรอยซึ่งแผ่รังสีแกมมาจากภายในร่างกาย ตัวและรอยโดยทั่วไปจะเป็นสารไอโซโทปรังสีที่มีครึ่งชีวิตสั้น ๆ นำมาติดฉลากกับสารประกอบทางเคมี ที่มีความเฉพาะเจาะจงทางกระบวนการสรีรวิทยาของอวัยวะที่จะตรวจวินิจฉัย โดยการนำเข้าสู่ร่างกายอาจจะโดยวิธีการ ฉีด สูดดม หรือรับประทาน ประเภทแรกของการวินิจฉัยก็โดยการใช้กระบวนการของการแผ่รังสีแกมมา ซึ่งจะมีการตรวจวัด โฟตอนเดี่ยว (single photon) และสร้างภาพในมุมต่างกันด้วยกล้องแกมมา (gamma camera) ของอวัยวะต่าง ๆ โดยกล้องจะสร้างภาพจากจุดที่มีการปลดปล่อยรังสีแกมมาออกมา ซึ่งคุณภาพของภาพที่ได้จะใช้คอมพิวเตอร์เข้ามา ช่วยเสริมและแสดง ดูได้โดยแพทย์บนจอภาพ สำหรับการชี้บ่งถึงสภาพผิดปกติต่าง ๆ ของอวัยวะ

การพัฒนาล่าสุดคือ วิธีการ PET (Positron Emission Tomography) ซึ่งเป็นเทคนิคที่แม่นยำและซับซ้อน โดยใช้สารไอโซโทปรังสีที่ผลิตได้จากเครื่องเร่งอนุภาค มาเป็นไอโซโทปรังสีที่ปลดปล่อยอนุภาคโพสิตรอน โดยการนำไอโซโทปนี้ฉีดเข้าสู่ร่างกาย และเกิดการสะสมในอวัยวะเป้าหมายที่ต้องการตรวจวินิจฉัย โดยหลักการคือ ไอโซโทปรังสีนี้เกิดการสลายกัมมันตรังสีให้โพสิตรอนออกมา และเกิดการรวมตัวกันทันทีกับอิเล็กตรอนรอบ ๆ ข้าง กลายเป็นรังสีแกมมาพลังงานเท่ากันเคลื่อนที่ออกมาในทิศทางที่ตรงกันข้าม ที่สามารถตรวจวัดได้ ซึ่งตรวจจับได้ ด้วยกล้อง PET ที่มีความแม่นยำในการตรวจสอบถึงตำแหน่งกำเนิดของรังสีแกมมาที่เกิดจากกระบวนการนี้ PET มีบทบาทอันสำคัญในด้านวิทยามะเร็ง (oncology) โดยใช้ไอโซโทปรังสีฟลูออรีน-18 (F-18) ซึ่งผลิตได้จาก เครื่องเร่งอนุภาค มาเป็นตัวและรอย ซึ่งมีการพิสูจน์แล้วว่า เป็นวิธีการที่ไม่รุกราน (non-invasive) ที่มีความแม่นยำที่สุด ในการตรวจสอบและประเมินผลการเกิดมะเร็ง นอกจากนี้ยังใช้เพื่อการสร้างภาพการเต้นของหัวใจและภาพสมอง

ได้มีวิธีการใหม่ที่ได้รวมเอาเทคนิคของ PET และ X-ray tomography (CT) เข้าด้วยกัน สร้างภาพของสอง เทคนิครวมกัน (PETCT) ช่วยให้การการวินิจฉัยโรคดีขึ้นกว่า 30% ของวิธีการสร้างภาพด้วยเทคนิคของกล้องแกมมา อย่างเดียว จึงเป็นเครื่องมือที่ทรงพลังมาก และที่สำคัญ ได้ข้อมูลที่ไม่ซ้ำกันในความหลากหลายของโรคจากภาวะ สมองเสื่อมหลงลืม จนถึงการศึกษาโรคหลอดเลือดหัวใจ และมะเร็ง (oncology)

ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดรังสีที่อยู่ในร่างกายทำให้เห็นความแตกต่างระหว่างการถ่ายภาพด้วยเวชศาสตร์และวิธี การถ่ายภาพอื่น ๆ เช่น เอกซเรย์ การถ่ายภาพโดยใช้รังสีแกมมา จะอธิบายได้ถึงรายละเอียดของตำแหน่งและ ความเข้มข้นของไอโซโทปรังสี ที่อยู่ในร่างกาย ความผิดปกติของอวัยวะสามารถบ่งบอกได้จาก การที่อวัยวะนั้น มีไอโซโทปรังสีอยู่บางส่วน (cold spot) หรือมีไอโซโทปรังสีอยู่เกินปริมาณ (hot spot) ถ้ามีการถ่ายภาพออกมาเป็นชุด ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง พบความผิดปกติไม่เป็นตามรูปแบบที่ควรจะเป็น หรืออัตราของการเคลื่อนไหวของ สารไอโซโทปรังสี ก็สามารถบอกถึงความผิดปกติของอวัยวะได้

ประโยชน์ของการถ่ายภาพโดยใช้เทคนิคจากนิวเคลียร์ที่เหนือกว่าเทคนิคเอกซเรย์ คือ สามารถบอกได้ถึง ความแตกต่างอย่างชัดเจน ระหว่างกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อน จึงได้มีการใช้เทคนิคนี้โดยทั่วไปในประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งทำให้มีการใช้กันอย่างกว้างขวางและเพิ่มขึ้น

ค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่ได้รับคือ 4.6 mSv ต่อหนึ่งครั้งที่มีการใช้เวชศาสตร์นิวเคลียร์ในการวินิจฉัยโรค



การใช้ไอโซโทปรังสีเพื่อการบำบัดโรค (radionuclide therapy, RNT)

อาศัยหลักการที่ว่า เซลล์ที่มีการเจริญเติบโตแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว จะไวต่อการถูกทำลายด้วยรังสี ด้วยเหตุผลนี้ เซลล์มะเร็งที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จึงสามารถควบคุมหรือกำจัดได้ โดยการฉายรังสีในบริเวณที่พบการเจริญเติบโต

การฉายรังสีจากภายนอก (teletherapy) สามารถดำเนินการได้ โดยการใช้ลำรังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดของ ไอโซโทปรังสีโคบอลต์-60 (Co-60) ในประเทศที่พัฒนาแล้ว ได้ใช้เทคนิคที่มีความคล่องตัวมากกว่าของวิธีการ เครื่องเร่งอนุภาคเชิงเส้น (linear accelerator) เพื่อทำให้ได้รังสีเอกซ์พลังงานสูง (รังสีแกมมากับรังสีเอกซ์มีลักษณะ เหมือนกัน) ขั้นตอนการการฉายรังสีจากภายนอกที่รู้จักกันในชื่อการผ่าตัดด้วยมีดแกมมา (gamma knife) ก็คือ การรวมเอารังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิด 201 แหล่งของโคบอลต์-60 เน้นเฉพาะจุดบนพื้นที่อย่างแม่นยำของบริเวณ สมองที่เป็นเนื้องอกมะเร็ง โดยทั่วโลกผู้ป่วยมากกว่า 30,000 ซึ่งเป็นผู้ป่วยนอก ได้รับการบำบัดรักษาด้วยวิธีการนี้เป็น ประจำทุกปี

การใช้ไอโซโทปรังสีเพื่อการบำบัดรักษาแบบภายใน ก็โดยการวางหรือฝังแหล่งกำเนิดรังสีเล็ก ๆ โดยทั่วไป จะใช้ไอโซโทปรังสีที่สลายกัมมันตรังสีให้รังสีแกมมาหรือบีตา โดยวางหรือฝังลงในบริเวณเป้าหมาย การบำบัดรักษานี้ เรียกว่า รังสีรักษาระยะใกล้ (brachytherapy) และเป็นวิธีการหลักของการรักษา ไอโอดีน-131 (I-131) เป็นที่นิยมใช้ ในการรักษามะเร็งต่อมไทรอยด์ และอาจจะเป็นชนิดที่ประสบความสำเร็จมากที่สุดของการรักษาโรคมะเร็ง นอกจากนี้ ยังใช้รักษาความผิดปกติของต่อมไทรอยด์ที่ไม่ใช่มะเร็ง การฝังอิริเดียม-192 (Ir-192) ใช้ได้โดยเฉพาะที่ศีรษะและ เต้านม โดยทำเป็นรูปแบบของเส้นลวด เข็ม หรือแบบเม็ด และนำผ่านโดยหลอดสวน (catheter) เข้าไปยังบริเวณ เป้าหมาย หลังจากฝังแล้วได้ปริมาณรังสีตามที่ต้องการ ก็จะนำออกมาเก็บไว้ในภาชนะกำบังรังสี รังสีรักษาระยะใกล้ แบบนี้ทำให้การได้รับปริมาณรังสีในส่วนอื่นของร่างกายน้อยลง และกำหนดจุดเป้าหมายของส่วนที่เป็นเนื้องอกได้ แน่นอน ราคาก็ไม่แพงมาก

การรักษามะเร็งเม็ดเลือดขาวอาจเกี่ยวข้องกับการปลูกถ่ายไขกระดูก ซึ่งในกรณีนี้ ไขกระดูกที่บกพร่องจะถูก ฉายรังสีเพื่อทำลายส่วนที่บกพร่องนี้ให้ได้มากที่สุด ก่อนที่จะถูกแทนที่ด้วยไขกระดูกที่ดีของผู้บริจาค

วิธีการรักษาประคับประคองบรรเทาอาการปวด เช่น สตรอนเชียม-89 (Sr-89) ซาแมเรียม-153 (Sm-153) ไข้บรรเทาอาการปวดมะเร็งกระดูก และไอโซโทปรังสีชนิดใหม่ที่เป็นที่นิยมใช้แบบเดียวกัน คือรีเนียม-186 (Re-186)

การบำบัดรักษาแบบเจาะจงเป้าหมายด้วยรังสีแอลฟา (targeted alpha therapy) หรือ alpha radioimmunotherapy [targeted therapy อาจแปลได้ว่า เป็นการรักษาแบบเจาะจงเป้าหมาย เป็นวิธีการรักษาด้วยยา อย่างหนึ่ง โดยใช้ยาที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง ด้วยวิธีการไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลเป้าหมาย (targeted molecule) ที่จำเป็นต่อการเจริญของเซลล์มะเร็ง แทนที่จะไปยับยั้งการเจริญของเซลล์ที่มีการแบ่งตัวเร็วอย่าง เคมีบำบัดทั่วไป ทางทฤษฎีแล้วการรักษามะเร็งแบบ targeted therapy น่าจะได้ประสิทธิภาพดีกว่า และเป็นอันตรายต่อ เซลล์ปกติน้อยกว่าการรักษาในปัจจุบัน] ใช้เป็นการเฉพาะในการควบคุมการแพร่กระจายของมะเร็ง รังสีแอลฟาจะ เคลื่อนตัวทะลุทะลวงได้ระยะใกล้ ๆ ในเนื้อเยื่อ แต่สามารถปลดปล่อยพลังงานส่วนมากไปทำลายเซลล์มะเร็งได้อย่าง ตรงเป้าหมายที่กำหนด สารภูมิต้านทานโมโนโคลน (monoclonal antibody) ที่นำมาติดฉลากกับไอโซโทปรังสีที่ สลายกัมมันตรังสีปลดปล่อยให้รังสีแอลฟา จะเป็นตัวนำพาที่ดีให้รังสีแอลฟาไปสู่เป้าหมายอย่างถูกต้อง ได้มีการศึกษา ทดลองโดยวิธีการนี้เพื่อการรักษามะเร็งเม็ดเลือดขาวเรื้อรัง มะเร็งผิวหนังที่สร้างเม็ดสีผิดปกติ (leukaemia, cystic glioma and melanoma) ยังมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะนำวิธีการนี้โดยเปลี่ยนมาใช้ไอโซโทปรังสีตะกั่ว-212 (Pb-212) สำหรับการรักษามะเร็งตับอ่อน มะเร็งรังไข่ และมะเร็งผิวหนัง

ได้มีการพัฒนาเพื่อการรักษามะเร็งเนื้องอกในสมอง โดยวิธีการ Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) โดยการฉีดโบรอน-10 (B-10) ซึ่งจะไปสะสมอยู่ในส่วนเนื้องอกมะเร็งสมอง แล้วนำคนไข้ไปฉายรังสีนิวตรอนจาก เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ บริเวณส่วนที่เป็นเนื้องอก นิวตรอนจะถูกจับยึดด้วยโบรอน-10 ทำให้ได้รังสีแอลฟาพลังงานสูง ไปฆ่าเซลล์มะเร็ง เทคนิคนี้มีข้อจำกัดที่ต้องนำตัวผู้ป่วยไปฉายรังสีนิวตรอนที่เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ แทนที่จะใช้ ไอโซโทปรังสีฉีดให้ผู้ป่วยโดยตรง

ไอโซโทปรังสีที่ใช้เพื่อการบำบัดรักษา ได้กลายเป็นความก้าวหน้าที่ประสบความสำเร็จในการรักษาโรคร้ายๆ ยั่งยืน และยังมีความเป็นพิษของผลกระทบข้างเคียงต่ำ จุดมุ่งหมายของขั้นตอนการรักษาคือ การจำกัดขอบเขต การได้รับปริมาณรังสีของผู้ป่วยให้ได้รับต่ำที่สุด โดยการรักษาแต่ละครั้งจะได้รับปริมาณรังสีประมาณ 20-60 เกรย์ (Gy)

การวิเคราะห์ทางชีวเคมี (Biochemical Analysis)

เป็นการง่ายที่จะตรวจสอบสถานะของวัสดุที่มีรังสี ถึงการมีอยู่หรือไม่มี แม้จะมีความเข้มข้นที่ต่ำมาก ๆ สารไอโซโทปรังสีจึงสามารถนำมาติดฉลาก กับโมเลกุลของตัวอย่างชีวภาพในหลอดทดลอง (in vitro) (ภายนอก ร่างกาย) นักพยาธิวิทยาสามารถใช้วิธีการแบบนี้ ที่เรียกกันว่า radioimmuno-assays เพื่อตรวจสอบส่วนประกอบของ เลือด ปัสสาวะ ชีรุม ฮอรโมน แอนติเจน และยาต่าง ๆ โดยวิธีการที่เอาไอโซโทปรังสีมาใช้ร่วมในการหาปริมาณ ส่วนประกอบต่าง ๆ ถึงแม้ว่าทางชีวเคมีจะมีความซับซ้อน จะมีชุดที่ผลิตสำเร็จเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการทดลอง ใช้งานง่ายและให้ผลที่แน่นอนแม่นยำ ในยุโรปจะใช้วิธีการ in vitro นี้ในแต่ละปีเพื่อการวิเคราะห์ไม่ต่ำกว่า 15 ล้านครั้ง ในการวิเคราะห์

เภสัชภัณฑ์รังสีเพื่อการวินิจฉัยโรค (Diagnostic Radiopharmaceuticals)

ทุกอวัยวะของร่างกายมนุษย์จะมีความเฉพาะในการดูดซึมสารเคมีที่แตกต่างกัน แพทย์และนักเคมีมีการระบุ จำนวนของสารเคมี ที่จะถูกดูดซึมโดยอวัยวะที่เฉพาะเจาะจง ตัวอย่างเช่น ต่อมไทรอยด์ดูดซึม ไอโอดีน สมองต้องการ ปริมาณของน้ำตาลกลูโคส และอื่น ๆ จากความรู้นี้ทำให้นักนิวเคลียร์เภสัช สามารถที่จะนำเอาไอโซโทปรังสีมาติดฉลาก กับสารประกอบเคมี ที่มีความเฉพาะเจาะจงของอวัยวะ เมื่อสารประกอบไอโซโทปรังสีนี้เข้าสู่ร่างกาย ก็จะรวมอยู่ใน กระบวนการทางชีวเคมีปกติ และถูกขับถ่ายออกมาตามรูปแบบปกติ

เภสัชภัณฑ์รังสีเพื่อการวินิจฉัย สามารถใช้เพื่อการตรวจสอบการไหลเวียนของเลือดไปยังสมอง ตรวจสอบ การทำงานของตับ ปอด หัวใจ ไต ประเมินการเจริญเติบโตของกระดูก และเพื่อใช้ยืนยันร่วมกับการวินิจฉัยอื่น ๆ ที่สำคัญ ยังใช้คาดการณ์ผลกระทบของการผ่าตัด และการประเมินการเปลี่ยนแปลงหลังการรักษา

ปริมาณของเภสัชภัณฑ์รังสีที่ใช้กับผู้ป่วยต้องมีความพอเหมาะ ที่จะบอกข้อมูลที่ต้องการวินิจฉัยก่อนที่จะสลาย หมดไป ปริมาณรังสีที่ได้รับจะไม่นับสำคัญทางการแพทย์ จากประสบการณ์ของผู้ป่วย จะไม่รู้ถึงการไม่สบายและ หลังจากระยะเวลาสั้น ๆ จะไม่มีปริมาณของไอโซโทปรังสีตกค้าง จากเทคโนโลยีนี้ที่ไม่ไปรบกวนความเป็นธรรมชาติของ อวัยวะ พร้อมกับความสามารถในการสังเกตการทำงานของอวัยวะจากภายนอกร่างกาย ทำให้เทคนิคนี้ใช้เป็นเครื่องมือ การวินิจฉัยที่ทรงประสิทธิภาพ

ไอโซโทปรังสีที่ใช้เพื่อการวินิจฉัย จะต้องมีการปลดปล่อยรังสีแกมมาที่มีระดับพลังงานเพียงพอที่จะทะลุทะลวง ออกจากร่างกาย และต้องมีครึ่งชีวิตสั้นพอที่จะสลายกัมมันตรังสีไปอย่างรวดเร็ว ภายหลังจากการถ่ายภาพเพื่อ การวินิจฉัยเสร็จสิ้น

ไอโซโทปรังสีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในเวชศาสตร์นิวเคลียร์คือ เทคนีเชียม-99 m (Tc-99m) มีปริมาณ การใช้ประมาณ 80% ของกระบวนการวินิจฉัย ใช้ทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ทั้งหมด มีปริมาณ 30 ล้านกระบวนการวินิจฉัย ต่อปี (2008) ในจำนวนนี้ 6–7 ล้านกระบวนการวินิจฉัยใช้ในยุโรป 12–15 ล้านใช้ในทวีปอเมริกาเหนือ 6–8 ล้านใน เอเชียแปซิฟิก (โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น) และ 0.5 ล้านในภูมิภาคอื่น ๆ เทคนีเชียม-99m เป็นธาตุที่ถูกสร้างขึ้นและมี สมบัติที่เหมาะสมสำหรับการสแกนสร้างภาพทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ดังเหตุผลดังนี้คือ

- มีครึ่งชีวิตประมาณ 6 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาที่นานพอสำหรับกระบวนการตรวจวินิจฉัย และสั้นพอที่ให้คนไข้ได้รับ ปริมาณรังสีลดลง
- เทคนีเชียม-99m สลายกัมมันตรังสีด้วยกระบวนการที่เรียกว่า (isomeric) ซึ่งสลายปลดปล่อยรังสีแกมมา และอิเล็กตรอนพลังงานต่ำ ไม่มีการปลดปล่อยรังสีบีตาพลังงานสูง ปริมาณรังสีที่คนไข้ได้รับจึงลดลง
- รังสีแกมมาพลังงานต่ำที่ปลดปล่อยออกมา จะทะลุทะลวงออกจากร่างกายได้อย่างง่ายดาย และมีการตรวจจับได้ อย่างถูกต้องด้วยกล้องถ่ายภาพแกมมา (gamma camera) การได้รับปริมาณรังสีของคนไข้จึงมีปริมาณลดลง
- เคมีของเทคนีเชียม-99m อาจเรียกได้ว่ามีความหลากหลาย สามารถประกอบเป็นตัวแกระรอยกับสารประกอบ ชีวภาพ และไปสะสมในอวัยวะที่ต้องการตรวจวินิจฉัย

เทคนีเชียม 99m มีความสะดวกที่จะใช้งาน โดยจะมีการผลิตมาในรูปของตัวกำเนิดเทคนีเชียม-99m (technetium generators) จะเป็นลักษณะของหลอดแก้ว ที่บรรจุสารไอโซโทปรังสีที่อยู่ภายในภาชนะป้องกันรังสี และจะถูกขนส่งจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ผลิตไอโซโทปรังสี ไปยังโรงพยาบาล โดยภายในหลอดแก้วจะบรรจุด้วย โมลิบดีนัม-99 (Mo-99) ที่มีครึ่งชีวิต 66 ชั่วโมง ซึ่งจะสลายกัมมันตรังสีให้เทคนีเชียม-99m และเทคนีเชียม-99m จะถูกล้างออกมาด้วยน้ำเกลือยาฉีดตามปริมาณที่ต้องการใช้ หลังจากผ่านการใช้งานแล้ว 2 สัปดาห์ ก็จะนำตัวกำเนิดนี้ กลับไปบรรจุใหม่

ลักษณะตัวกำเนิดที่คล้ายกันก็คือรูบิเดียม-82 (Ru-82) ที่ใช้ในกระบวนการสร้างภาพสำหรับ PET โดยมี สตรอนเชียม-82 (Sr-82) ที่มีครึ่งชีวิต 25 วันเป็นตัวกำเนิด

การถ่ายภาพการทำงานของหัวใจ กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด ใช้ไอโซโทปรังสีเทลเลียม-201 (Tl-201) หรือเทคนีเชียม-99m (Tc- 99m) และเป็นส่วนสำคัญ ใช้เพื่อการตรวจสอบและการพยากรณ์โรคของภาวะโรคที่ เกี่ยวข้องกับหลอดเลือดแดงไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ

จากข้อมูลของแคนาดาในปี 2006 มี 56% ของเทคนีเชียม-99m ใช้เพื่อการวินิจฉัยการทำงานของหัวใจ กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด 17% ใช้ในการสแกนกระดูก 7% ใช้วินิจฉัยการทำงานของตับและถุงน้ำดี 4% ใช้ตรวจระบบ ทางเดินหายใจ 3%ใช้ตรวจการทำงานของไต และ 3% ใช้ตรวจการทำงานของไทรอยด์

สำหรับการถ่ายภาพด้วย PET เกสซ์ภัณฑ์รังสีที่ใช้คือ การนำฟลูออรีน-18 (F-18) มาติดฉลากกับโมเลกุล น้ำตาล fluoro-deoxy glucose (FDG) ซึ่งมีครึ่งชีวิตต่ำกว่า 2 ชั่วโมง ใช้เป็นตัวแกระรอยติดตาม

FDG จะเข้าไปในเซลล์ ได้อย่างง่ายดาย โดยไม่มีการแตกตัว และเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีของการเผาผลาญอาหารของเซลล์

ในการวินิจฉัยทางการแพทย์มีแนวโน้มมาก ที่ต่อไปจะใช้ไอโซโทปรังสีที่ผลิตจากเครื่องเร่งอนุภาค เช่น ฟลูออรีน-18 เพื่อใช้กับเครื่อง PET และ CT/PET อย่างไรก็ตามมีข้อจำกัดคือ ต้องใช้ภายใน 2 ชั่วโมง หลังการผลิต จากเครื่องเร่งอนุภาค เปรียบเทียบกับตัวกำเนิด Mo-99/Tc-99m ที่มีอายุใช้งานได้ดีในสอง สัปดาห์

เภสัชภัณฑ์รังสีเพื่อการบำบัดรักษา (Therapeutic Radiopharmaceuticals)

ในบางกรณี ทางทางการแพทย์จะใช้ประโยชน์ของรังสีเพื่อทำลายเซลล์ หรือทำให้เซลล์ที่ผิดปกติอ่อนแอลง ไอโซโทปรังสีจะถูกนำเข้าไปในอวัยวะที่ต้องการ เช่นเดียวกับการใช้เพื่อการวินิจฉัย อาจอยู่ในรูปของ ไอโซโทปรังสี เดียว ๆ ผ่านเข้าไปในระบบเส้นทางชีวภาพปกติ หรืออยู่ในรูปของไอโซโทปรังสีติดฉลากกับ สารประกอบทางชีวเคมี ที่เหมาะสม ไอโซโทปรังสีที่ใช้โดยส่วนมากในกรณีการบำบัดรักษา จะเป็นประเภท ที่สลายกัมมันตรังสีแล้วจะให้รังสีบีตา ซึ่งจะไปทำลายเซลล์ที่บกพร่องเสียหายได้ดี การบำบัดรักษาด้วยนิวไคลด์กัมมันตรังสี [radionuclide therapy (RNT) or radiotherapy] การบำบัดด้วยรังสีระยะใกล้ หรือ เป็นที่รู้จักกัน brachytherapy จะมีแนวโน้มใช้กันอย่างมาก ในการรักษา

ถึงแม้ว่าการบำบัดด้วยรังสีจะยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักในการใช้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ในการตรวจวินิจฉัย ในทางการแพทย์ แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีการใช้กว้างขวางมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ไอโซโทปรังสีที่เหมาะสมสำหรับการใช้เพื่อการบำบัดรักษา ต้องสลายกัมมันตรังสีให้รังสีบีตาที่มีพลังงานสูง และมีรังสีแกมมาที่มีพลังงานเพียงพอในการ ถ่ายสร้างภาพ ตัวอย่างเช่น ลูทีเซียม-177 (Lu-177) ซึ่งอาจเตรียมได้จากการนำอิตเทอร์เบียม-176 (Yb-176) ไปอบ นิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ จะได้เป็น Yb-177 ซึ่งสลายกัมมันตรังสีอย่างรวดเร็วได้ Lu-177 อิตเทอร์เบียม-90 (Y-90) ใช้ในการรักษามะเร็ง โดยเฉพาะมะเร็งต่อมน้ำเหลืองชนิด non-Hodgkin's lymphoma ปริมาณการใช้มากขึ้น รวมถึงการใช้รักษาโรคไขข้ออักเสบ Lu-177 Y-90 ได้เป็นส่วนสำคัญของการบำบัดรักษาด้วยนิวไคลด์กัมมันตรังสี (RNT)

ไอโอดีน-131 (I-131) และฟอสฟอรัส-32 (P-32) ก็ใช้สำหรับการบำบัดรักษาได้ I-131 ใช้รักษามะเร็ง ต่อมน้ำไทรอยด์และโรคไฮเปอร์ไทรอยด์ P-32 ใช้ควบคุมระดับส่วนเกินของเม็ดเลือดแดง ที่สร้างโดยไขกระดูกจาก ภาวะการณสร้างเม็ดเลือดแดงมากผิดปกติในไขกระดูก

มีวิธีการที่ค่อนข้างใหม่และอยู่ในขั้นการทดลองโดยการใช้โบรอน-10 (B-10) ให้ไปสะสมในเซลล์เนื้องอก จากนั้นนำคนไข้ไปอบนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์บริเวณที่เป็นเนื้องอก นิวตรอนจะเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์กับ โบรอน-10 ทำให้ได้อนุภาคแอลฟาพลังงานสูงไปฆ่าเซลล์มะเร็ง

การรักษาแบบเจาะจงเป้าหมายด้วยรังสีแอลฟา [targeted alpha therapy (TAT)] โดยใช้เตรียมมาจาก แอกทิเนียม-225 (Ac-225) ซึ่งจะสลายกัมมันตรังสีให้แอลฟาสามอนุภาค ได้เป็นบิสมัท-213 (Bi-213) นำมาติดฉลาก กับโมกุลเป้าหมายที่ต้องการรักษา Bi-213 ถูกชะออกมาจากตัวกำเนิด Ac-225/Bi-213 ลักษณะเช่นเดียวกับ Tc-99m ที่ชะออกมาจากตัวกำเนิด Mo-99/Tc-99m Bi-213 มีครึ่งชีวิต 46 นาที Ac-225 มีครึ่งชีวิต 10 วันโดยเกิดจาก การสลายกัมมันตรังสีของเรเดียม-225 (Ra-225) ที่เป็นผลของการสลายกัมมันตรังสี ของไอโซโทปรังสีครึ่งชีวิตยาว ทอเรียม-229 (Th-229) และ Th-229 เกิดมาจากการ

สลายกัมมันตรังสีของยูเรเนียม-233 (U-233) ที่เกิดขึ้นมาจาก ปฏิกิริยาการจับยึดนิวตรอนของ Th-232 ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

เรดิโอไอโคลด์ที่นำมาจากการสกัดเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ใช้แล้วก็คือตะกั่ว-212 (Pb-212) ที่มีครึ่งชีวิต 10.6 ชั่วโมง โดยนำมาติดฉลากกับโมเลกุลของ monoclonal antibodies ใช้รักษามะเร็ง โดยมีโซการสลายกัมมันตรังสี ปลดปล่อยอนุภาคบีตา ให้ไอโซโทปรังสีอายุครึ่งชีวิตสั้น ๆ ของ Bi-212 และพอลเนียม-212 (Po-212) และจาก การสลายกัมมันตรังสีปลดปล่อยแอลฟาของ Bi-212ทำให้ได้เทลลูเรียม-208 (Te-208) ซึ่งต่อมาจะสลายกัมมันตรังสี ปลดปล่อยแอลฟาและบีตาตามลำดับได้ Pb-208 โซการสลายกัมมันตรังสีทั้งหมดเกิดขึ้นในเวลาประมาณหนึ่งชั่วโมง

การวิจัยทางการแพทย์จำนวนมากได้ดำเนินการอย่างแพร่หลายทั่วโลก ในการใช้งานของเรดิโอไอโคลด์ มาติดฉลากกับสารทางเคมีชีวภาพที่เฉพาะเจาะจง เช่นโมเลกุลของ immunoglobulin (monoclonal antibodies) การนำเอาเซลล์เหล่านี้มาติดฉลากด้วยขนาดของพลังงานรังสีสูงเพื่อการบำบัดรักษา เพื่อทำให้อาการของ โรคบรรเทาหรือรักษาโรคบางอย่างได้

พิษของไอโซโทปรังสี (Radioisotope Poisons)

ในปี 2006 ได้เป็นที่ประจักษ์ถึงเหตุการณ์ฆาตกรรมอดีตจารชนชาวรัสเซีย ที่แปรพักตร์มาอยู่ในสหราชอาณาจักร โดยพิษของไอโซโทปรังสีพอลเนียม-210 (Po-210) การตายของของเขาดำเนินไปอย่างช้า ๆ และเจ็บปวดทรมาน

พอลเนียมมีอยู่ประมาณ 26 ไอโซโทป และทั้งหมดเป็นสารกัมมันตรังสี กล่าวกันว่ามีความเป็นพิษรุนแรงกว่า กรดไฮโดรไซยานิกถึง 250 พันล้านเท่า มันจะละลายได้ง่ายในสารละลายกรดอ่อน (เป็นธาตุที่ถูกค้นพบโดยมารี คูรี ในปี 1898 และตั้งชื่อตามเชื้อชาติของเธอคือโปแลนด์ ลูกสาวของเธอ ไอรีน เกิดอุบัติเหตุในห้องทดลองมีการเปื้อนร่างกายด้วย Po-210 เธอเสียชีวิตด้วยมะเร็งเม็ดเลือดขาวเมื่ออายุ 59)

Po-210 เกิดจากการสลายกัมมันตรังสีในอนุกรมของยูเรเนียม-238 (U-238) เป็นตัวรองสุดท้ายในอนุกรม ก่อนที่ตัวเองจะสลายกัมมันตรังสีให้แอลฟา กลายเป็นโลหะตะกั่ว (Pb) ที่เสถียร ในอนุกรมการสลายกัมมันตรังสีของ U-238 ทำให้เกิด Pb-210 ที่สลายกัมมันตรังสีปลดปล่อยอนุภาคบีตาได้เป็น Bi-210 ซึ่งจะเกิดการสลายกัมมันตรังสีอย่าง รวดเร็วปลดปล่อยบีตาได้เป็น Po-210 จะพบ Po-210 ได้ในธรรมชาติที่มีแหล่งแร่ยูเรเนียม อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมี ครึ่งชีวิตสั้น 138 วัน จึงพบได้น้อยมากในแหล่งแร่ยูเรเนียม หรือหางแร่จากโรงงานสกัดยูเรเนียม (ประมาณ 0.1 มิลลิกรัม /ตัน) ระดับความเข้มข้นในดินจะน้อย แต่จะมีความเข้มข้นสูงพบในใบยาสูบ จึงสามารถตรวจพบได้ปริมาณน้อย ๆ ในปัสสาวะของผู้สูบบุหรี่

Po-210 สามารถผลิตได้จากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์โดยการนำ Bi-209 ไปอาบนิวตรอน และเป็นแหล่งที่มา ส่วนใหญ่ของ Po-210 รัสเซียใช้ Po-210 เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนในยานอวกาศที่มีอายุใช้งานสั้น ๆ และยาน lunar rovers เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ชนิดที่ใช้ ตะกั่ว-บิสเมท เป็นตัวระบายความร้อนก็จะมี การปนเปื้อนด้วย Po-210 อันเกิด จากการที่บิสเมท-209 ทำปฏิกิริยากับนิวตรอน

ด้วยครึ่งชีวิตที่สั้น หนึ่งกรัมของ Po-210 จึงมีระดับความแรงของปริมาณรังสีมากกว่า เรเดียม-226 (Ra-226) ที่มีครึ่งชีวิต 1600 ปี ถึง 5000 เท่าในปริมาณหนึ่งกรัมเท่ากัน แต่ในค่าของครึ่งชีวิต 138 วันของ Po-210 ก็ยาวเพียงพอ ที่จะประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ การขนส่ง รวมถึงความสามารถในการใช้งาน ได้ก่อนที่จะ

จะสูญเสียศักยภาพไป トラบโดที่ ผลิตภัณฑ์ของ Po-210 ยังถูกห่อหุ้มอยู่อย่างสมบูรณ์ ก็จะไม่มีความเสี่ยงในการใช้งาน รังสีแอลฟาจะเป็นอันตราย ก็ต่อเมื่อ มันเข้าไปภายในอวัยวะร่างกายเท่านั้น แต่ภายนอก ร่างกาย ชั้นของผิวหนังก็สามารถป้องกันรังสีแอลฟาได้ ในกรณีของจอร์จเชเชกกล่าวว่าได้รับ Po-210 เข้าไปประมาณ 10 ไมโครกรัม (มีปริมาณรังสีประมาณ 10 จิกะเบ็กเคอเรล (GBq)) ผสมในหนึ่งถ้วยชา (ซึ่งชาถ้วยนี้จะอุ่นตลอดอันเนื่องจากการสลายกัมมันตรังสีของ Po-210)

อย่างไรก็ดี การได้รับ Po-210 เข้าสู่ร่างกายอาจจะไม่มีผลกระทบมากก็ได้ เมื่อได้รับแล้วมีการขับถ่ายออกไป ในวันหรือสองวัน โดยที่ยังไม่ได้ดูดซึมจากลำไส้ เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนที่ต้องมีตัวพาอินทรีย์ที่จะนำไปสู่ กระแสเลือด และนำไปสะสมอยู่ในอวัยวะที่สำคัญ [เป็นหลักการเดียวกันกับการรักษาแบบเจาะจงเป้าหมายด้วย แอลฟา (TAT) ที่ใช้ไอโซโทปรังสีแอลฟาระดับต่ำติดฉลากกับสารอินทรีย์บางอย่าง เพื่อเป็นตัวพาแอลฟาไปยัง เนื้อเยื่อเป้าหมายที่เป็นมะเร็งตามต้องการ]

ในกรณีของจอร์จเชเชก Mr.Livitnenko เกิดผลกระทบที่รุนแรงของแอลฟา เพราะเข้าไปอยู่ในอวัยวะ ที่สำคัญ และเกิดการทำลายอวัยวะนานมากกว่าสามสัปดาห์ และปริมาณที่ได้รับ ก็มากกว่าปริมาณที่ใช้การรักษา แบบเจาะจงเป้าหมายด้วยแอลฟาในการรักษามะเร็งร้อยเท่า และPo-210 มีครึ่งชีวิตที่ยาวนานกว่าไอโซโทปรังสีที่ใช้ใน TAT เป็นไปได้ที่มันจะถูกติดฉลากกับสารบางอย่างธรรมดาต่าง ๆ แบบน้ำตาล

ตัวแทนจำหน่ายไอโซโทปรังสี (Supplies of radioisotopes)

ไอโซโทปรังสีส่วนมากที่ใช้ทางการแพทย์ผลิตโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ดังรายนามผู้จำหน่ายบางส่วนดังเช่น

- NRU ที่ Chalk River ใน แคนาดา (จำหน่ายผ่าน MDS Nordion)
- HFR ที่ Patten ใน เนเธอร์แลนด์ (จำหน่ายผ่าน IRE และ Covidien)
- BR-2 ที่ Mol ในเบลเยียม (จำหน่ายผ่าน IRE และ Covidien)
- Maria ในโปแลนด์ (จำหน่ายผ่าน Covidien)
- Osiris & Orphee ที่ Saclay ฝรั่งเศส (จำหน่ายผ่าน IRE)
- FRJ-2/FRM-2 ที่ Julich ในเยอรมัน (จำหน่ายผ่าน IRE)
- LWR-15 ที่ Rez ในสาธารณรัฐเช็ก
- HFETR ที่เฉิงตูประเทศจีน
- Safari ในแอฟริกาใต้ (จำหน่ายผ่าน NTP)
- Opal ในออสเตรเลีย (จำหน่ายผ่าน ANSTO สู้ตลาดในประเทศ)
- ETRR-2 ในอียิปต์ (เตรียมพร้อมที่จะจัดจำหน่ายสู่ตลาดในประเทศ)
- Dimitrovgrad ในรัสเซีย (จำหน่ายผ่าน Isotop-NIIAR)

ไอโซโทปรังสีที่ผลิตจากผลผลิตฟิชชันของยูเรเนียม-235 (U-235) คือ Mo-99 เพื่อมาทำเป็นชุดกำเนิด Mo-99/Tc-99m 40% มาจาก MDS Nordion 25% มาจาก Covidien (เดิมคือ Tyco) 17% จาก IRE และ 10% จาก NTP สำหรับ I-131 มี 75% มาจาก IRE 25% มาจาก NTP สำหรับ Mo-99 อย่างเดียว 90 % ผลิตมาจาก เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 5 เครื่อง คือ NRUในแคนาดา 40% HFR ในเนเธอร์แลนด์ 30% BR-2 ในเบลเยียม 9% Osiris ในฝรั่งเศส 5% Safari-1 ในแอฟริกาใต้ 10 % จากข้อมูลปี 2008 มี 31% มาจาก NRU แคนาดา

ความต้องการ Mo-99 ของทั่วโลกประมาณ 23,000 หกวันเทระเบ็กเคอเรล (six-days TBq) ต่อปี (กัมมันตภาพ 23,000 TBq คือปริมาณรังสีที่คิดปรับเทียบจาก 6 วันนับจากจากวันผลิต ดังเช่นเมื่อผลิตได้ปริมาณรังสีเท่าใดในวันผลิต ปริมาณรังสีที่ต้องปรับเทียบใช้งานต้องคิดที่หกวันถัดไป Mo-99 มีครึ่งชีวิต 66 ชั่วโมง ตัวคูณการสลายกัมมันตรังสีหกวัน คือ 0.22 ดังนั้นในวันผลิตต้องได้ปริมาณรังสีประมาณ 100,000 TBq จึงจะเหลือปริมาณรังสีในหกวันถัดไปประมาณ 23,000 TBq โดยคิดจาก $100,000 \times 0.22 = 22,000$ TBq โดยประมาณ ทั้งนี้ก็ต้องใช้เวลาไว้อีกประมาณสองวัน หลังจากการอาบนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ จึงต้องการปริมาณรังสีเพื่ออีกประมาณ 167,000TBq หลังสิ้นสุด การอาบนิวตรอน เพื่อใช้เวลาไว้สำหรับรอการเย็นตัว เวลาสำหรับกระบวนการผลิต และเวลาการสลายกัมมันตรังสี ระหว่างการขนส่งจนถึงผู้ใช้) Mo-99 ส่วนมากผลิตจากการนำยูเรเนียม-235 เสริมสมรรถนะสูงเป็นสารตั้งต้น ไปอาบ นิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ แล้วนำมาเข้ากระบวนการแยก Mo-99 และอาจแยกเอาผลผลิตฟิชชันอื่น ๆ ได้ เช่น ไอโอดีน-131 เครื่องปฏิกรณ์ Opal Safari และเครื่องอื่น ๆ กำลังเปลี่ยนกระบวนการผลิตจากการใช้ยูเรเนียม-235 ที่เป็นสารตั้งต้นในการผลิตชนิดเสริมสมรรถนะสูง มาเป็นชนิดเสริมสมรรถนะต่ำ ด้วยเหตุผล การควบคุมการเผยแพร่ อาวุธนิวเคลียร์ ทำให้ต้องมีค่ากระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นอีก 20%

ในปี 2008 ได้เกิดเหตุการณ์ที่ชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่อง และความไม่แน่นอน ในการที่จะจัดหา ไอโซโทปรังสีที่ใช้ ในทางการแพทย์โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Tc-99m ที่เป็นผลผลิตมาจาก Mo-99 โดยอยู่ในรูปของชุดกำเนิด Tc-99m ตามที่ ได้ระบุไว้ในตอนต้น คืออุปทานของโลกในการจัดหา Mo-99 ขึ้นอยู่กับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ผลิตเพียงแค่ห้าเครื่อง เท่านั้น และทั้งหมดมีอายุใช้งานมานานตั้งแต่ 43 – 52 ปี (นับถึงกลางปี 2010) เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ของแคนาดา และเนเธอร์แลนด์จำเป็นที่จะต้องมีการซ่อมแซมใหญ่ในปี 2009 – 2010 และมีความเป็นไปได้สูง ที่ไม่สามารถ เดินเครื่องได้ในบางช่วงเวลา เครื่อง Osiris ในฝรั่งเศสวางแผนที่จะหยุดเดินเครื่องในปี 2015 จากเหตุการณ์เหล่านี้ทำให้ มีการขาดแคลน Tc-99m ขึ้นในปี 2010 และทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ได้พยายามส่งเสริม ผลักดันให้มีแหล่งผลิตใหม่ในอียิปต์ ยุโรปตะวันออก และเอเชียกลาง ในช่วงวิกฤตอุปทานในปี 2009 – 2010 แอฟริกาใต้ (NECSA) Safari สามารถที่จะจัดหา 25% ของอุปทานของ Mo-99 ออสเตรเลียมีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ Opal ที่มีศักยภาพกำลังผลิตได้ถึงครึ่งหนึ่งของอุปทานของโลก แต่ก็ต้องมีระบบผลิตของ Mo-99 ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย มารองรับ การผลิต Mo-99 มีกระบวนการการผลิตตลอดจนการจำหน่ายที่ซับซ้อนและมีข้อจำกัด ทั้งนี้เพราะอายุของ ไอโซโทปรังสีที่เกี่ยวข้องมีช่วงอายุที่สั้น จึงมีความจำเป็นที่เด่นชัดในการขยายกำลังผลิตที่เพิ่มขึ้น และมีการแจกจ่าย จำหน่ายที่น่าเชื่อถือ จากข้อมูลของ NECSA มูลค่าตลาดของ Mo-99 ต่อปีประมาณห้าพันล้านดอลลาร์อเมริกัน

สภาองค์กรของสหรัฐอเมริกาได้วางข้อกำหนดให้การผลิต Mo-99 จะต้องใช้สารตั้งต้นในการผลิตเปลี่ยนจาก ยูเรเนียมชนิดเสริมสมรรถนะสูง มาเป็นแบบเสริมสมรรถนะต่ำ และต่อไปจะวางข้อกำหนดให้ผู้เสนอราคา Mo-99 ใน ตลาดสหรัฐอเมริกา ต้องมาจากสารตั้งต้นยูเรเนียมเสริมสมรรถนะต่ำเท่านั้น ซึ่งจะมีปริมาณถึง 111 six-days TBq ต่อสปีดาร์ภายในช่วงกลางปี 2013 ซึ่งคิดเป็นปริมาณถึงสามในสี่ของความ ต้องการของโลกที่เดียว และการเสนอ ยื่นประมูลนี้ได้ถูกปิดไปแล้วตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2010

ในเดือนมกราคม 2009 ทาง Babcock & Wilcox ได้ประกาศถึงข้อตกลงร่วมมือกับ Covidien ที่จะผลิต Mo-99 ให้ได้ครึ่งหนึ่งของความต้องการของตลาดสหรัฐอเมริกาที่เดียว ถ้ากระบวนการผลิตทั้งหมดที่รวมถึงนวัตกรรม เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบใหม่ และเทคโนโลยีกระบวนการแยก Mo-99 ประสบความสำเร็จ โดยได้มีการวางแผนที่จะ ใช้เทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบ Aqueous Homogeneous Reactor (AHR) มีสารตั้งต้นจากยูเรเนียม เสริมสมรรถนะต่ำ โดยมีขนาดกำลังของเครื่องเพียง 100 – 200

กิโลวัตต์ (kW) เชื้อเพลิงจะเป็นส่วนผสมของตัวหน่วง นิวตรอน (moderator) และยูเรเนียม-235 ซึ่งเชื้อเพลิงจะเป็นได้ทั้งสารตั้งต้นและเชื้อเพลิงร่วมกัน สถานที่ ปฏิบัติการผลิตหนึ่ง ๆ จึงควรมีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบนี้ 4 เครื่อง B&W และ Covidien คาดหวังว่าจะเริ่มการผลิต ได้ครั้งแรกภายในห้าปี [กระบวนการผลิตโดยใช้ยูเรเนียมเสริมสมรรถนะต่ำ (LEU) มาละลายในสารละลายกรดและทำให้เกิดมวลวิกฤต เพื่อให้เกิดกระบวนการฟิชชันในถังขนาด 200 ลิตร ในขณะเดียวกันที่ปฏิกิริยาฟิชชันดำเนินอยู่ของเหลวนี้ ก็จะหมุนเวียนเข้าสู่เครื่องกระบวนการแยก เพื่อที่จะแยกเอาผลผลิตฟิชชันออกมา ซึ่งมี Mo-99 รวมอยู่ด้วย ของเหลว ที่เหลือก็จะหมุนเวียนกลับไปสู่ถังเดิม กระบวนการทั้งหมดดำเนินการภายใต้อุณหภูมิและความดันต่ำ ๆ] ที่รัสเซีย โดยสถาบัน Russia's kurchatov Institute ได้ดำเนินการกระบวนการนี้มาตั้งแต่ปี 1981 โดยเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาด 120 kW ARGUS AHR และยังดำเนินการวิจัยและพัฒนาในกระบวนการผลิต Mo-99 อยู่ต่อไป

เช่นเดียวกัน มีรายงานว่าในสหรัฐอเมริกาโดยมหาวิทยาลัยมิสซูรี กำลังวางแผนที่จะขออนุญาตจาก NRC เพื่อที่จะผลิต Mo-99 ให้ได้ปริมาณครึ่งหนึ่งของความต้องการในสหรัฐอเมริกาโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัย โดยใช้ยูเรเนียมเสริมสมรรถนะต่ำเป็นสารตั้งต้นกระบวนการผลิตภายในปี 2012

ในรัสเซีย สถาบัน Research Institute of Atomic Reactor (NIIAR หรือ RIAR มีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ สามเครื่อง) และ Trans-regional Izotop Association (VA Izotop) ได้เซ็นสัญญาร่วมกันในนาม Isotop-NIIAR เพื่อที่จะผลิต Mo-99 ที่ Dimitrovgrad ในปี 2010 โดยในขั้นแรกจะดำเนินการสายการผลิตได้ 1700 TBq ต่อปีในเดือน ธันวาคม 2010 ขั้นที่สองจะผลิตให้ได้ 52,000 TBq ต่อปี ตามข้อมูลจาก Rosatom แต่ไม่ได้บอกว่าปริมาณที่ผลิตได้มี การเปรียบเทียบผลการวัดปริมาณเมื่อไหร่ (VA Izotop ได้รับมอบอำนาจจาก Rosatom ตั้งแต่ปี 2009 เพื่อควบคุม การผลิตไอโซโทปพร้อมทั้งอุปกรณ์เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในรัสเซีย) การเซ็นสัญญาร่วมกันนี้มุ่งหมายที่จะผลิต Mo-99 ให้ได้ 26% ของความต้องการตลาดโลกในปี 2012 ในเดือนกันยายน 2010 JSC Izotop ได้ลงนามกรอบข้อตกลง กับ MDS Nordion เพื่อสำรวจโอกาสทางการค้าภายนอก รัสเซีย โดยมีการเซ็นสัญญาร่วมในนาม Isotop- NIIAR JV ในระยะเวลาในช่วงแรกคือ 10 ปี

โคบอลต์-60 (Co-60) ส่วนมากผลิตมาจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กำลังแบบ Candu โดยการอบนิวตรอน Co-59 รูปแบบทางพิเศษโดยการผลิตได้มีการขยายตัวอย่างมาก โดยมีแหล่งผลิตโดยรวมที่ Bruce B เมือง Pickering และ Gentilly ในแคนาดา เครื่อง Embalse ในอาร์เจนตินา เครื่อง Qinshan ระยะที่สามที่หน่วยหนึ่งและสองในประเทศจีน เครื่อง Wolsong หนึ่งและสองในเกาหลีใต้ (ทั้งหมดผลิตจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบ Candu) และ Leningrad 1 ใน Russia (RBMK) ทั้งหมดเหล่านี้จะรวมกันโดย Clinton and Hope Creek BWRs ในสหรัฐอเมริกานับจากปี 2012

กากกัมมันตรังสีเวชศาสตร์นิวเคลียร์ (Nuclear Medicine Wastes)

การใช้ไอโซโทปรังสีในการแพทย์เพื่อการวินิจฉัยและบำบัดรักษาโรค ทำให้เกิดกากกัมมันตรังสี ส่วนใหญ่จะเป็น กากอยู่ในระดับต่ำ Low-Level Waste (LLW) กากที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นพวก กระจก เศษวัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ เสื้อผ้า และชุดกรองอากาศ ของเหล่านี้จะปนเปื้อนด้วยไอโซโทปรังสีจำนวนน้อย ๆ ส่วนมากจะมีอายุสั้น ๆ กากจำพวกนี้ จะมีการจัดเก็บโดยปล่อยให้สลายกัมมันตรังสีในช่วงเวลาหนึ่ง อาจจะเป็นเดือนหรือสองสามปี ขึ้นอยู่กับครึ่งชีวิตของ ไอโซโทปรังสีที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นก็จะนำไปฝังกลบในสถานที่ที่เตรียมการไว้โดยเฉพาะ

สำหรับไอโซโทปรังสีที่ใช้ในกระบวนการบำบัดรักษาระยะไกล (teletherapy) จะมีการพิจารณาจากการใช้งาน เมื่อมีการสลายกัมมันตรังสีไปตามครึ่งชีวิตแล้ว พบว่าการปลดปล่อยรังสีไม่สามารถที่จะทะลุทะลวงอวัยวะที่บำบัดรักษา ได้ดีพอ หรือต้องใช้ระยะเวลาที่นานขึ้น ก็จะพิจารณาเป็นกากกัมมันตรังสี แหล่งกำเนิดรังสีโคบอลต์-60 จะจัดอยู่ในระดับ กากกัมมันตรังสีครึ่งชีวิตสั้นระดับกลาง [Short-lived Intermediate -Level wastes (ILW)] แหล่งกำเนิดรังสีอื่น ๆ เช่น เรเดียม-226 ที่ใช้ในการรักษามะเร็งต้องมีการจัดเก็บระยะยาว และมีการกำจัดที่ต้องใช้ธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องและ พิจารณาเป็น HLW (High Level Waste) ทั้งนี้เพราะมีระดับรังสีสูงและมีครึ่งชีวิตที่ยาวนาน

ประโยชน์ของไอโซโทปรังสีที่ใช้ในการแพทย์ (Isotopes used in Medicine)

ไอโซโทปส่วนมากผลิตโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ มีบางส่วนผลิตโดยใช้เครื่องเร่งอนุภาค โดยทั่วไป ไอโซโทปรังสีที่มีจำนวนนิวตรอนอยู่เกินจำนวน (neutron rich) โดยได้รับนิวตรอนส่วนเกินมาจากปฏิกิริยาฟิชชัน มีความจำเป็นที่ต้องใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในการผลิต ส่วนพวกที่มีจำนวนนิวตรอนอยู่ขาดจำนวน (neutron-depleted) จะใช้เครื่องเร่งอนุภาคผลิต จะมีจำนวนไอโซโทปรังสีประมาณ 40 ไอโซโทปที่ผลิตโดย การอาบนิวตรอน และอีก 5 ไอโซโทปที่แยกออกมาจากผลผลิตฟิชชัน

ไอโซโทปรังสีผลิตจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Reactor Radioisotopes)

บิสมัท-213 (Bi-213) ครึ่งชีวิต 46 นาที ใช้สำหรับการบำบัดรักษามะเร็ง รักษาแบบเจาะจงเป้าหมาย [Targeted Alpha Therapy (TAT)] มีพลังงานสูง 8.4 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV)

โครเมียม-51 (Cr-51) ครึ่งชีวิต 28 วัน ใช้ในการติดตามเม็ดเลือดแดง และใช้ในการหาการปริมาณการสูญเสีย โปรตีนในโรคกระเพาะอาหารและลำไส้

โคบอลต์-60 (Co-60) ครึ่งชีวิต 5.72 ปี เดิมใช้เพื่อการรักษาด้วยการฉายรังสีจากภายนอก ปัจจุบันใช้มากขึ้นสำหรับ การฆ่าเชื้อโรค

ดิสโพรเซียม-165 (Dy-165) ครึ่งชีวิต 2 ชั่วโมง ใช้ในรูปของสารละลายไฮดรอกไซด์รักษาโรคไขข้อ โดยการเจาะข้อ (synovectomy treatment of arthritis)

เออร์เบียม-169 (Er-169) ครึ่งชีวิต 9.4 วัน ใช้เพื่อบรรเทาอาการปวดข้ออักเสบในข้อต่อ synovial joints

โฮลเมียม-166 (Ho-166) ครึ่งชีวิต 26 ชั่วโมง ได้พัฒนาเพื่อใช้วินิจฉัยและรักษาเนื้องอกในตับ

ไอโอดีน-125 (I-125) ครึ่งชีวิต 60 วัน ใช้เป็นรังสีรักษาระยะใกล้ (brachytherapy) มะเร็งต่อมลูกหมาก และ มะเร็งสมอง นอกจากนี้ยังใช้เพื่อประเมินอัตราการกรองของไต และการวินิจฉัยการอุดตันของหลอดเลือดดำของขา หลอดเลือดดำอักเสบที่ขา นอกจากนี้ยังใช้อย่างแพร่หลายทางด้าน radioimmuno-assays เพื่อแสดงสถานการณ์มืออยู่ ของฮอร์โมนในปริมาณน้อย ๆ

ไอโอดีน-131 (I-131) ครึ่งชีวิต 8.4 วัน ใช้อย่างกว้างขวางในการรักษามะเร็งต่อมไทรอยด์ และการถ่ายภาพ ต่อมไทรอยด์ นอกจากนี้ยังใช้ในการวินิจฉัยความผิดปกติการทำงานของตับ ไต การไหลเวียนของเลือด การอุดตัน ทางเดินปัสสาวะ ตัวมันเองมีการปลดปล่อยรังสีแกมมากำลังแรง แต่จะใช้ประโยชน์จากบีตาเพื่อการบำบัดรักษา

อิริเดียม-192 (Ir-192) ครึ่งชีวิต 74 วัน ใช้ในลักษณะเส้นลวด สำหรับการรักษาด้วยรังสีภายใน เพื่อการรักษามะเร็ง ภายหลังการรักษาก็จะมีการนำออกมาจัดเก็บในภาชนะกำบังรังสี

เหล็ก-59 (Fe-59) ครึ่งชีวิต 46 วัน ใช้ในการศึกษากระบวนการเผาผลาญธาตุเหล็กในกล้ามเนื้อ

ตะกั่ว-212 (Pb-212) หรือตะกั่ว-212 ครึ่งชีวิต 10.6 ชั่วโมง ใช้ในการรักษามะเร็งแบบเจาะจงเป้าหมายด้วยแอลฟา [Targeted Alpha Therapy (TAT)] โดยจะมีการสลายกัมมันตรังสีให้ Bi-212 ซึ่งสลายกัมมันตรังสีต่อไปเป็น Po-212 และ Tl-208

ลูทีเชียม-177 (Lu-177) ครึ่งชีวิต 6.7 วัน มีการขยายตัวการใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว มีการปลดปล่อย รังสีแกมมาที่เพียงพอ ที่สามารถนำไปถ่ายสร้างภาพอวัยวะ ในขณะที่มีการปลดปล่อยรังสีบีตาเพื่อใช้บำบัดรักษามะเร็ง เนื่องจากขนาดเล็กของต่อมไร้ท่อได้ ด้วยครึ่งชีวิตที่ยาวพอ ทำให้การเตรียมการใช้งานที่มีความยุ่งยากซับซ้อน มีเวลา ในการเตรียมความพร้อมได้นานขึ้น วิธีการผลิตก็สามารถทำได้ โดยการอาบรังสีนิวตรอนของสารตั้งต้นของ Lu-176 ธรรมชาติ หรือ Lu-176 เสริมสมรรถนะ ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

โมลิบดีนัม-99 (Mo-99) ครึ่งชีวิต 66 ชั่วโมง ผลิตได้จากการแยกผลผลิตฟิชชัน ใช้เป็นไอโซโทปรังสีตัวตั้งต้น ในเครื่องตัวกำเนิด Mo-99/Tc-99m ให้ไอโซโทปรังสี Tc-99m

แพลเลเดียม-103 (Pd-103) ใช้ในรังสีรักษาระยะใกล้มะเร็งต่อมลูกหมากระยะเริ่มแรก โดยเตรียมในรูปเป็นเม็ด แล้วนำไปฝังอย่างถาวรบริเวณส่วนที่เป็นมะเร็ง

ฟอสฟอรัส-32 (P-32) ครึ่งชีวิต 14 วัน ใช้ในการรักษา polycythemia vera (บำบัดการมีเม็ดเลือดแดงมากเกินไป) มีการสร้างเม็ดเลือดแดงมากผิดปกติในไขกระดูก เป็นไอโซโทปรังสีที่ปลดปล่อยรังสีบีตา

โพแทสเซียม-42 (K-42) ครึ่งชีวิต 12 ชั่วโมง ใช้หาอัตราการแลกเปลี่ยนโพแทสเซียมของกระสเลือดในหลอดเลือด

เรเนียม-186 (Re-186) ครึ่งชีวิต 3.6 วัน ใช้บรรเทาอาการปวดของมะเร็งกระดูก มีการปลดปล่อยรังสีบีตา ในขณะเดียวกันก็ให้รังสีแกมมาอย่างอ่อนเพื่อใช้ในการถ่ายภาพได้

เรเนียม-188 (Re-188) ครึ่งชีวิต 17 ชั่วโมง ให้รังสีบีตาเพื่อฉีดเข้าไปในหลอดเลือดหัวใจ ก่อนการทำการบอลลูน หลอดเลือดหัวใจ

ซาแมเรียม-153 (Sm-153) ครึ่งชีวิต 47 ชั่วโมง ใช้บรรเทาอาการปวดของมะเร็งกระดูกระยะที่สอง นอกจากนั้นยังมี ประสิทธิภาพมาก สำหรับการรักษามะเร็งต่อมลูกหมากและมะเร็งเต้านม เป็นไอโซโทปรังสีที่ปลดปล่อยรังสีบีตา

ซีลีเนียม-75 (Se-75) ครึ่งชีวิต 120 วัน ใช้ในรูปแบบของ seleno-methionine เพื่อการศึกษาการผลิตเอนไซม์ ย่อยอาหาร

โซเดียม-24 (Na-24) ครึ่งชีวิต 15 ชั่วโมง ใช้ศึกษาเกลือแร่ที่มีอยู่ในร่างกาย

สตรอนเชียม-89 (Sr-89) ครึ่งชีวิต 50 วัน ผลิตได้จากการแยกผลผลิตฟิชชัน มีประสิทธิภาพมากในการบรรเทาอาการ ปวดของมะเร็งต่อมลูกหมากและมะเร็งกระดูก เป็นไอโซโทปรังสีที่ปลดปล่อยรังสีบีตา

เทคนีเชียม-99m (Tc-99m) ครึ่งชีวิต 6 ชั่วโมง ใช้เพื่อการถ่ายภาพ ใช้ในการถ่ายภาพโครงสร้างกระดูก และ กล้ามเนื้อหัวใจ นอกจากนั้นถ่ายภาพสมอง ต่อมไทรอยด์ ปอด เพื่อดูอัตราการไหลเวียนของเลือดและอากาศในปอด ม้าม ตับ ไต เพื่อดูโครงสร้างและอัตราการกรอง ภูษน้ำดี ไชกระดูก ต่อมน้ำลาย ต่อมน้ำตา ปริมาณเลือดในหัวใจ การติดเชื้ และใช้ในการศึกษาทางการแพทย์อีกมากมาย ผลิตได้จากการสลายกัมมันตรังสีของ Mo-99 ในรูปของ เครื่องกำเนิด Mo-99/Tc-99m

ซีนอน-133 (Xe-133) ครึ่งชีวิต 5วัน ใช้เพื่อศึกษาการแลกเปลี่ยนอากาศของปอด

อิตเทอร์เบียม-169 (Yb-169) ครึ่งชีวิต 32วัน ใช้ในการศึกษาระดับของเหลวไขสันหลังในสมอง

อิตเทอร์เบียม-177 (Yb-177) ครึ่งชีวิต 1.9 ชั่วโมง เป็นต้นกำเนิดของ Lu-177

อิตเทรียม-90 (Y-90) ครึ่งชีวิต 64 ชั่วโมง ผลิตได้จากการแยกผลผลิตฟิชชัน ใช้ในการรักษาระยะใกล้ของมะเร็ง และใช้ในรูปแบบของซิลิเกตคอลลอยด์ เพื่อบรรเทาอาการปวดข้ออักเสบในข้อต่อขนาดใหญ่ synovial joints เป็น ไอโซโทปรังสีสลายกัมมันตรังสีให้รังสีบีตาอย่างเดียว มีการใช้ในการบำบัดรักษาที่นิยมเพิ่มมากขึ้น

ไอโซโทปรังสีของ ซีเซียม-137 (Cs-137) ทองคำ-198 (Au-198) รูทีเนียม-97 (Ru-97) ก็มีการใช้เพื่อรังสีรักษาระยะใกล้ (brachytherapy) เช่นกัน

ไอโซโทปรังสีที่ผลิตจากเครื่องเร่งอนุภาค (Cyclotron Radioisotopes)

คาร์บอน-11 (C-11) ไนโตรเจน-13 (N-13) ออกซิเจน-15 (O-15) ฟลูออรีน-18 (F-18) ทั้งหมดเป็น ไอโซโทปรังสีที่ปลดปล่อยโพซิตรอน ใช้กับเครื่อง PET สำหรับการศึกษาสรีรวิทยาและพยาธิวิทยาของสมอง โดยเฉพาะการมุ่งเน้นการเป็นลมชัก และในภาวะสมองเสื่อมหลงลืม ภาวะทางจิตและการศึกษาเภสัชวิทยาของ ระบบประสาท (Neuropharmacology) นอกจากนั้นยังมีบทบาทสำคัญในโรคหัวใจ F-18 ที่นำมาติดฉลากกับน้ำตาล FDG (fluorodeoxyglucose) ได้กลายเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการตรวจสอบมะเร็ง และใช้เฝ้าติดตามผลความคืบหน้า การรักษามะเร็ง โดยการใชเทคนิคของ PET

โคบอลต์-57 (Co-57) ครึ่งชีวิต 272 วัน ใช้เป็นตัวทำเครื่องหมายในการประมาณขนาดของอวัยวะ และใช้สำหรับ ชุดทดสอบสำเร็จรูปของการวินิจฉัยแบบ in-vitro

ทองแดง-64 (Cu-64) ครึ่งชีวิต 64 วัน ใช้ในการศึกษาโรคทางพันธุกรรม อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทองแดง ในร่างกาย เช่น โรค Wilson's and Menke's ที่มีการสะสมของทองแดงผิดปกติ และยังใช้กับ PET เพื่อถ่ายภาพเนื้องอก และเพื่อการบำบัดรักษา

ทองแดง-67 (Cu-67) ครึ่งชีวิต 2.6 วัน เป็นตัวปลดปล่อยรังสีบีตาใช้ในการบำบัดรักษา

ฟลูออรีน-18 (F-18) ครึ่งชีวิต 1.83 ชั่วโมง ใช้เป็นตัวติดฉลากติดตามกับสารประกอบเคมีต่าง ๆ เช่น FLT (fluorothymidine), F-miso (fluoromisonidazole), 18-F- choline

แกลเลียม-67 (Ga-67) ครึ่งชีวิต 78 ชั่วโมง ใช้ถ่ายภาพก้อนเนื้ออกและบอกตำแหน่งของแผลอักเสบ ฟกช้ำ แผลติดเชื้อ

แกลเลียม-68 (Ga-68) ครึ่งชีวิต 68 นาที ผลิตปล่อยรังสีบีตาใช้กับเครื่อง PET และ PET-CT ได้มาจาก เครื่องกำเนิด Germanium-68 (Ge-68)

เจอร์เมเนียม-68 (Ge-68) ครึ่งชีวิต 271 วัน ใช้เป็นไอโซโทปตัวตั้งต้นในเครื่องกำเนิดแกลเลียม-68

อินเดียม-111 (In-111) ครึ่งชีวิต 2.8 วัน ใช้สำหรับการศึกษาวินิจฉัย เช่น สมอง การติดเชื้อ และศึกษา การบีบตัวของลำไส้

ไอโอดีน-123 (I-123) ครึ่งชีวิต 13 ชั่วโมง มีการใช้มากขึ้นสำหรับการวินิจฉัยการทำงานของต่อมไทรอยด์ เป็นตัวที่ปล่อยรังสีแกมมาที่ไม่มีรังสีบีตาเหมือนกับ I-131

ไอโอดีน-124 (I-124) ครึ่งชีวิต 4.18 วัน ใช้เป็นตัวตรวจสอบติดตามของระบบต่าง ๆ

คริปทอน-81m (Kr-81m) ครึ่งชีวิต 13 วินาที เกิดจากการสลายกัมมันตรังสีของรูบิเดียม-81 (Ru-81) เป็นแก๊ส ใช้ถ่ายภาพการทำงานของระบบหายใจของปอด เช่น ในผู้ป่วยหอบหืด และสำหรับการวินิจฉัยเบื้องต้นของโรคปอด การทำงานของปอด

รูบิเดียม-82 (Ru-82) ครึ่งชีวิต 1.26 นาที ใช้ในการถ่ายภาพการไหลเวียนของเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ ด้วย PET

สตรอนเชียม-82 (Sr-82) ครึ่งชีวิต 25 วัน ใช้เป็นตัวกำเนิด Rb-82

เทลเลียม-201 (Tl-201) ครึ่งชีวิต 73 ชั่วโมง ใช้สำหรับวินิจฉัยโรคหลอดเลือดหัวใจและการทำงานของปอดอื่น ๆ ของหัวใจ กล้ามเนื้อหัวใจตาย และการบอกตำแหน่งของ low grade lymphomas มะเร็งต่อมน้ำเหลืองที่มีแนวโน้มที่จะเติบโตและการแพร่กระจายอย่างช้า ๆ

หมายเหตุ : ไอโซโทปรังสีคืออะไร (What are radioisotopes?)

มีธาตุอยู่หลาย ๆ ธาตุที่มีจำนวนของไอโซโทปเป็นจำนวนมาก โดยไอโซโทปของธาตุใด ๆ จะมีจำนวนโปรตรอนเท่ากันในอะตอม (คือ atomic number) แต่จะมีมวลที่ต่างกันเพราะมีจำนวนนิวตรอนที่ต่างกัน ในอะตอมที่อยู่ ในสถานะเป็นกลางจำนวนของอิเล็กตรอนภายนอกจะมีจำนวนเท่ากับจำนวนโปรตรอนหรือเท่ากับ atomic number อิเล็กตรอนเหล่านี้จะกำหนดสมบัติทางเคมีของอะตอม น้ำหนักอะตอมเป็นผลรวมของโปรตรอนกับนิวตรอน จะมีธาตุ ที่เสถียร 82 ธาตุและมีประมาณ 275 ไอโซโทปที่เสถียร เมื่อมีการรวมกันของนิวตรอนและโปรตรอนที่ไม่เคยปรากฏ อยู่ในธรรมชาติโดยเกิดขึ้นจากการประดิษฐ์ขึ้นมา อะตอมจะไม่คงตัวหรือไม่เสถียร เราเรียกว่า ไอโซโทปรังสี (radioactive isotope or radioisotope) นอกจากนี้ยังมีจำนวนของไอโซโทปที่ไม่เสถียรตามธรรมชาติ ที่เกิดขึ้นจาก การสลายกัมมันตรังสียูเรเนียมและทอเรียมเริ่มแรก โดยรวมทั้งหมดจะมี ไอโซโทปรังสีอยู่ประมาณ 1800 ไอโซโทป

ในปัจจุบันมีไอโซโทปรังสีมากถึง 200 ไอโซโทปที่ใช้กันเป็นประจำ และส่วนใหญ่ต้องผลิตขึ้นมา ไอโซโทปรังสีสามารถผลิตได้หลายวิธี ที่ใช้กันส่วนมากก็คือการอาบนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ซึ่ง จะ เกี่ยวข้องกับการที่นิวตรอนถูกจับโดยนิวเคลียสของอะตอม ทำให้มีนิวตรอนอยู่เกินจำนวนในนิวเคลียส (neutron rich) ไอโซโทปรังสีบางชนิดผลิตขึ้นมาจากเครื่องเร่งอนุภาค โดยการเร่งความเร็วโปรตรอนให้

เข้าไปรวมตัวในนิวเคลียส ทำให้เกิดการขาดจำนวนของนิวตรอนในนิวเคลียส (proton rich) นิวเคลียสของไอโซโทปรังสีจะมีการทำให้ตัวเองเข้าสู่สภาวะที่คงตัว โดยการปลดปล่อยอนุภาคแอลฟาและหรือ อนุภาคบีตาหรือโพซิตรอน อนุภาคเหล่านี้อาจปลดปล่อยออกมาพร้อมกับการปลดปล่อยพลังงาน ในรูปของพลังงาน แม่เหล็กไฟฟ้ารู้จักกันในนามว่ารังสีแกมมา กระบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่าการสลายกัมมันตรังสี (radioactive decay) ผลิตภัณฑ์ของสารกัมมันตรังสีที่ใช้ในทางการแพทย์จะเรียกว่า เกล็ดรังสี (radiopharmaceuticals)

ถอดความเรียบเรียงจาก

<http://www.world-nuclear.org/info/default.aspx?id=546&terms=Radioisotopes%20in%20Medicine>

โพสต์เมื่อ : 9 สิงหาคม 2554