

การตรวจ PET scan ด้วย 18F-FDG เพื่อใช้ในการตรวจโรคมะเร็ง

ัญญลักษณ์ เขียรัญญกิจ¹

The 18F-FDG PET scan in oncology

Thientunyakit T.

Division of Nuclear Medicine, Department of Radiology, Faculty of Medicine,

Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90110, Thailand

E-mail: stanyalu@medicine.psu.ac.th

Songkla Med J 2007;25(6):549-559

Abstract:

A rapidly emerging clinical application of Positron Emission Tomography (PET) is the detection and staging of cancer. The glucose analogue tracer 2-[fluorine-18]fluoro-2-deoxy-D-glucose (18F-FDG) has been used successfully for assessing primary tumours and metastases, to indicate prognosis, planning and for monitoring of tumour therapy as well as the early detection of recurrent tumour growth. This review summarises the uptake mechanism of 18F-FDG in benign and malignant lesions, its relation to histopathology, and the potential of PET in oncology practice.

Key words: fluorodeoxyglucose, positron emission tomography, cancer

¹พ., วว. (เวชศาสตร์นิวเคลียร์) อาจารย์ หน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

รับต้นฉบับวันที่ 6 ธันวาคม 2549 รับลงตีพิมพ์วันที่ 10 กันยายน 2550

บทคัดย่อ:

การตรวจ positron emission tomography หรือ PET นั้น ได้ถูกนำมาใช้อย่างมากในด้านมะเร็งโดยการนำอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคส ได้แก่ 2-ฟลูออรีน-18-ฟลูออโรดีออกซีกลูโคส หรือ 18F-FDG มาใช้ในการวินิจฉัยมะเร็งและตรวจหาการแพร่กระจายของมะเร็ง การพยากรณ์โรค การวางแผนการรักษา การติดตามผลการรักษาในผู้ป่วย ตลอดจนวินิจฉัยการกลับเป็นซ้ำของมะเร็งหลังการรักษา ซึ่งบทความนี้ได้สรุปหลักการจับของสารเภสัชรังสี 18F-FDG ในมะเร็งและภาวะอื่นๆ ความสัมพันธ์ของ 18F-FDG กับผลทางพยาธิวิทยา และบทบาทของการตรวจ PET ในการตรวจโรคมะเร็ง

คำสำคัญ: ฟลูออโรดีออกซีกลูโคส, เครื่องตรวจอนุภาคโพสิตรอน, มะเร็ง

บทนำ

ในช่วงทศวรรษนี้ได้มีการพัฒนาการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์เพื่อใช้ประเมินลักษณะทางชีวเคมีและทางสรีระที่จำเพาะของมะเร็ง อันได้แก่ ปริมาณเลือดที่มาเลี้ยง, การเผาผลาญน้ำตาลกลูโคส และตัวรับของเซลล์มะเร็ง (receptor) ข้อมูลที่ได้จากการตรวจเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ประกอบกับข้อมูลทางกายวิภาคที่ได้จากภาพถ่ายรังสี การตรวจคลื่นเสียงความถี่สูง การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ หรือการตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อประโยชน์ในการวินิจฉัยรักษาและติดตามผู้ป่วยมะเร็งภายหลังจากการรักษา

Positron emission tomography (PET) เป็นการตรวจวินิจฉัยชนิด noninvasive ที่ตรวจวัดอนุภาคโพสิตรอนที่ปล่อยจากตัวผู้ป่วยหลังจากได้รับสารเภสัชรังสีเข้าไป สารกัมมันตรังสีที่ใช้ได้แก่ ออกซิเจน, คาร์บอน, ไนโตรเจน และฟลูออรีน ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการถ่ายภาพ PET เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานและการเผาผลาญทั้งในเนื้อเยื่อปกติและที่เป็นโรค 18F-FDG เป็นสารเภสัชรังสีที่ใช้มากที่สุดในการตรวจมะเร็ง สามารถตรวจได้ทั้งมะเร็งปฐมภูมิและบริเวณที่มีการแพร่กระจาย บอกลักษณะโรค ใช้ในการวางแผนการรักษาและประเมินผลการรักษา รวมทั้งตรวจการกลับเป็นซ้ำของมะเร็ง โดยเป็นที่ยอมรับกันในเรื่องหลายชนิด อาทิ มะเร็งปอด, มะเร็งลำไส้ใหญ่, มะเร็งต่อมน้ำเหลือง, มะเร็งผิวหนังชนิด melanoma, มะเร็งศีรษะ และลำคอ ตลอดจนมะเร็งหลอดอาหาร ในบางกรณี PET อาจให้ผลตรวจที่แม่นยำกว่าการตรวจทางรังสีวินิจฉัยอื่นๆ

บทความนี้ได้รวบรวมข้อมูลที่ได้มีการศึกษาและสรุปถึงหลักการของ PET กลไกการจับของสารเภสัชรังสี 18F-FDG ในมะเร็งและภาวะอื่นๆ ความสัมพันธ์ของ 18F-FDG กับผลทางพยาธิวิทยา และบทบาทของการตรวจ PET ในการดูแลรักษาผู้ป่วยมะเร็ง

PET คืออะไร?

PET หรือ Positron emission tomography เป็นการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์โดยอาศัยเครื่องมือที่ทำการตรวจวัดอนุภาคโพสิตรอนที่ปล่อยมาจากสารเภสัชรังสีที่เข้าไปในผู้ป่วย PET จะใช้ในการตรวจดูหน้าที่ของอวัยวะ โดยสามารถดูปริมาณเลือดที่มาเลี้ยง และกระบวนการเผาผลาญที่เกิดขึ้นในระดับเซลล์ การตรวจ PET จะต้องอาศัยเครื่องเร่งอนุภาคไซโคลตรอนที่จะผลิตสารกัมมันตรังสีที่ปล่อยอนุภาคโพสิตรอนออกมา ได้แก่ carbon-11, nitrogen-13, oxygen-15 และ fluorine-18¹ สำหรับสารเภสัชรังสีที่ถูกนำมาใช้ในการตรวจมะเร็งมากที่สุดในปัจจุบัน ได้แก่ 18-F-FDG (2-[fluorine-18]fluoro-2-deoxy-D-glucose)

PET แตกต่างจากการตรวจทางรังสีวินิจฉัยอย่างไร?

ความแตกต่างที่ชัดเจนที่สุดของการตรวจ PET กับการตรวจทางรังสีวินิจฉัยที่นิยมใช้ในการตรวจมะเร็งไม่ว่าจะเป็นเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หรือการตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ PET จะใช้ประเมินการทำงานหรือกระบวนการเผาผลาญของมะเร็งในขณะที่การตรวจทางรังสีวินิจฉัยจะประเมินลักษณะทางกายวิภาคและรูปร่างลักษณะของเซลล์มะเร็ง อาทิ ความหนาแน่น ขนาดและรูปร่าง ซึ่งในบางครั้งอาจแยกได้ยากจากเนื้องอกชนิดธรรมดา (benign) เมื่อเทียบกับการวัดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเผาผลาญด้วย PET และในบางกรณีการตรวจด้วย PET จะสามารถตรวจการเปลี่ยนแปลงของมะเร็งได้เร็วกว่า เนื่องจากมะเร็งมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวโมเลกุลก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะที่ตรวจพบทางรังสีวินิจฉัย ทำให้ PET มีข้อได้เปรียบในการประเมินผลการรักษาและสามารถวินิจฉัยมะเร็งในระยะแรกเริ่มได้

สำหรับปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจ PET นั้นค่อนข้างน้อย ประมาณ 10 มิลลิซีเวิร์ท (mSv) หรือประมาณ 2 เท่าของปริมาณรังสีที่ได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของปอด หากเป็นการตรวจ PET ควบคู่ไปกับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ก็จะได้ปริมาณรังสีประมาณ 20 มิลลิซีเวิร์ทเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการติดตามการรักษาด้วย PET และเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แล้วจึงไม่แตกต่างกัน ดังนั้น เมื่อพิจารณาถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการตรวจ PET แล้วจะพบว่ามีความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะการที่ข้อมูลจาก PET อาจมีส่วนช่วยให้ผู้ป่วยได้รับการรักษา มีคุณภาพชีวิต และมีการพยากรณ์โรคที่ดีขึ้น²

กลไกการจับ 18F-FDG ในเนื้อเยื่อและมะเร็ง

หลังจากที่ 18F-FDG ถูกฉีดเข้าทางหลอดเลือดดำ จะถูกลำเลียงเข้าสู่เซลล์โดยโปรตีนที่ทำหน้าที่ลำเลียงกลูโคสที่บริเวณผิวของเซลล์เช่นเดียวกับกลูโคสทั่วไป ได้มีการศึกษาที่บ่งชี้ว่ามะเร็งจำนวนมากมีจำนวนของโปรตีนชนิดนี้ที่ผิวของเซลล์มากกว่าเซลล์ปกติ ส่งผลให้มีการลำเลียงกลูโคสเข้าสู่เซลล์มะเร็งมากขึ้น³ หลังจากนั้น 18F-FDG ก็จะถูกเอนไซม์ hexokinase เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของ 18F-FDG-6-phosphate เช่นเดียวกับที่กลูโคสถูกเปลี่ยนเป็น glucose-6-phosphate แต่เนื่องจากไม่มีเอนไซม์ที่จำเพาะต่อ 18F-FDG-6-phosphate จึงทำให้ไม่สามารถผ่านเข้าสู่ขั้นตอนของกระบวนการเผาผลาญน้ำตาลต่อไปได้ และ 18F-FDG-6-phosphate จะไม่สามารถผ่านเยื่อเซลล์ออกไปได้ ผลก็คือ 18F-FDG-6-phosphate จะตกค้างอยู่ภายในเซลล์ซึ่งยังมีปริมาณมากเท่าใดก็จะตรวจวัดค่าการจับของสารเภสัชรังสีจาก PET ได้มากเท่านั้น⁴

นอกจากเซลล์มะเร็งแล้ว ก็ยังมีเซลล์อื่นๆที่สามารถจับ 18F-FDG ในปริมาณมากได้ ดังเช่นรายงานของ Maschauer และคณะ⁵ ได้กล่าวถึงการจับ 18F-FDG ที่เพิ่มขึ้นในเซลล์เยื่อผนังหลอดเลือดของ ก้อนมะเร็งและหลอดเลือดที่ผิดปกติอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของ vascular endothelial growth factor (VEGF) ซึ่งพบมากในหลอดเลือดของมะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งของไต, มะเร็งปอด, มะเร็งรังไข่ และมะเร็งลำไส้ใหญ่

อย่างไรก็ตาม มีมะเร็งบางชนิดที่ไม่สามารถตรวจด้วย 18F-FDG PET ได้ โดยเฉพาะมะเร็งที่มีความรุนแรง (aggressiveness) ต่ำ เช่น carcinoid tumour มะเร็งปอดชนิด bronchoalveolar, และ mucinous adenocarcinoma ซึ่งเซลล์มะเร็งเหล่านี้จะจับ 18F-FDG ได้พอๆ กับเซลล์ปกติ ทำให้ตรวจหา มะเร็งไม่พบ⁶

ความสัมพันธ์ระหว่าง 18F-FDG กับผลพยากรณ์วิทยา จุลภาค

ระดับความรุนแรงของมะเร็งจะพิจารณาจากอัตราการแบ่งตัว (mitosis), differentiation และปริมาณของ necrosis ซึ่งเป็นที่พิสูจน์แน่นอนแล้วว่าปริมาณการจับของ 18F-FDG มีความสัมพันธ์กับระดับความรุนแรงของมะเร็งหลายชนิด อาทิ soft tissue sarcoma, astrocytoma, gliomas, มะเร็งตับ และมะเร็งปอด เป็นไปได้ว่ามะเร็งที่มีการนำกลูโคสเข้าไปยังเซลล์มากขึ้นเนื่องจากมีความสามารถในการเผาผลาญสูงกว่าและมีความรุนแรงทางชีวภาพ (biological aggressiveness) มากกว่าและเนื่องจากเซลล์มะเร็งต้องการกลูโคสมากขึ้นเพื่อนำไปสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกซึ่งเป็นตัวบ่งชี้อัตราการแบ่งตัวและการเจริญเติบโตของมะเร็ง⁷ แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบความสัมพันธ์ในมะเร็งศีรษะและลำคอ หรือมะเร็งเต้านมแต่อย่างใด⁸

การกระจายของ 18F-FDG ในภาวะปกติ

ในเซลล์ของบางอวัยวะที่ตามปกติมีกระบวนการเผาผลาญสูงจะมีความสามารถในการจับ 18F-FDG เข้าภายในเซลล์ได้มากกว่าอวัยวะอื่นๆ แพทย์ผู้แปลผลการตรวจจึงจำเป็นต้องทราบถึงการกระจายของ 18F-FDG ในภาวะปกติ เพื่อป้องกันการแปลผลผิดพลาด ซึ่งอวัยวะต่างๆ เหล่านี้ได้แก่ สมอง (โดยเฉพาะที่บริเวณ cerebral cortex, basal ganglia และ visual area), กล้ามเนื้อหัวใจ, ทางเดินอาหาร (โดยเฉพาะกระเพาะอาหารและลำไส้ใหญ่), ไชกระดูก, ม้าม, ต่อมธัยมัสในเด็กและวัยรุ่น, อัณฑะ, เซลล์ไขมันสีน้ำตาล, มดลูกในช่วงที่มีประจำเดือน, เต้านมสตรีในช่วงที่ให้นมบุตร รวมทั้งกล้ามเนื้อที่กำลัมีการใช้งาน และเนื่องจาก 18F-FDG จะถูกขับออกจากร่างกายผ่านทางระบบทางเดินปัสสาวะจึงทำให้ตรวจวัดได้มากในไต, ท่อไต และกระเพาะปัสสาวะได้⁹

SUV คืออะไร?

Standardised uptake value หรือ SUV เป็นการตรวจวัดค่าปริมาณการจับของ 18F-FDG ในเนื้อเยื่อ ซึ่งทำได้ง่ายและมีการใช้อย่างแพร่หลายในการตรวจผู้ป่วยมะเร็งด้วย PET สามารถใช้เปรียบเทียบในผู้ป่วยแต่ละรายได้ดีกว่าการแปลผลด้วยการดูด้วยตาเพียงอย่างเดียว SUV สามารถคำนวณได้จากสูตร⁹

$$SUV = \text{FDG region} / (\text{FDG dose} / \text{Wt})$$

โดยที่ FDG region คือ ปริมาณความเข้มข้นของสารเภสัชรังสีที่วัดได้จากบริเวณที่เราสนใจ (ซึ่งได้ปรับความถูกต้องของค่าที่วัดตามอัตราการสลายตัวแล้ว) มีหน่วยเป็น becquerels ต่อ มิลลิลิตร

FDG dose คือ ปริมาณของสารเภสัชรังสีที่ฉีดเข้าไปในผู้ป่วย หน่วยเป็น becquerels

Wt คือ น้ำหนักตัวของผู้ป่วย หน่วยเป็นกิโลกรัม

โดย SUV ในเนื้อเยื่อปกติจะมีค่าน้อยกว่า 1 (โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 0.8)⁹

Ahuja และคณะ¹⁰ ได้ศึกษาในผู้ป่วยมะเร็งปอดชนิดเซลล์ไม่เล็ก (non small cell lung carcinoma) พบว่าผู้ป่วยที่มีค่า SUV ของมะเร็งสูงจะมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการรอดชีวิตที่สั้นกว่าโดยใช้ค่า cut-off ของ SUV ที่ 10 และยังมีการศึกษาที่ให้ผลคล้ายคลึงกัน แต่ SUV ที่ใช้อาจแตกต่างกันออกไป¹¹ จึงอาจสรุปได้ว่าผลตรวจ PET โดยอาศัยค่า SUV สามารถบอกการพยากรณ์โรคในผู้ป่วยได้ไม่ขึ้นกับอาการทางคลินิกหรือผลตรวจทางรังสีวินิจฉัย ถึงแม้ข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่สามารถระบุค่า cut-off ที่แน่นอนได้ จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมแบบไปข้างหน้า เนื่องจากเชื่อว่าในอนาคต SUV จะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่น่ามาใช้พิจารณาการเลือกวิธีการรักษาที่เหมาะสมให้กับผู้ป่วยเพื่อผลการรักษาที่ดีที่สุด¹²

18F-FDG ในความผิดปกติที่ไม่ใช่มะเร็ง

เนื่องจาก 18F-FDG ไม่ได้เป็นสารเภสัชรังสีที่จำเพาะเจาะจงสำหรับเซลล์มะเร็งเท่านั้น จึงต้องพึงระลึกเสมอว่าภาวะอื่นๆ ที่เซลล์มีกระบวนการสลายน้ำตาลมากขึ้นก็สามารถตรวจพบ 18F-FDG ได้มากเช่นกัน เช่น ภาวะติดเชื้อทั้งชนิดเฉียบพลัน และเรื้อรัง, ภาวะภูมิคุ้มกันตัวเองบกพร่อง (autoimmune disease) เช่น ใน Graves' disease และภาวะที่เนื้อเยื่อมีการอักเสบ เช่น แผลเป็นหลังจากผ่าตัดหรือการเปลี่ยนแปลงหลังการให้รังสีรักษา ตลอดจนการอักเสบของต่อม้ำน้ำเหลืองและบริเวณข้อต่อกระดูกก็สามารถตรวจพบ 18F-FDG เพิ่มขึ้นที่ตำแหน่งนั้นๆ^{2,6,7,9} ซึ่งสามารถอธิบายได้จากการทำงานที่มากมายนานขึ้นในภาวะอักเสบ โดยทั่วไปแล้วในภาวะต่างๆ เหล่านี้จะมีการจับ 18F-FDG ได้น้อยกว่าในมะเร็ง แต่ในบางกรณีที่มีทั้งสองภาวะรวมกันก็อาจพบว่าในบริเวณที่มีการอักเสบมีการจับ 18F-FDG มากกว่าบริเวณที่เป็นมะเร็งได้ นอกจากนี้ ต้องระวังด้วยว่าในเนื้อเยื่อชนิดธรรมดาบางชนิดก็สามารถจับ 18F-FDG ได้มากเช่นกัน ตัวอย่างเช่น giant cell tumour, fibrous dysplasia หรือแม้แต่ adenomatous polyps ของลำไส้ใหญ่⁶ ดังนั้นแพทย์จำเป็นต้องทราบประวัติของผู้ป่วยในส่วนนี้และนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจอื่นๆ มาพิจารณาในการแปลผลร่วมด้วยเสมอ

ปัจจัยที่รบกวนการตรวจ

การควบคุมระดับของน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดในขณะที่ทำการตรวจก็มีความสำคัญ พบว่าในผู้ป่วยที่มีน้ำตาล

กลูโคสในกระแสเลือดสูงจะเกิดการแข่งกันกับ 18F-FDG ในการเข้าสู่เซลล์ ส่งผลให้มีการจับ 18F-FDG ในเซลล์มะเร็งลดลง¹³ และในภาวณ้ำตาลต่ำหลังจากได้รับอินซูลิน ก็อาจมีผลรบกวนการตรวจได้เช่นกันเนื่องจากการจับ 18F-FDG ในเซลล์มะเร็งจะลดลง ในขณะที่อินซูลินจะกระตุ้นให้มีการสะสมของ 18F-FDG ในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ทำให้ background uptake มากขึ้น¹⁴

สาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้การแปลผลผิดพลาดคือ สารทึบรังสีที่ใช้ในการตรวจรังสีวินิจฉัย หรือแม้แต่ในสถาบันที่มีการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิด contrast-enhanced ควบคู่กับการตรวจ PET ก็มีส่วนรบกวนการตรวจได้ โดยพบว่า จะวัดค่า 18F-FDG ได้สูงกว่าปกติ ("hot spot") ซึ่งการใช้สารทึบรังสีชนิดละลายในน้ำหรือชนิด negative จะสามารถลดสิ่งรบกวนนี้ได้¹⁵⁻¹⁶

ปัจจัยอื่นๆทางเทคนิคที่อาจจะมีผลต่อการตรวจ ได้แก่ partial volume effect ซึ่งขึ้นกับ resolution ของเครื่องสแกนจะทำให้เกิดการประเมินขนาดของก้อนมะเร็งได้เล็กกว่าความเป็นจริง ไปจนถึงตรวจไม่พบมะเร็งที่มีขนาดเล็กได้, การควบคุมคุณภาพของเครื่องสแกนให้มีความแม่นยำ, การวาดขอบเขตของบริเวณที่ต้องการนับวัดรังสี (region-of-interest, ROI) ซึ่งจะมีผลต่อการคำนวณค่านับวัดรังสี เป็นต้น¹⁷

ข้อแนะนำในการตรวจด้วย 18F-FDG PET โดย National Cancer Institute Trials (NCI PET guidelines 2006)¹⁷ ได้สรุปไว้ดังตารางที่ 1

มะเร็งชนิดใดบ้างที่เหมาะสมสำหรับการตรวจด้วย 18F-FDG?

มะเร็งส่วนใหญ่จะมีการจับ 18F-FDG ได้มากกว่าเซลล์ปกติทั่วไป โดยกลุ่มที่มีการจับ 18F-FDG ได้ปานกลางจนถึงมาก (moderate-to-high uptake) ได้แก่ มะเร็งปอดส่วนใหญ่นอกเว้น carcinoid tumours และ bronchoalveolar cancer¹⁸⁻¹⁹ มะเร็งลำไส้ใหญ่, มะเร็งหลอดอาหาร, มะเร็งของศีรษะและลำคอ, มะเร็งปากมดลูก, มะเร็งรังไข่, มะเร็งเต้านม, มะเร็งผิวหนังชนิด melanoma และมะเร็งต่อม้ำน้ำเหลืองเกือบทั้งหมด ส่วนในมะเร็งไทรอยด์, มะเร็งอัมตะ, มะเร็งเซลล์ตับ, มะเร็งของไต, มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ, sarcoma และมะเร็ง neuroendocrine จะมีการจับของ 18F-FDG ได้หลายระดับ (variable uptake) สำหรับมะเร็งต่อมลูกหมากนั้นไม่สามารถทำนายการจับของ 18F-FDG ได้ จึงเป็นข้อจำกัดในการบอกระยะและประเมินผลการรักษาในผู้ป่วยกลุ่มนี้

ตารางที่ 1 ข้อเสนอแนะในการตรวจ 18F-FDG PET¹⁷

หัวข้อ	คำแนะนำ
การเตรียมผู้ป่วย	งดน้ำและอาหารตอนกลางคืนสำหรับการตรวจช่วงเช้า หรืองด 4 ชั่วโมงก่อนการตรวจ ช่วงบ่าย เจาะตรวจน้ำตาลกลูโคสในเลือดก่อนตรวจ (ควบคุมให้ระดับน้อยกว่า 120 มก. ต่อ ดล. ในผู้ป่วยเบาหวาน) ปกติหรือ 150-200 มก. ต่อ ดล. ในผู้ป่วยเบาหวาน) ให้ตรวจผู้ป่วยเบาหวานในช่วงเช้าหลังจากงดอาหารตอนกลางคืนและยังไม่ได้รับประทานยาฉีดเข้า ผู้ป่วยต้องไม่อยู่ในภาวะขาดน้ำ และกรณีที่ต้องการดูระบบทางเดินปัสสาวะหรือเชิงกราน อาจให้ furosemide 20-40 มก. ฉีด 10-15 นาทีหลังฉีด 18F-FDG หรืออาจใส่สายสวนปัสสาวะ บันทึกยาทุกชนิดที่ผู้ป่วยใช้อยู่
ระยะเวลาตรวจ	อาจให้ Diazepam หรือยาอื่น ๆ เพื่อลดการจับสารเภสัชรังสีในกล้ามเนื้อ ควรตรวจ PET ทั้งก่อนและหลังจากทำการรักษา การตรวจก่อนการรักษาควรทำในระยะเวลาใกล้เคียงกับการรักษาให้มากที่สุด (ห่างกัน < 2 สัปดาห์) การตรวจหลังการรักษา ไม่ควรเร็วกว่า 2 สัปดาห์หลังจากให้เคมีบำบัด ระยะเวลาการตรวจหลังรังสีรักษา ยังอยู่ในขั้นศึกษาเพิ่มเติม
Attenuation correction ปริมาณ 18F-FDG	เริ่มทำการถ่ายภาพทั่วตัวประมาณ 60 ± 10 นาทีหลังจากฉีด 18F-FDG ให้ใช้ แต่ยังไม่มีการกำหนดไว้แน่นอน ให้มีการรายงานวิธีที่ใช้เอาไว้ ยังไม่มีข้อกำหนดปริมาณที่เป็นมาตรฐาน ปริมาณที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 370-740 MBq (10-20 mCi) ให้รายงานปริมาณที่ฉีดเอาไว้

การประยุกต์ใช้ 18F-FDG PET ในทางคลินิก

1) การตรวจคัดกรองมะเร็ง

ได้มีการพยายามนำเอา 18F-FDG มาใช้ในการตรวจคัดกรองมะเร็งในผู้ป่วยที่ไม่แสดงอาการ ซึ่งจากการศึกษาของ Yasuda และคณะ²⁰ พบว่า มีผู้ป่วย 67 รายจากทั้งหมด 3,165 ราย (ร้อยละ 2.1) ที่ตรวจพบว่าเป็นมะเร็งภายใน 1 ปีหลังจากการตรวจ PET ซึ่งร้อยละ 46 ของผู้ป่วยเหล่านี้ตรวจไม่พบด้วย PET โดยเกือบครึ่งหนึ่งของกลุ่มที่ให้ผลลบลงนี้เป็นมะเร็งของระบบทางเดินปัสสาวะ จากข้อมูลดังกล่าวและการพิจารณา ร่วมกับราคาตรวจ PET ที่แพงมากแล้ว (ในประเทศไทย ขณะนี้ ราคาประมาณ 60,000-80,000 บาทสำหรับการตรวจ PET/CT) สรุปได้ว่า ไม่ควรนำ PET มาใช้ในการตรวจคัดกรองมะเร็งในประชากรทั่วไปที่ไม่มีอาการหรือข้อบ่งชี้

2) การวินิจฉัยแยกกระหว่างรอยโรคชนิดธรรมดา กับ มะเร็ง

เป็นที่ยอมรับว่า PET เป็นการตรวจชนิด noninvasive ที่สามารถใช้วินิจฉัยก่อนในปอดได้อย่างแม่นยำ โดยมีความไว และความจำเพาะในการตรวจร้อยละ 96.8 และร้อยละ 77.8 ตามลำดับ²¹ แต่ใน meta-analysis นี้มีข้อมูลน้อยมากในก้อนที่มีขนาดเล็กกว่า 1 เซนติเมตร โดยข้อมูลเท่าที่มี พบว่า ผลการตรวจไม่แตกต่างจากในก้อนขนาดใหญ่ และได้มีผู้เสนอว่า

การตรวจชิ้นเนื้อหรือการผ่าตัดควรเลือกทำเฉพาะในรายที่ตรวจ PET ให้ผลลบเท่านั้น²¹ อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก การตรวจ CT-guided needle biopsy สามารถทำได้ง่าย และให้ผลตรวจที่แน่นอนทางพยาธิ PET จึงอาจมีข้อบ่งชี้เฉพาะในรายที่ไม่สามารถให้การวินิจฉัยด้วยวิธีดังกล่าว และควรเลือกทำเฉพาะในรายที่ผลจากการตรวจ PET มีบทบาทต่อการวางแผนการรักษาเท่านั้น²²

มีผู้แนะนำให้ใช้ 18F-FDG PET ในการตรวจก้อนในตับอ่อน แต่พบว่ามีความแม่นยำในการแยกโรคได้ต่ำ (ประมาณร้อยละ 69) โดยมีผลลบลงได้ค่อนข้างสูง ดังนั้นสำหรับก้อนของตับอ่อนที่ไม่สามารถให้การวินิจฉัยได้จากการตรวจทางรังสีอื่น ๆ PET ก็ไม่สามารถแยกโรคได้เช่นกัน¹²

3) มะเร็งชนิดที่ไม่ทราบตำแหน่งปฐมภูมิ (unknown origin)

มีหลายการศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์ของ PET ในการระบุตำแหน่งของมะเร็งปฐมภูมิ (primary tumour) ซึ่งพบว่า PET สามารถระบุได้ในบางราย ในรายงานของ Rades และคณะ²³ ได้ศึกษาผู้ป่วย 42 ราย ที่มี การแพร่กระจายของมะเร็งมายังต่อมน้ำเหลืองหรืออวัยวะภายใน พบว่า PET สามารถวินิจฉัยมะเร็งปฐมภูมิได้ถึงร้อยละ 43 ของผู้ป่วย โดยส่วนใหญ่เป็นมะเร็งศีรษะและลำคอส่วนน้อย ได้แก่ มะเร็งเต้านม มะเร็งตับ มะเร็งของระบบปัสสาวะและอวัยวะสืบพันธุ์ และมะเร็งทวารหนัก นอกจากนี้ PET

ยังสามารถพบการกระจายของโรคที่ซ่อนเร้นได้ร้อยละ 38 ซึ่งช่วยในการพยากรณ์โรครวมทั้งส่งผลต่อการรักษา โดยผู้ป่วยจะได้รับการผ่าตัดในตำแหน่งมะเร็งปฐมภูมิซึ่งตรวจพบจาก PET เพิ่มเติม นอกเหนือจากการรักษาแบบดั้งเดิมคือการผ่าตัดเฉพาะบริเวณที่มีการกระจายของโรค (local surgery) ร่วมกับการรักษาอื่น ๆ ได้แก่ การให้เคมีบำบัดและรังสีรักษาถึงร้อยละ 69 ของผู้ป่วย²⁴

4) การวินิจฉัยระยะของมะเร็ง (staging)

การตรวจ PET สามารถใช้วินิจฉัยระยะของมะเร็งได้ในมะเร็งหลายชนิด การศึกษาส่วนใหญ่จะทำได้ในมะเร็งปอดชนิดเซลล์ไม่เล็ก โดยมีการศึกษา meta-analysis ที่ระบุว่า การตรวจด้วย PET มีความแม่นยำกว่าการตรวจทางรังสีวินิจฉัยอื่น ๆ ในการดูการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองในช่องอก (mediastinum)²⁵ และการตรวจ PET ทั้งหมดยังสามารถตรวจพบการแพร่กระจายของโรคเพิ่มเติมได้ นอกจาก PET จะมีความแม่นยำกว่าการตรวจทางรังสีวินิจฉัยอื่น ๆ แล้ว ยังสามารถช่วยลดการผ่าตัดในผู้ป่วยที่มีแนวโน้มว่าจะไม่มีประโยชน์อีกด้วย²⁶⁻²⁷ แต่เมื่อเร็ว ๆ นี้ ได้มีการศึกษาของ Poncelet และคณะ²⁸ ที่ได้แย้งว่า 18F-FDG PET ไม่สามารถแทนที่การผ่าตัดเพื่อหาระยะของโรคในมะเร็งปอดชนิดเซลล์ไม่เล็ก โดยศึกษาย้อนหลังเพื่อเปรียบเทียบระหว่างผลตรวจ PET กับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ร่วมกับการผ่าตัดช่องอกเพื่อวินิจฉัย (mediastinoscopy หรือ mediastinotomy) ซึ่งในการศึกษานี้ พบว่าความแม่นยำของ PET มีค่าร้อยละ 82 ซึ่งต่ำกว่าผลจากการศึกษาอื่น ๆ อธิบายได้จากกรณีที่ PET มีข้อจำกัดในการวินิจฉัยภาวะที่เซลล์มะเร็งมีปริมาณน้อย (microscopic disease) และเซลล์มะเร็งที่มีความรุนแรงต่ำ ในทำนองเดียวกัน ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบการตรวจหาการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งไปยังต่อมน้ำเหลืองโดยเปรียบเทียบผลตรวจ PET กับการตรวจชิ้นเนื้อจากต่อมน้ำเหลือง sentinel (sentinel lymph node biopsy) ในมะเร็ง melanoma พบว่า PET ให้ผลลบลงในผู้ป่วยทั้ง 14 รายที่มีการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองซึ่งตรวจพบจากการตรวจชิ้นเนื้อ²⁹ และในการศึกษาของ Avril และคณะ³⁰ พบว่าในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่มีขนาดก้อนเล็ก (pT1) ความไวของ PET ในการวินิจฉัยการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งไปยังต่อมน้ำเหลืองรักแร้จะลดเหลือเพียงร้อยละ 33 เมื่อเทียบกับร้อยละ 94 ในกรณีที่ก้อนมะเร็งมีขนาดมากกว่า 2 ซม. จากข้อมูลดังกล่าวจึงสรุปว่า PET ไม่สามารถแทนที่การตรวจชิ้นเนื้อจากต่อมน้ำเหลือง sentinel (sentinel lymph node biopsy) ในมะเร็งผิวหนังชนิด melanoma หรือในมะเร็งเต้านมได้

5) การวินิจฉัยการกลับเป็นซ้ำของมะเร็ง (restaging)

ในผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่ที่รักษาเสร็จสิ้นแล้วบางรายตรวจพบว่า มีระดับของ carcinoembryonic antigen (CEA)

ในกระแสเลือดสูงขึ้นเพียงอย่างเดียวโดยไม่พบความผิดปกติจากการตรวจรังสีวินิจฉัย พบว่า 18F-FDG PET สามารถตรวจหาตำแหน่งรอยโรคที่มีการกลับเป็นซ้ำหรือแพร่กระจายในผู้ป่วยได้³¹ การตรวจ PET จะมีประโยชน์มากในการวินิจฉัยการกลับเป็นซ้ำของโรคโดยเฉพาะในมะเร็งที่มีการเจริญเติบโตเร็วและมี poorly differentiation นอกจากนี้ PET ยังมีความสำคัญในการวินิจฉัยผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่ที่มีการแพร่กระจายไปยังตับเพื่อประกอบการพิจารณาการผ่าตัดรักษา³¹

การศึกษา meta-analysis โดย Huebner และคณะ³² พบว่า PET สามารถตรวจพบการกลับเป็นซ้ำของมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้โดยมีความไวร้อยละ 97 และความจำเพาะร้อยละ 76, สามารถเปลี่ยนแปลงการวินิจฉัยระยะของโรคและส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงการรักษาได้ร้อยละ 29 ของผู้ป่วย แต่เนื่องจากความจำเพาะที่ค่อนข้างต่ำ เพราะฉะนั้นจำเป็นต้องนำผลการตรวจทางรังสีวินิจฉัยและผลชิ้นเนื้อมาพิจารณาร่วมกับ PET ก่อนที่จะตัดสินใจให้การรักษาต่อหรือยกเลิกการรักษา อย่างไรก็ตาม ในขณะนี้ มีหลายการศึกษาสนับสนุนให้ PET เป็นการตรวจชนิด noninvasive ดีที่สุดที่สามารถบอกระยะของโรคและเลือกผู้ป่วยที่มีการแพร่กระจายไปยังตับที่เหมาะสมจะรักษาด้วยการผ่าตัด^{31, 33}

นอกจากในมะเร็งลำไส้ใหญ่แล้ว พบว่า PET มีบทบาทในการตรวจการกลับเป็นซ้ำในมะเร็งชนิดอื่นได้เช่นกัน Jerusalem และคณะ³⁴ ได้ศึกษาผู้ป่วยมะเร็งต่อมน้ำเหลือง 54 รายที่สงสัยการกลับเป็นซ้ำ พบว่า PET สามารถแยกก้อนมะเร็งออกจากเซลล์ที่ตายหรือพังผืดที่เกิดภายหลังจากการรักษาได้อย่างแม่นยำ (5 ใน 6 ราย) และสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์โรคได้โดยพบว่ามีผลลบในผู้ป่วยที่ PET ให้ผลลบผู้ป่วยจะมีอัตราการรอดชีวิตที่เวลา 1 ปี เท่ากับร้อยละ 94 เทียบกับกลุ่มที่ PET ให้ผลบวก ซึ่งมีอัตราการรอดชีวิตที่เวลา 1 ปี เพียงร้อยละ 50 อย่างไรก็ตาม PET อาจให้ผลลบลงได้ในกรณีที่เซลล์มะเร็งมีปริมาณน้อยมาก

6) การประเมินผลหลังการรักษาสิ้นสุด

บทบาทสำคัญอีกประการหนึ่งของการตรวจทางรังสีวินิจฉัย ได้แก่ การประเมินผลการรักษา แต่ในบางครั้งข้อมูลที่ได้จากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หรือทางรังสีวินิจฉัยอื่น ๆ ไม่สามารถแยกรอยโรคมะเร็งออกจากพังผืดหรือเนื้อเยื่อที่ตายแล้วได้อย่างชัดเจน ในปัจจุบันพบว่า 18F-FDG เป็นการตรวจที่ดีที่สุด ในกรณีนี้ ตัวอย่างเช่น การศึกษาในผู้ป่วยมะเร็งต่อมน้ำเหลือง พบว่า 18F-FDG มีค่า positive predictive value สูงกว่าเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (ร้อยละ 100 เทียบกับร้อยละ 42) ในขณะที่มีค่า negative predictive value ใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 83 เทียบกับร้อยละ 87)³⁴ แต่อย่างไรก็ตามอาจมีผลลบลงได้กรณีที่มีการ

อีกเสบรวมด้วยในขณะที่ทำการตรวจ สำหรับผลการศึกษาใน germ cell tumor ทั้งที่เป็น seminoma และ non-seminoma นั้น ยังมีความหลากหลายของความแม่นยำในการประเมินผลการรักษาด้วย 18F-FDG อยู่ พบว่าร้อยละ 37 ของผู้ป่วยที่ 18F-FDG ได้ผลลบมาก่อนโตขึ้นภายใน 6 เดือนหรือยังตรวจพบมะเร็งจากการตรวจทางพยาธิ ดังนั้นในกรณีที่ยังคงพบว่ามีก้อนหลงเหลือในผู้ป่วยกลุ่มนี้ ควรจะทำการผ่าตัดทุกรายหากสามารถทำได้³⁵

กรณีของมะเร็งศีรษะและลำคอที่เคยได้รับรังสีรักษา พบว่าการตรวจหาการกลับเป็นซ้ำหรือหารอยโรคที่เหลืออยู่จากการตรวจร่างกายหรือตรวจรังสีวินิจฉัยทำได้ลำบาก และมีความผิดพลาดได้จากการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคหลังการรักษา ไม่ว่าจะเป็นการบวมหรือพังผืด ซึ่ง 18F-FDG PET อาจเข้ามามีบทบาทในส่วนนี้และช่วยในการวางแผนการรักษาผู้ป่วยต่อไป³⁶ แต่ก็ยังมีรายงานถึงโอกาสเกิดผลบวกสูงหากทำการตรวจเร็วกว่า 12 สัปดาห์หลังจากรังสีรักษา³⁷

ในเนื้องอกสมองชนิด glioma พบว่า การติดตามการรักษาโดยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หรือการตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีข้อจำกัดในการแยกรอยโรคจากการเปลี่ยนแปลงหลังจากรักษาเช่นกัน ซึ่ง 18F-FDG PET เองก็มีข้อจำกัดในการแยกระหว่าง Gray matter ปกติกับเนื้องอก จึงได้มีการนำเอาสารเภสัชรังสีอื่นที่ดีกว่ามาใช้คือ 11C-methionine ซึ่งจะประเมินการเผาผลาญกรดอะมิโนของเนื้องอกสมองได้³⁸ และการตรวจด้วย 11C-methionine ถูกพบว่าการตรวจจากภาวะอีกเสบน้อยกว่า แต่ข้อจำกัดในการใช้สารชนิดนี้คือ มีค่าครึ่งชีวิตสั้นมาก (ประมาณ 20 นาที) จึงตรวจได้เฉพาะในสถาบันที่มีการติดตั้งเครื่องไซโคลตรอนอยู่เท่านั้น

สำหรับมะเร็งที่ได้ประโยชน์จากการตรวจหาการกลับเป็นซ้ำโดยใช้ PET ได้แก่ มะเร็งปอดชนิดเซลล์ไม่เล็ก, มะเร็งเต้านม, มะเร็งลำไส้ใหญ่, มะเร็งหลอดอาหาร, มะเร็งศีรษะและลำคอ, มะเร็งต่อมน้ำเหลือง, มะเร็ง melanoma และมะเร็งต่อมไทรอยด์ ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจ PET เพื่อประเมินผลการรักษาหรือตรวจหาการกลับเป็นซ้ำในมะเร็งชนิดต่างๆ สรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระยะเวลาในการตรวจและบทบาทของ PET ในการประเมินการกลับเป็นซ้ำของมะเร็ง²

ชนิดมะเร็ง	เวลาที่เหมาะสมในการตรวจ	ประโยชน์ของการตรวจ PET
มะเร็งปอดชนิดเซลล์ไม่เล็ก	- หลังสิ้นสุดเคมีบำบัด 2-6 เดือน - หลังผ่าตัด 1-2 เดือน - เมื่อสงสัยการกลับเป็นซ้ำของมะเร็งจากการตรวจร่างกาย, ผลเลือดหรือภาพถ่ายรังสี	- แยกมะเร็งที่หลงเหลือหรือกลับเป็นซ้ำออกจากพังผืด - ระบุตำแหน่งในการตรวจชิ้นเนื้อ - ประเมินขอบเขตของมะเร็ง
มะเร็งเต้านม	- เมื่อสงสัยการกลับเป็นซ้ำของมะเร็งจากการตรวจร่างกาย, ผลเลือดหรือภาพถ่ายรังสี	- ประเมินขอบเขตของมะเร็ง - แยกความผิดปกติของเส้นประสาท brachial ว่ามีสาเหตุจากมะเร็งหรือผลจากการผ่าตัด
มะเร็งลำไส้ใหญ่	- เมื่อสงสัยการกลับเป็นซ้ำของมะเร็งจากการตรวจร่างกาย, ผลเลือดหรือภาพถ่ายรังสี	- ตรวจหาการกลับเป็นซ้ำในผู้ป่วยที่มี serum CEA สูงกว่าปกติ - แยกมะเร็งที่หลงเหลือหรือกลับเป็นซ้ำออกจากพังผืด - ประเมินขอบเขตของมะเร็งและประเมินความสามารถในการผ่าตัดของก้อนมะเร็งในตับที่เกิดจากการแพร่กระจาย
มะเร็งหลอดอาหาร	- เมื่อสงสัยการกลับเป็นซ้ำของมะเร็งจากการตรวจร่างกาย, ผลเลือดหรือภาพถ่ายรังสี	- วินิจฉัยการกลับเป็นซ้ำทั้งในบริเวณใกล้เคียงกับรอยโรคเดิมและตำแหน่งอื่นได้แม่นยำกว่าการตรวจทางรังสีอื่น ๆ
มะเร็งศีรษะและลำคอ	- หลังสิ้นสุดเคมีบำบัด 2-6 เดือน - หลังผ่าตัด 1-2 เดือน - เมื่อสงสัยการกลับเป็นซ้ำของมะเร็งจากการตรวจร่างกายหรือภาพถ่ายรังสี	- ประเมินผลการรักษาและวินิจฉัยการกลับเป็นซ้ำทั้งในบริเวณใกล้เคียงกับรอยโรคเดิมและตำแหน่งอื่นได้แม่นยำกว่าการตรวจทางรังสีอื่น ๆ - ประเมินขอบเขตของมะเร็ง

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ชนิดมะเร็ง	เวลาที่เหมาะสมในการตรวจ	ประโยชน์ของการตรวจ PET
มะเร็งต่อมน้ำเหลือง	- หลังสิ้นสุดการรักษาด้วยเคมีบำบัด 3-4 สัปดาห์ - หลังรังสีรักษา 2-3 เดือนขึ้นไป - เมื่อสงสัยการกลับเป็นซ้ำของมะเร็งจากการตรวจร่างกาย ผลเลือดหรือภาพถ่ายรังสี	- แยกมะเร็งที่หลงเหลือหรือกลับเป็นซ้ำออกจากพังผืดหรือเนื้อตายที่เกิดจากการรักษา - ประเมินการตอบสนองต่อการรักษาได้ดีกว่าการตรวจภาพถ่ายรังสี - ประเมินขอบเขตของมะเร็ง
มะเร็งผิวหนัง melanoma	- เมื่อสงสัยการกลับเป็นซ้ำของมะเร็งจากการตรวจร่างกาย ผลเลือดหรือภาพถ่ายรังสี	- วินิจฉัยการกลับเป็นซ้ำทั้งในบริเวณใกล้เคียงกับรอยโรคเดิมและตำแหน่งอื่นได้แม่นยำกว่าการตรวจทางรังสีอื่น ๆ (ยกเว้นที่ปอด ซึ่งความไวต่ำกว่า CT)
มะเร็งต่อมไทรอยด์	- เมื่อระดับ serum thyroglobulin มากกว่า 10 นก. ต่อ มล. และตรวจสแกนด้วย I-131 ไม่พบรอยโรค	- วินิจฉัยมะเร็งที่หลงเหลือหรือกลับเป็นซ้ำ - แยกระหว่างผู้ป่วยที่สามารถรักษาด้วยการผ่าตัดรักษาออกจากผู้ป่วยที่ต้องให้การรักษาตามอาการ

7) การติดตามผู้ป่วยที่ไม่แสดงอาการ

การติดตามอย่างใกล้ชิดในผู้ป่วยที่ไม่แสดงอาการมีความสำคัญแตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของมะเร็ง โดยถ้าเป็นมะเร็งที่มีการพยากรณ์โรคไม่ดีหรือมีโอกาสรักษาสำเร็จต่ำ หากตรวจพบการแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่นแล้ว เช่น มะเร็งเต้านม, มะเร็งปอดชนิดเซลล์ไม่เล็ก หรือมะเร็งผิวหนังชนิด melanoma นั้น การตรวจพบการกลับเป็นซ้ำหรือการแพร่กระจายได้โดยเร็ว ไม่ได้เพิ่มอัตราการรอดชีวิต¹² ซึ่งแตกต่างจากมะเร็งต่อมน้ำเหลืองชนิด Hodgkin's ที่มีโอกาสรักษาสำเร็จสูงแม้ว่าจะมีการกลับเป็นซ้ำ ดังนั้นการวินิจฉัยภาวะดังกล่าวได้โดยเร็วจึงมีความจำเป็นโดยเฉพาะในผู้ป่วยที่ไม่แสดงอาการแต่มี tumour marker สูงผิดปกติ มีรายงานว่า PET สามารถตรวจพบได้ถึงร้อยละ 100 และพบก่อนที่จะได้ผลตรวจทางพยาธิวิทยาถึง 9 เดือน³⁹ จึงได้แนะนำให้ใช้ 18F-FDG PET ในการตรวจติดตามผู้ป่วยมะเร็งต่อมน้ำเหลือง Hodgkin's ที่ไม่แสดงอาการ อย่างไรก็ตามอาจมีผลบวกหลงจากการตรวจได้เช่นกัน

8) การประเมินการตอบสนองของก้อนมะเร็งต่อการรักษา

ปัจจุบันได้มีการนำ PET มาใช้ประเมินผลการรักษาด้วยเคมีบำบัดและรังสีรักษา โดยจะประเมินตั้งแต่ได้รับการรักษาไม่ครบ เช่น หลังจากได้เคมีบำบัด 1-2 ครั้ง เพื่อที่จะประเมินการตอบสนองและพิจารณาว่าสมควรให้การรักษาต่อเนื่องหรือไม่พบว่า PET สามารถประเมินการตอบสนองต่อการรักษาได้อย่างแม่นยำในมะเร็งหลายชนิด รายงานของ EORTC PET study group⁴⁰ พบว่า ในมะเร็งกลุ่มที่ตอบสนองต่อการรักษาเมื่อประเมิน

หลังจากให้ยาเคมีบำบัดไปแล้ว 1 ครั้งจะมีค่า SUV ลดลงประมาณร้อยละ 15-30 หรือมีการลดลงร้อยละ 25 หลังจากได้ยาเคมีบำบัดแล้ว 2-3 ครั้ง ซึ่งตรวจพบได้ก่อนที่จะพบว่ามะเร็งมีขนาดลดลงหรือจากการตอบสนองทางคลินิก แต่ต้องพึงระวังว่าภาวะเซลล์อักเสบหลังการรักษาก็อาจทำให้การจับ 18F-FDG ยังคงสูงอยู่แม้ว่าจะเป็นกลุ่มที่ตอบสนองต่อการรักษา จึงต้องพิจารณาเรื่องระยะเวลาที่จะส่งตรวจให้ดี นอกจากนี้การที่เซลล์มะเร็งมีความแตกต่างกันในแต่ละบริเวณของก้อนเนื้อออก (non-homogeneous) อาจส่งผลให้จับ 18F-FDG ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และในมะเร็งที่มีการเผาผลาญน้ำตาลต่ำหรือมีจำนวนเซลล์มะเร็งที่มีชีวิตอยู่น้อย โดยเฉพาะกลุ่มที่เป็น well-differentiated, มี proliferation ช้า เช่น มะเร็งต่อมลูกหมาก หรือมะเร็งต่อมน้ำเหลือง low grade NHL ก็อาจให้ผลลบลงจาก 18F-FDG ได้⁴⁰

อย่างไรก็ตาม การนำ PET มาใช้ในการประเมินการตอบสนองต่อการรักษาในช่วงเริ่มต้นเท่านั้น จึงจำเป็นต้องมีข้อมูลจากการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปเพื่อพิจารณาถึงประโยชน์ในด้านนี้ของ PET

สรุป

มีแนวโน้มว่า PET จะมีบทบาทอย่างมากในการดูแลรักษาผู้ป่วยมะเร็ง เนื่องจาก PET สามารถให้ประโยชน์ในหลายด้าน ทั้งในการวินิจฉัย การประเมินผลการรักษาทั้งในขณะที่กำลังทำการรักษาหรือหลังจากการรักษาสิ้นสุดลง รวมทั้งสามารถใช้ติดตามผู้ป่วยและวินิจฉัยการกลับเป็นซ้ำ

ของโรค แต่พึงระลึกว่า PET ไม่ได้มาแทนที่การตรวจทางรังสีวินิจฉัยแบบดั้งเดิมอื่นๆ เช่น เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เนื่องจาก PET เป็นการตรวจที่มีราคาแพงมากและยังมีข้อจำกัดในบางภาวะ แต่สามารถนำ PET มาช่วยวินิจฉัยในกรณีที่เอกซเรย์คอมพิวเตอร์มีข้อจำกัด เช่น การแยกแยะระหว่างต่อมน้ำเหลืองที่เป็นมะเร็งกับโรคอื่นๆ การแยกมะเร็งที่หลงเหลืออยู่กับพังผืด, การตรวจหาการแพร่กระจายของมะเร็งและการติดตามผลการรักษา แต่ FDG PET เองมีข้อจำกัดเนื่องจาก 18F-FDG ไม่ได้จำเพาะเจาะจงต่อเซลล์มะเร็งเท่านั้นและในมะเร็งบางชนิดนั้นไม่สามารถตรวจพบด้วย 18F-FDG จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารเภสัชรังสีอื่นๆ เพื่อมาใช้ทดแทนและให้ได้ผลการตรวจที่แม่นยำขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. เทคนิคการสร้างภาพ. ใน: จิราภรณ์ โตเจริญชัย, ภาวนา ภูสุวรรณ, บรรณาธิการ. เทคโนโลยีทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ (ฉบับแก้ไขปรับปรุง). กรุงเทพฯ: พี.เอ.ลีฟวิ่ง; 2545, 61-73.
2. Juweid ME, Cheson BD. Positron-Emission Tomography and Assessment of Cancer Therapy. *N Engl J Med* 2006; 5:496-506.
3. Wahl RL. Targeting glucose transporters for tumor imaging: "sweet" idea, "sour" result. *J Nucl Med* 1996; 37:1038-41.
4. Pauwels EK, Ribeiro MJ, Stoot JH, McCready VR, Bourguignon M, Maziere B. FDG Accumulation and Tumor biology. *Nucl Med Biol* 1998;25:317-22.
5. Maschauer S, Prante O, Hoffmann M, Deichen JT, Kuwert T. Characterization of 18F-FDG uptake in 44:732-8.
6. Abouzi MM, Crawford ES, Nabi HA. 18F-FDG imaging: Pitfalls and Artifacts. *J Nucl Med Technol* 2005; 33:145-55.
7. Ilknur AK, Stokkel MP, Pauwels EK. Positron emission tomography with 2-[18F]fluoro-2-deoxy-D-glucose in oncology. Part II. *J Cancer Res Clin Oncol* 2000; 126:560-74.
8. Crove JP, Adler LP, Shenk RR, Sunshine J. Positron emission tomography and breast masses: comparison with clinical, mammographic, and pathologic findings. *Ann Surg Oncol* 1994;1:132-40.
9. Shreve PD, Anzei Y, Wahl RL. Pitfalls in Oncologic Diagnosis With 18F-FDG PET imaging: Physiologic and Benign Variants. *Radiographics* 1999;19:61-77.
10. Ahuja V, Coleman RE, Herndon J, Patz Jr EF. The prognostic significance of fluorodeoxyglucose positron emission tomography imaging for patients with non small cell lung carcinoma. *Cancer* 1998;83:918-24.
11. Vansteenkiste JF, Stroobants SG, Dupont PJ, De Leyn PR, Verbeken EK, Deneffe GJ, et al. Prognostic importance of the standardized uptake value on (18)F-fluoro-2-deoxyglucose- positron emission tomography scan in non-small cell lung cancer: an analysis of 125 cases: Leuven Lung Cancer Group. *J Clin Oncol* 1999;17: 3201-6.
12. Jerusalem G, Hustinx R, Beguin Y, Fillet G. PET scan imaging in oncology. *Eur J Cancer* 2003;39:1525-34.
13. Wahl RL, Henry CA, Ethier SP. Serum glucose: effects on tumour and normal tissue accumulation of 18-FDG in rodents with mammary carcinoma. *Radiology* 1992; 183:643-7.
14. Torizuku T, Fisher SJ, Wahl RL. Insulin induced hypoglycemia decreases uptake of 18-FDG into experimental mammary carcinoma. *Radiology* 1997;203:169-72.
15. Dizendorf E, Hany TF, Buck A, van Schulthess GK, Burger C. Cause and magnitude of the error induced by oral CT contrast agent in CT-based attenuation correction of PET emission studies. *J Nucl Med* 2003;44: 732-8.
16. Antoch G, Freudenberg LS, Egelhof T, Statta J, Jentzen W, Debatin JF. Focal tracer uptake: a potential artifact in contrast-enhanced dual-modality PET/CT scans. *J Nucl Med* 2002;43:1339-42.
17. Shankar LK, Hoffman JM, Bacharach S, Graham MM, Karp J, Lammertsma AA, et al. Consensus Recommendations for the Use of 18F-FDG PET as an Indicator of Therapeutic Response in Patients in National Cancer Institute Trials. NCI PET Guidelines. *J Nucl Med* 2006; 47:1059-66.

18. Gupta NC, Maloof J, Gunel E. Probability of malignancy in solitary pulmonary nodules using fluorine-18-FDG and PET. *J Nucl Med* 1996;37:943-8.
19. Higashi K, Ueda Y, Seki H, Yuasa K, Oguchi M, Noguchi T, et al. Fluorine-18-FDG PET imaging is negative in bronchioloalveolar lung carcinoma. *J Nucl Med* 1998;39:1016-20.
20. Yasuda S, Ide M, Fujii H, Nakahara T, Nishiumi N, Takahashi W, et al. Application of positron emission tomography imaging to cancer screening. *Br J Cancer* 2000;83:1607-11.
21. Gould MK, Maclean CC, Kushner WG, Rydzak CE, Owens DK. Accuracy of positron emission tomography for diagnosis of pulmonary nodules and mass lesions: a meta-analysis. *JAMA* 2001;285:914-24.
22. Gambhir SS, Shepherd JE, Shah BD, Hart E, Hoh CK, Valk PE, et al. Analytical decision model for the cost-effective management of solitary pulmonary nodules. *J Clin Oncol* 1998;16:2113-25.
23. Rades D, Kuhnel G, Wildfang I, Borner AR, Schmoll HJ, Knapp W. Localised disease in cancer of unknown primary (CUP): the value of positron emission tomography (PET) for individual therapeutic management. *Ann Oncol* 2001;12:1605-9.
24. Kole AC, Nieweg OE, Pruijm J, Hoekstra HJ, Koops HS, Roodenburg JL, et al. Detection of unknown occult primary tumors using positron emission tomography. *Cancer* 1998;82:1160-6.
25. Dwamena BA, Sonnad SS, Angobaldo JO, Wahl RL. Metastases from non-small cell lung cancer: mediastinal staging in the 1990s--meta-analytic comparison of PET and CT. *Radiology* 1999;213:530-6.
26. Laking G, Price P. 18-Fluorodeoxyglucose positron emission tomography (FDG-PET) and the staging of early lung cancer. *Thorax* 2001;56(Suppl2):ii38-44.
27. Gambhir SS, Hoh CK, Phelps ME, Madar I, Maddahi J. Decision tree sensitivity analysis for cost-effectiveness of FDG-PET in the staging and management of non-small-cell lung carcinoma. *J Nucl Med* 1996;37:1428-36.
28. Poncelet AJ, Lonnew M, Coche E, Weynand B, Noirhomme P. PET-FDG scan enhances but does not replace preoperative surgical staging in non-small cell lung carcinoma. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;20:468-74.
29. Acland KM, Healy C, Calonje E, O'Doherty M, Nunan T, Page C. Comparison of positron emission tomography scanning and sentinel node biopsy in the detection of micrometastases of primary cutaneous malignant melanoma. *J Clin Oncol* 2001;19:2674-8.
30. Avril N, Dose J, Janicke F, Ziegler S, Romer W, Weber W, et al. Assessment of axillary lymph node involvement in breast cancer patients with positron emission tomography using radiolabeled 2-(fluorine-18)-fluoro-2-deoxy-D-glucose. *J Natl Cancer Inst* 1996;88:1204-9.
31. Simo M, Lomena F, Setoain J, Perez G, Castellucci P, Costansa JM, et al. FDG-PET improves the management of patients with suspected recurrence of colorectal cancer. *Nucl Med Comm* 2002;23:975-82.
32. Huebner RH, Park KC, Shepherd JE, Schwimmer J, Czernin J, Phelps ME, et al. A meta-analysis of the literature for whole-body FDG PET detection of recurrent colorectal cancer. *J Nucl Med* 2000;41:1177-89.
33. Ruers TJ, Langenhoff BS, Neeleman N, Jager GJ, Strijk S, Wobbes T, et al. Value of positron emission tomography with [F-18]fluorodeoxyglucose in patients with colorectal liver metastases: a prospective study. *J Clin Oncol* 2002;20:388-95.
34. Jerusalem G, Beguin Y, Fassotte MF, Najjar F, Paulus P, Rigo P, et al. Whole-body positron emission tomography using 18F-fluorodeoxyglucose for posttreatment evaluation in Hodgkin's disease and non-Hodgkin's lymphoma has higher diagnostic and prognostic value than classical computed tomography scan imaging. *Blood* 1999;94:429-33.
35. Kollmannsberger C, Oechsle K, Dohmen BM, Pfannenberger A, Bares R, Claussen CD, et al. Prospective comparison of [18F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography

- graphy with conventional assessment by computed tomography scans and serum tumor markers for the evaluation of residual masses in patients with nonseminomatous germ cell carcinoma. *Cancer* 2002;94:2353-62.
36. Schechter NR, Gillenwater AM, Byers RM, Garden AS, Morrison WH, Nguyen LN, et al. Can positron emission tomography improve the quality of care for head-and-neck cancer patients? *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001;51:4-9.
37. Lonneux M, Lawson G, Ide C, Bausart R, Remacle M, Pauwels S. Positron emission tomography with fluorodeoxyglucose for suspected head and neck tumor recurrence in the symptomatic patient. *Laryngoscope* 2000; 110:1493-7.
38. Ogawa T, Kanno I, Shishido F, Inugami A, Higano S, Fujita H, et al. Clinical value of PET with 18F-fluorodeoxyglucose and L-methyl-11C-methionine for diagnosis of recurrent brain tumor and radiation injury. *Acta Radiol* 1991;32:197-202.
39. Jerusalem G, Beguin Y, Fassotte MF, Belhocine T, Hustinx R, Rigo P, et al. Early detection of relapse by whole-body positron emission tomography in the follow-up of patients with Hodgkin's disease. *Ann Oncol* 2003; 14:123-30.
40. Young H, Baum R, Cremerius U, Herholz K, Hoekstra O, Lammertsma AA, et al. Measurement of clinical and subclinical tumour response using [18F]-fluorodeoxyglucose and positron emission tomography: review and 1999 EORTC recommendations. European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC) PET Study Group. *Eur J Cancer* 1999;35:1773-82.