

## SPECIAL ARTICLE

## หลักการเบื้องต้นของเพทสแกน

## Basic Principle of PET Scans

วชิษฐ์ กนกวงศ์นวนันท์, พ.บ.

Wasit Kanokwongnuwat, M.D.

หน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลพระปกเกล้า

Division of Nuclear Medicine, Department of Radiology, Phrapokkklao Hospital

Received: January 21, 2024 Revised: April 3, 2024 Accepted: June 6, 2024

## บทคัดย่อ

การถ่ายภาพรังสีโพสิตรอนหรือเพทสแกนได้มีการพัฒนาการตรวจวินิจฉัยโดยการเพิ่มข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับการทำงานในระดับโมเลกุลในร่างกายมนุษย์ เพทมีการใช้สารเภสัชรังสี โดยเป็นสารทางชีวภาพที่ไม่เลกุลมีการติดฉลากไอโซโทปที่ปล่อยโพสิตรอน สารนี้ถูกนำเข้าร่างกายผู้ป่วยโดยการฉีดเข้าที่หลอดเลือดดำ การรับประทาน หรือการสูดหายใจ เมื่อสารเภสัชรังสีสลายตัวจะปล่อยโพสิตรอนออกมา เครื่องเพทสแกนจะสร้างภาพสามมิติที่จะแสดงการกระจายตัวและความเข้มข้นของสารเภสัชรังสีในเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ในการวัดการจับสารรังสี เพทจะช่วยประเมินการทำงานของเซลล์ ช่วยในการวินิจฉัยโรค บอกระยะของโรค และติดตามการรักษาในหลายโรค ได้แก่ โรคมะเร็ง โรคทางระบบประสาท และโรคทางหัวใจและหลอดเลือด นอกจากนี้เพทสามารถตรวจการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในระดับโมเลกุลช่วยให้เข้าถึงการรักษาเฉพาะบุคคลและพัฒนาการรักษา การเข้าใจหลักการพื้นฐานของเพทสแกนเป็นสิ่งสำคัญในการใช้ประโยชน์ในทางคลินิกและการพัฒนางานวิจัยทางการแพทย์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาผลการรักษาและการดูแลผู้ป่วยต่อไป บทความนี้มีจุดประสงค์ในการแนะนำหลักการพื้นฐานของเพทสแกน

คำสำคัญ: เพทสแกน, การถ่ายภาพรังสีโพสิตรอน, สารเภสัชรังสี, มะเร็ง

## ABSTRACT

Positron Emission Tomography (PET) imaging has revolutionized medical diagnostics by offering unique insights into the functional and molecular processes within the human body. PET utilizes radiotracers, typically biologically active molecules labeled with positron-emitting isotopes, administered intravenously, orally or inhalation to patients. As these radiotracers decay, they emit positrons, which subsequently annihilate with nearby electrons, producing pairs of gamma rays. Detectors surrounding the patient capture these gamma rays, enabling precise localization. By analyzing the emitted radiation patterns, PET scanners construct three-dimensional images reflecting the distribution and concentration of radiotracers in tissues and organs. Through the quantification of radiotracer uptake, PET facilitates the evaluation of metabolic and physiological processes, aiding in the diagnosis, staging, and monitoring of various diseases, including cancer, neurological disorders, and cardiovascular conditions. Moreover, PET's ability to detect biochemical alterations at the molecular level holds promise for personalized medicine and therapeutic development. Understanding the basic principles of PET scans is crucial for optimizing their clinical utility and advancing medical research, leading the way for improved patient outcomes and enhanced healthcare practices. This article aims to introduce the fundamental principles underlying PET scans.

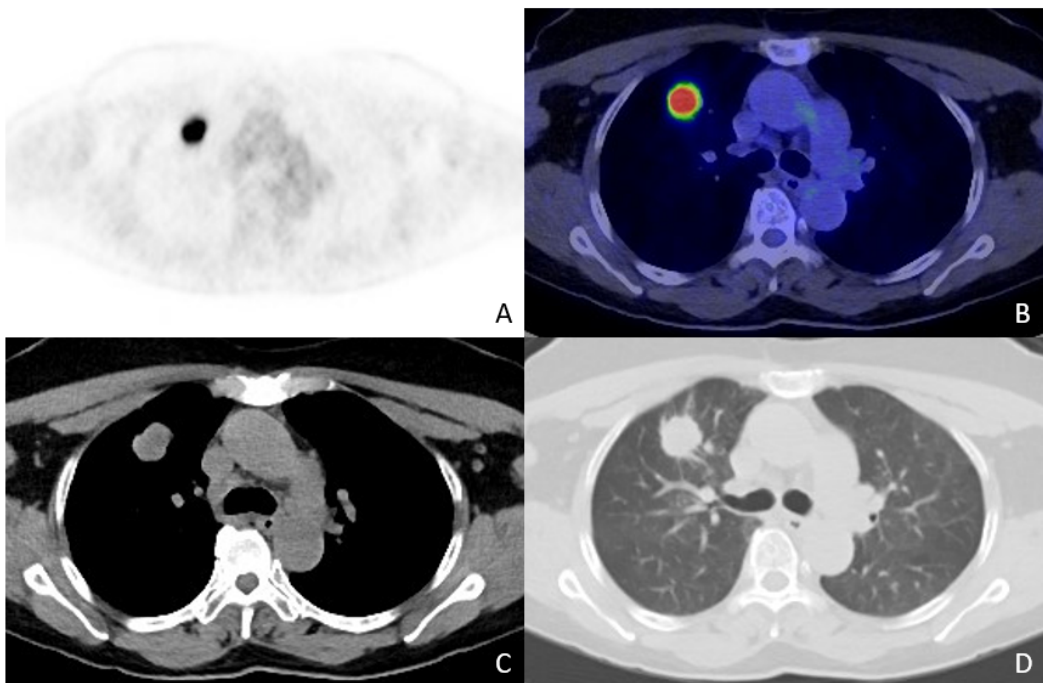
**KEYWORDS:** PET scan, positron emission tomography, radiopharmaceuticals, cancer

**บทนำ**

เพทสแกนเป็นการตรวจการทำงานเชิงสรีรวิทยาของเซลล์ที่ให้ข้อมูลที่แตกต่างอย่างมากกับการตรวจทั่วไป เช่น เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ หรือซีทีสแกน การตรวจซีทีสแกนอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางขนาดและลักษณะของรอยโรค เพื่อที่จะทำการวินิจฉัยมะเร็ง ทำให้ความไวและความจำเพาะของซีทีสแกนมีจำกัด ยกตัวอย่างเช่นผู้ป่วยมะเร็งมีต่อมน้ำเหลืองโตและสงสัยว่าจะเป็นจากมะเร็ง แต่ผู้ป่วยมีต่อมน้ำเหลืองขนาดปกติจะถือว่าเป็นเนื้อร้าย การแปลผลนี้อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ เนื่องจากต่อมน้ำเหลืองที่เกิดจากการติดเชื้อหรือมีมะเร็งแพร่กระจายไปในระยะเริ่มต้นจะแสดงตัวในต่อมน้ำเหลืองที่มีขนาดเล็ก นอกจากนี้ผลจากการรักษาอาจทำให้ยากในการประเมินผลเนื่องจากขนาดก้อนอาจ

เปลี่ยนแปลงช้าหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย และโรคมะเร็งที่เคลื่อนย้ายหรือมะเร็งที่กลับมาเป็นซ้ำอาจตรวจพบได้ยากจากการบดบังของการเปลี่ยนแปลงหลังฉายแสงหรือการผ่าตัด

ข้อจำกัดของเพทสแกนคือ การขาดรายละเอียดทางกายวิภาค การดูดซึมสารรังสีในอวัยวะปกติ เช่น ลำไส้ กล้ามเนื้อ และท่อไต อาจจะทำให้แปลผลผิดว่าเป็นเนื้องอกได้ ดังนั้นการแปลผลร่วมกับซีทีสแกนหรือเอ็มอาร์ไอจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ความแตกต่างของตำแหน่งระหว่างการสแกน 2 ชนิด สามารถลดได้ด้วยการนำเครื่องมือสำหรับถ่ายภาพเพทสแกนร่วมกับเครื่องซีทีหรือเอ็มอาร์ไอสแกนเป็นเครื่องมือถ่ายภาพแบบไฮบริดซึ่งเรียกว่า เพทซีที หรือเพทเอ็มอาร์ไอ<sup>1</sup> (รูปที่ 1)



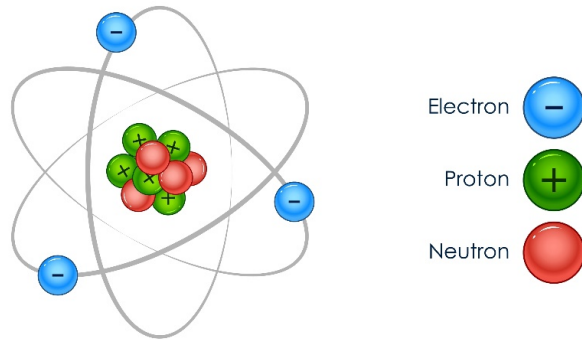
รูปที่ 1 (A) ภาพเพทสแกนแสดงก้อนที่ปอดที่จับสาร FDG บ่งบอกว่าจะเป็นมะเร็งปอด (B) ภาพรวมเพทและซีที (C) ซีทีสแกนในหน้าตัดเนื้อเยื่อ (D) ซีทีสแกนในหน้าตัดปอด (ที่มา: Wasit Kanokwongnuwat, 2024)

**กัมมันตภาพรังสี**

วัตถุทุกอย่างประกอบด้วยอะตอม ซึ่งเกิดจากโปรตรอน อิเล็กตรอน และนิวตรอน ประจุบวกจากโปรตรอนและประจุเป็นกลางจากนิวตรอนมีขนาดใกล้เคียง

กันเรียกว่า นิวคลีออน เนื่องจากทั้งสองตัวนี้อยู่ที่นิวเคลียส อิเล็กตรอนที่มีมวลน้อยกว่ามาก จะเคลื่อนที่อยู่รอบนิวเคลียสและทำตัวเป็นประจุลบระดับเดียวกับโปรตรอน<sup>1</sup> (รูปที่ 2)

### Atom Structure



รูปที่ 2 โครงสร้างของอะตอม ประกอบด้วยโปรตรอนและนิวตรอนที่นิวเคลียส และอิเล็กตรอนวิ่งโดยรอบ (ที่มา: Vectomart/shutterstock.com, 2024)

ธาตุแต่ละชนิดที่อยู่ในตารางธาตุ ธาตุเดียวกันจะมีจำนวนโปรตรอนเท่ากัน จำนวนโปรตรอนจะถูกเรียกว่า เลขอะตอม เช่น ธาตุคาร์บอนทุกตัวจะมี 6 โปรตรอน ธาตุออกซิเจนทุกตัวจะมี 8 โปรตรอน และธาตุไอโอดีนทุกตัวจะมี 53 โปรตรอน จำนวนรวมของโปรตรอนกับนิวตรอน

เราเรียกว่า เลขมวล หรือมวลอะตอม นิวคลายด์คือส่วนประกอบของนิวเคลียสซึ่งรวมทั้งโปรตรอนและนิวตรอน การเขียนสัญลักษณ์ในการกล่าวถึงนิวคลายด์แต่ละตัว (รูปที่ 3)

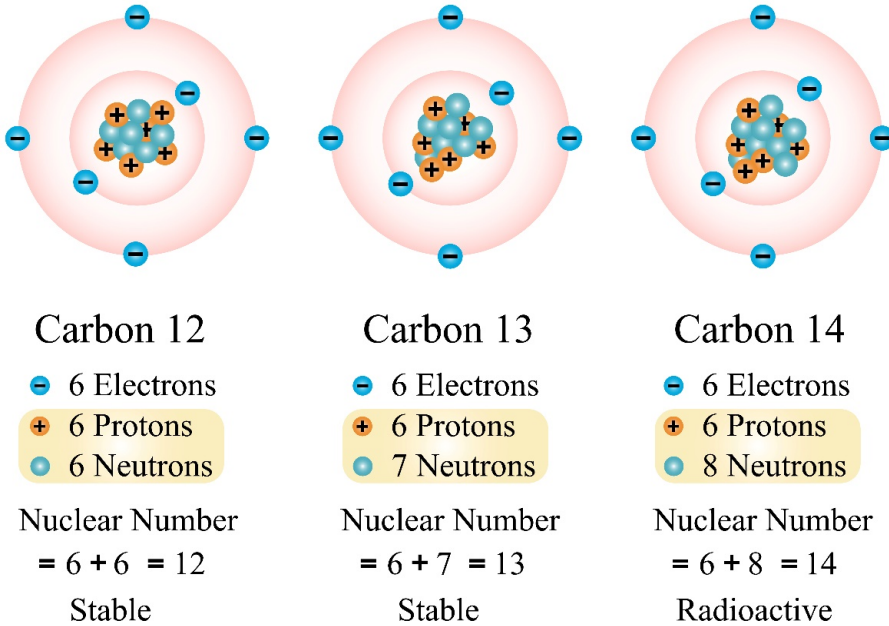


รูปที่ 3 X คือสัญลักษณ์ของธาตุ Z คือเลขอะตอมหรือจำนวนของโปรตรอน และ A คือเลขมวลหรือจำนวนของโปรตรอนรวมกับนิวตรอน (ที่มา: zizou7/shutterstock.com, 2024)

ในการเรียกธาตุแต่ละชนิด เช่น ไอโอดีนที่มีโปรตรอน 53 ตัว ถ้านิวคลายด์นี้มีนิวตรอน 78 ตัว เลขมวลจะเป็น 53+78=131 เนื่องจากเลขอะตอมหรือจำนวนโปรตรอนสามารถดูได้จากสัญลักษณ์ของธาตุ เราสามารถ

ทำให้การเรียกชื่อสั้นลงได้เป็น ไอโอดีน 131 สำหรับธาตุเดียวกันที่มีจำนวนโปรตรอนเท่ากันแต่มีเลขมวลหรือจำนวนนิวตรอนต่างกัน เราเรียกว่า ไอโซโทป ไอโซโทปที่สลายตัวให้รังสีเราเรียกว่า ไอโซโทปรังสี (รูปที่ 4)

## Isotopes of Carbon



รูปที่ 4 ไอโซโทปของคาร์บอนอะตอม คือธาตุคาร์บอนเดียวกันที่มีจำนวนโปรตรอนเท่ากัน แต่มีเลขมวลหรือจำนวนนิวตรอนต่างกัน (ที่มา: Sansanorth/shutterstock.com, 2024)

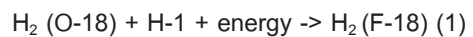
ในทางการแพทย์ไอโซโทปแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติต่างกัน เช่น ชนิดของรังสีที่ปล่อยและเวลาที่ยังแผ่รังสีอยู่ ซึ่งทำให้การนำมาใช้ประโยชน์ต่างกัน เช่น ไอโอดีน 131 ที่ปล่อยอนุภาคบีตาและรังสีแกมมาถูกนำมาใช้ในการรักษาโรคของต่อมไทรอยด์

### สารเภสัชรังสี

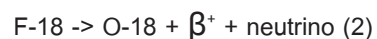
ในเวชศาสตร์นิวเคลียร์นั้น สารเภสัชรังสีที่ถูกนำมาให้กับผู้ป่วยจะปล่อยรังสีออกมาซึ่งนำมาใช้ในการถ่ายภาพและการรักษา “สารรังสี” เกิดจากอะตอมที่ไม่คงที่สลายตัวเพื่อทำให้ตัวเองคงที่ รังสีจากอะตอมเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการถ่ายภาพและการรักษาได้ ยาที่ได้รับการรับรองให้สามารถนำมาใช้ในมนุษย์และนำมารวมกับโมเลกุลของสารรังสีจะเรียกว่า “สารเภสัชรังสี” ในการสลายตัวของโพสิตรอน โดยโพสิตรอนที่จะเคลื่อนที่ไปในระยะทางที่สั้นก่อนที่จะเกิดอันตรกิริยาทำลายล้าง (annihilation reaction) กับอนุภาคอิเล็กตรอน ทำให้เกิดรังสีโฟตอนพลังงาน 511 keV สองโฟตอนในทิศทางตรงกันข้าม โดยโฟตอนทั้งสองอาจเรียกว่าโฟตอนที่พ้องกัน

(coincidence photons) โดยโฟตอนทั้งสองนี้จะถูกตรวจจับด้วยเครื่องถ่ายภาพเพทสแกน (รูปที่ 5)<sup>1</sup>

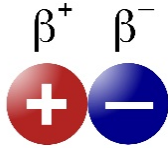
ในการผลิตสาร <sup>18</sup>F-FDG (fluorodeoxyglucose) ซึ่งเป็นสารที่ใช้มากที่สุดในการเพทสแกนนั้น เริ่มจากการยีสสารตั้งต้นด้วยโปรตรอนที่ถูกเร่งอนุภาคในเครื่องไซโคลตรอนไปที่ออกซิเจน-18 ที่ผสมอยู่ในน้ำ ทำให้เกิดการผลิตสารฟลูออรีนรังสี (<sup>18</sup>F) ที่ให้อนุภาคโพสิตรอนได้ ซึ่งเรานำสารนี้มาใช้สร้างสารเภสัชรังสี ตามปฏิกิริยาทางนิวเคลียร์ดังสมการดังต่อไปนี้ (1)



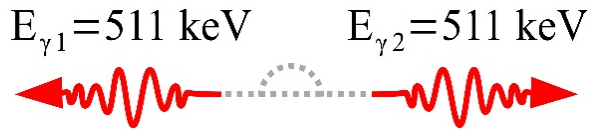
ออกซิเจน-18 และฟลูออรีน-18 เรียกว่า ไอโซบาร์ คือสารที่มีเลขมวลเหมือนกัน แต่เลขอะตอมต่างกัน โดยเลขอะตอม 8 คือออกซิเจน และเลขอะตอม 9 คือฟลูออรีน ฟลูออรีน-18 เป็นสารรังสีไอโซโทปที่ไม่เสถียรและมีค่าครึ่งชีวิต 109 นาที สารนี้สลายตัวโดยให้อนุภาคโพสิตรอนโดยจะปล่อยนิวทริโนในปฏิกิริยาด้วย (2)



## A. Before



## B. After



รูปที่ 5 (A) โพสิตรอนมาจับกับอิเล็กตรอนและเกิดปฏิกิริยาสลายตัว (B) จากนั้นเกิดโฟตอนที่มีพลังงานขนาด 511 keV 2 ค่า เดินทางตรงข้ามกัน 180 องศา (ที่มา: ScientificStock/shutterstock.com, 2024)

### หลักการของการตรวจในเครื่องถ่ายภาพรังสีโพสิตรอนด้วยสารเภสัชรังสี <sup>18</sup>F-FDG

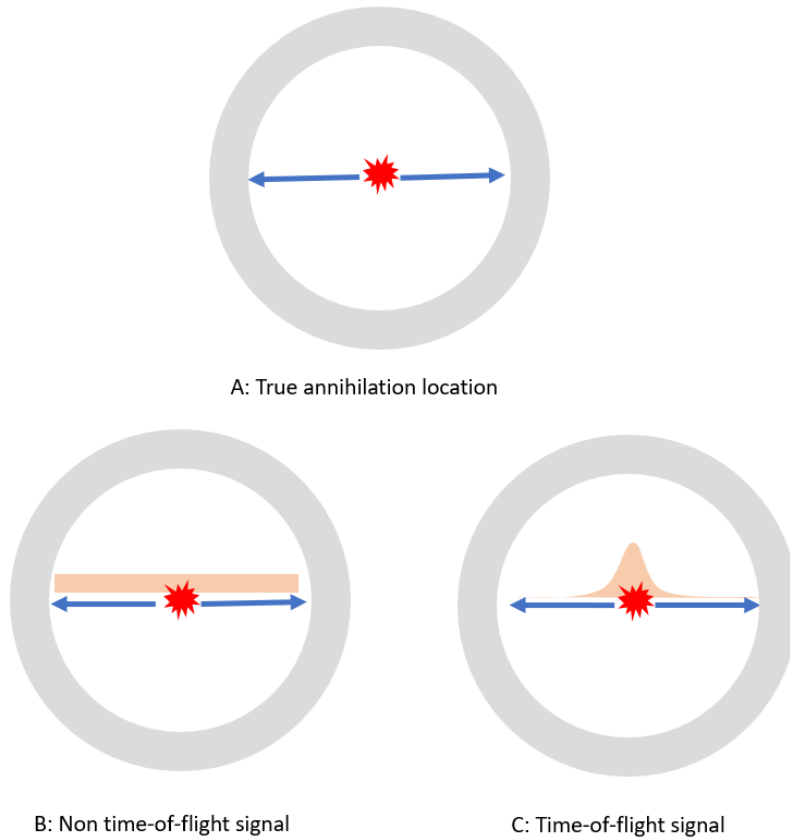
ในเซลล์มะเร็งจะมีการเพิ่มของตัวขนส่งกลูโคสที่เยื่อหุ้มเซลล์ทำให้มีกลูโคสในเซลล์มากขึ้น เนื่องจากลักษณะสำคัญของเซลล์มะเร็งคือ การแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว การเพิ่มขนาด การแพร่กระจายไปที่ใกล้เคียงและที่ห่างไกล เซลล์มะเร็งจะใช้กลูโคสจากการทำงานของเอนไซม์ Hexokinase กลูโคสจะถูกนำเข้าสู่เซลล์โดยตัวช่วยนำเข้าสู่เซลล์ GLUT (glucose transporter) และเข้าสู่กระบวนการย่อยสลายน้ำตาลต่อไป FDG เป็นสารเภสัชรังสีที่ถูกดูดซึมโดยเซลล์มะเร็งโดยใช้ตัวขนส่งขนส่งกลูโคส แต่ไม่สามารถถูกย่อยสลายต่อไปได้ FDG จึงติดอยู่ในเซลล์

โพสิตรอนเป็นประจุบวกที่มีมวลเท่ากับอิเล็กตรอนและจะสลายตัวเมื่อมาชนกับอิเล็กตรอน หลังจากนั้นจะให้โฟตอน 2 ตัว ในขนาด 511 keV ไปในทิศทางตรงกันข้าม การตรวจจับสัญญาณทำได้โดยใช้คริสตัลติดกับท่อขยายสัญญาณ เมื่อเทียบกับสารเภสัชรังสีอื่นในเวชศาสตร์นิวเคลียร์ สารที่ใช้ในเพทสแกนจะมีพลังงานมากกว่ามาก (510 keV for FDG vs 140 keV for technetium-99m) ดังนั้นตัวรับภาพจึงต้องมีการหยุดงานขนาดสูง คริสตัลที่ดีควรจะมีการหยุดพลังงานที่สูงสำหรับโฟตอน 511 keV และมีประสิทธิภาพที่ดีในการเปลี่ยนพลังงานโฟตอนเป็นแสงเพื่อจะส่งสัญญาณต่อไป<sup>2</sup>

ในอดีตคริสตัล BGO (bismuth germanate) จะเป็นที่นิยมมากเนื่องจากมีความหนาแน่นสูงและมีเลขอะตอมสูง แต่เนื่องจากผลิตแสงได้น้อยทำให้ความละเอียดของภาพไม่ดีเท่าที่ควร มีสัญญาณรบกวนมากและเวลาถ่ายภาพนาน คริสตัลที่ใหม่กว่าสามารถเปล่งแสงได้มากขึ้นและเร็วขึ้น เช่น LSO (lutetium oxyorthosilicate) LYSO (lutetium yttrium oxyorthosilicate) ถูกนำมาใช้และทำให้ได้ภาพที่ชัดขึ้นและถ่ายภาพได้เร็วขึ้น<sup>2</sup> อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีใหม่กว่าโดยใช้ silicon photomultiplier tube รวมกับการนับโฟตอนแบบดิจิตอล ทำให้ถ่ายภาพได้ชัดขึ้นแล้วเร็วขึ้นกว่าเดิม ซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบัน ซึ่งเราเรียกว่าดิจิตอลเพท แทนที่อนาล็อกเพทในสมัยก่อน<sup>3</sup>

### Time of flight (TOF) PET

ในการตรวจสัญญาณโดยทั่วไปของเพทสแกนโฟตอนที่พ้องกันจะถูกคิดให้อยู่ในตำแหน่งที่เป็นเส้นทางระหว่างตัวรับสัญญาณ (Line Of Response, LOR) เทคโนโลยี TOF จะช่วยให้ทราบตำแหน่งของจุดที่เกิดการแตกสลายของรังสีที่อยู่ในเส้นทางระหว่างสองตัวรับภาพนั้น โดยใช้ความต่างกันของเวลาที่มาถึง การใช้ TOF PET จะช่วยให้ได้ภาพที่ชัดเจนขึ้น ตรวจพบรอยโรคได้ดีขึ้น และสามารถลดเวลาสแกนหรือลดปริมาณรังสีที่ฉีดได้<sup>4,5</sup> (รูปที่ 6)



**รูปที่ 6** (A) แสดงตำแหน่งการเกิดการสลายตัวของพลังงานเมื่อโพสิตรอนจับกับอิเล็กตรอน (B) การตรวจรับสัญญาณโดยปกติจะบอกตำแหน่งเป็นเส้นทางระหว่างสองตัวรับภาพ (C) การตรวจจับสัญญาณโดยใช้ TOF ช่วยจะบอกตำแหน่งที่จำเพาะที่เกิดการสลายตัวของพลังงานได้ (ที่มา: Wasit Kanokwongnuwat, 2024)

**Digital VS Analog PET**

ในเครื่อง PET สมัยแรกนั้น มีการใช้หลอดทวีคูณแสง (Photomultiplier Tubes, PMT) ติดกับคริสตัลที่ตรวจการสลายตัวของโพตอน ซึ่งเราอาจเรียกว่านาฬิกาแอนะล็อก (analogue PET) เทคโนโลยีใหม่ที่มีการใช้หลอดทวีคูณแสงจากสารกึ่งตัวนำที่เรียกว่า Silicon Photomultipliers (SiPMs) เป็นพื้นฐานการเริ่มต้นของดิจิตอล PET (digital PET) อุปกรณ์นี้ขนาดเล็กกว่าหลอดทวีคูณแสงแบบเดิม ทำให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ของคริสตัลที่ดีขึ้นและช่วยเพิ่มความละเอียด รวมถึงเพิ่มความไวในการหารอยโรค ลดสัญญาณกวน และลดเวลาสแกนได้ โดยมีการใช้ดิจิตอล PET สามารถเปลี่ยนสัญญาณแสงที่บันทึกได้เป็นสัญญาณดิจิตอลได้โดยตรง การใช้ดิจิตอล PET ยังช่วยให้ TOF ทำงานได้ดีขึ้นทำให้ช่วยลดเวลาสแกนและเพิ่มความละเอียดของภาพได้ดีขึ้น<sup>3</sup>

**ข้อบ่งชี้ในการส่งตรวจ FDG PET<sup>6</sup>**

- แยกแยะระหว่างเนื้องอกหรือพังผืดหลังการรักษากับมะเร็ง
  - หามะเร็งต้นตอในกรณีที่ไม่เจอมะเร็งแพร่กระจาย
  - บอกระยะของมะเร็งที่รู้ก่อนแล้ว
  - ติดตามผลการรักษาของมะเร็งที่รู้ก่อนแล้ว
  - หามะเร็งที่กลับมาเป็นซ้ำ โดยเฉพาะเมื่อพบค่ามะเร็งจากการตรวจเลือดสูงขึ้น
  - หาตำแหน่งในการตัดชิ้นเนื้อ
  - วางแผนในการฉายแสง
- ไม่มีข้อห้ามอย่างเด็ดขาดในการส่งตรวจ PET สแกน การตรวจนี้อาจไม่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยตั้งครรรภ์ และควรพิจารณาระหว่างประโยชน์และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น โดยปรึกษาระหว่างผู้ป่วยและแพทย์ที่ทำการรักษาก่อนทำการตรวจ

## สถานการณ์เพทสแกนในประเทศไทย

การตรวจ FDG PET สามารถใช้ตรวจกับมะเร็งได้หลายโรคและมีความแม่นยำมากกว่าการตรวจโดยปกติด้วยซีทีสแกน แต่เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูง ในประเทศไทยสามารถเบิกจ่ายได้ 2 โรคเท่านั้นคือ มะเร็งปอดชนิดเซลล์ไม่เล็ก (non-small cell lung cancer) และมะเร็งต่อมท่อน้ำเหลืองชนิดฮอดจ์กิน (Hodgkin lymphoma) จากการประชุมคณะกรรมการหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 6/2564

### สรุป

การเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเพทสแกนจะช่วยให้การนำมาใช้งานมากขึ้น การตรวจเพทใช้การฉีดสารเภสัชรังสีและการตรวจการแผ่รังสีแกมมาทำให้ได้ภาพและปริมาณของการทำงานของเซลล์ในระดับโมเลกุล ความรู้พื้นฐานนี้ช่วยในการต่อยอดความรู้ทางการแพทย์ยุคใหม่ที่ช่วยในการวินิจฉัยที่แม่นยำ ช่วยวางแผนการรักษา และช่วยการติดตามการรักษาในหลายโรค ในการพัฒนาเทคโนโลยีด้านเพทที่มากขึ้นทำให้การนำไปใช้มีมากขึ้น การเข้าใจความรู้พื้นฐานนี้นอกจากจะช่วยการนำมาใช้ทางคลินิกและงานวิจัยแล้ว ยังสามารถพัฒนาการดูแลผู้ป่วยและการรักษาที่ดีขึ้นในอนาคตได้

ผลประโยชน์ทับซ้อน: ไม่มี

แหล่งเงินทุนสนับสนุน: ไม่มี

## เอกสารอ้างอิง

- O'Malley JP, Ziessman HA. Nuclear medicine and molecular imaging: the requisites. 5th ed. Amsterdam: Elsevier; 2020.
- Vaquero JJ, Kinahan P. Positron emission tomography: current challenges and opportunities for technological advances in clinical and preclinical imaging systems. *Annu Rev Biomed Eng* 2015;17:385-414.
- López-Mora DA, Carrió I, Flotats A. Digital PET vs analog PET: clinical implications?. *Semin Nucl Med* 2022;52:302-11.
- Vandenbergh S, Mikhaylova E, D'Hoe E, Mollet P, Karp JS. Recent developments in time-of-flight PET. *EJNMMI Phys* [Internet]. 2016 [cited 2023 Dec 25];3(1):3. Available from: <https://ejnmiphys.springeropen.com/articles/10.1186/s40658-016-0138-3>
- Surti S. Update on time-of-flight PET imaging. *J Nucl Med* 2015;56:98-105.
- Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2015;42:328-54.
- National Health Security Office. NHSO board adds gold patent to PET/CT test as an alternative to assess the stage of lung cancer and lymphoma [internet]. 2021 [cited 2023 Dec 25]. Available from: <https://www.nhso.go.th/news/3120>