Review Article/บทฟื้นฟูวิชาการ

หลักการพื้นฐานของการตรวจระบบทางเดินปัสสาวะด้วยกระบวนการทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์

คนึงนิจ ธรรมนิรัต, พบ.[1], อลิสรา วงศ์สุทธิเลิศ, พบ.[2]

[1] ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร

[2] ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

การตรวจระบบทางเดินปัสสาวะด้วยกระบวนการทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์เป็นการตรวจที่มีความสำคัญต่อการวินิจฉัยและติดตามผลการรักษา เนื่องจากมีความไวสูง (high sensitivity) ทำให้สามารถตรวจพบรอยโรคได้เร็ว ตั้งแต่ก่อนที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาค ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับก็อยู่ในระดับต่ำมาก โดยจะต่ำกว่าการตรวจทางรังสีวิธีอื่น การตรวจนี้ยังมีความปลอดภัยต่อผู้ป่วยเด็ก รวมถึงผู้ป่วยที่มีภาวะไตวาย สารเภสัชรังสีและยาที่ใช้ตรวจเป็นสารที่ไม่ทำให้เกิดพิษ (toxic) หรือผลข้างเคียงทางเภสัชศาสตร์ (pharmacologic effect) และไม่ก่อให้เกิดการแพ้ (allergic reaction) แม้กับผู้ป่วยที่แพ้อาหารทะเลหรือสารทึบรังสีก็สามารถรับการตรวจได้[1]

สารเภสัชรังสีสำหรับการตรวจไต (Renal radiopharmaceuticals)

สารเภสัชรังสีของไต แบ่งเป็นกลุ่มตามคุณสมบัติการจับ (uptake) และการขจัด (clearance) เป็น 3 กลุ่ม คือ สารที่กรองผ่านกลุ่มหลอดเลือดแดงฝอยเป็นหลัก (glomerular filtration) สารที่ขับผ่านท่อหลอดไตเป็นหลัก (tubular secretion) และสารที่จับกับเนื้อไต (cortical binding) ตัวอย่างสารที่นิยมใช้ในการตรวจสแกน ดังตารางที่ 1

1. Tc-99m diethylenetriamine pentaacetic acid (Tc-99m DTPA)

DTPA เป็นสาร chelator ที่ใช้สำหรับกำจัดพิษโลหะหนัก ซึ่งพบว่าสารนี้ถูกกำจัดออกจากร่างกายโดยการกรองผ่าน glomeruli[4]

Tc-99m DTPA เริ่มใช้สำหรับตรวจสแกนไตเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1970[4] เป็นสารในกลุ่ม glomerular filtration โดยจะถูกกรองผ่าน glomeruli อย่างสมบูรณ์ และมีการขับผ่านท่อหลอดไต (tubular secretion) น้อยมาก หรือแทบไม่มีเลย (ขึ้นกับปริมาณ Tc-99m DTPA ที่จับกับโปรตีนในกระแสเลือด ปกติประมาณ 5-10) แต่เนื่องจากการกรองผ่าน glomeruli มีสัดส่วนแค่ 20 เปอร์เซ็นต์ของการทำงานของไตทั้งหมด ดังนั้น first-pass extraction ของ DTPA จึงมีค่าน้อยกว่าสารที่ขับผ่านท่อหลอดไตเป็นหลัก ส่งผลให้ค่า target-to-background ratio ของ Tc-99m DTPA ต่ำและได้ภาพสแกนที่ไม่คมชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าผู้ป่วยมีการทำงานของไตลดลงหรือมีภาวะทางเดินปัสสาวะอุดกั้นร่วมด้วย แต่ถึงอย่างไรในทางปฏิบัติ Tc-99m DTPA ก็ยังเป็นสารที่นิยมใช้วัดค่า glomerular filtration rate (GFR) ขณะที่ Tc-99m MAG3 จะใช้กรณีตรวจการทำงานของไตตามปกติ รวมทั้งการประเมินภาวะเลือดที่มาเลี้ยงไต (renal plasma flow)[2]

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งสารเภสัชรังสีตามคุณสมบัติการจับ (uptake) และการขจัด (clearance)[2,3]
(ข้อมูลจาก The requisites in radiology. 3rd ed; 2006)

คุณสมบัติ	สารเภสัชรังสี
• Glomerular filtration (100 %)	Tc-99m DTPA
• Tubular secretion 95% และglomerular filtration 5 %	Tc-99m MAG3
• Tubular secretion 80% และglomerular filtration 20 %	I-131 and I-123 OIH (hippuran)
• Cortical binding 40%	Tc-99m DMSA
• Glomerular filtration 80% และ cortical binding 20%	Tc-99m GH

ภาพสแกนของ Tc-99m DTPA จะมีความเข้มของเนื้อไตสูงสุด (normal peak cortical uptake) ที่ 3-4 นาที หลังการฉีดสารเภสัชรังสี จะเริ่มเห็นสารเภสัชรังสีในทางเดินปัสสาวะที่ 5 นาที และในกระเพาะปัสสาวะที่ 10-15 นาที โดย Tc-99m DTPA มีค่า clearance half-time ($T^1/_2$) ปกติที่ 15-20 นาที [2]

ข้อดีของ Tc-99m DTPA มีหลายประการ ได้แก่ หาได้ง่าย มีจำหน่ายเป็นชุดสำเร็จรูปและราคาไม่แพง อีกทั้งยังใช้ตรวจหาค่า GFR ได้ ทั้งจากวิธีการเจาะเลือด (blood samples) หรือจากการถ่ายสแกน ภาพที่ได้จากการตรวจด้วย Tc-99m DTPA จัดว่ามีคุณภาพค่อนข้างดี แม้ว่าจะด้อยกว่าภาพจาก Tc-99m MAG3 ก็ตาม [4]

ข้อด้อยของ Tc-99m DTPA ได้แก่ ปริมาณที่จับกับโปรตีนในเลือดมีหลากหลาย อาจมีผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดค่า GFR[4]

2. Tc-99m mercaptoacetyltriglycine (Tc-99m MAG3)

Tc-99m MAG3 เป็นสารในกลุ่ม tubular secretion เริ่มใช้ในการตรวจสแกนไตครั้งแรกในปี คศ. 1986[4] มีคุณสมบัติจับกับโปรตีนในกระแสเลือดและไม่กรองผ่านกลุ่มหลอดเลือดแดงฝอย ดังนั้น Tc-99m MAG3 จึงขับผ่านท่อหลอดไตเกือบทั้งหมด ทำให้ extraction efficiency สูงกว่าสารในกลุ่มที่ glomerular filtration Tc-99m MAG3 มีค่า first-pass extraction สูงกว่า Tc-99m DTPA ประมาณ 2 เท่า จึงได้ภาพสแกนที่คมชัดกว่าภาพสแกนของ Tc-99m DTPA

Tc-99m MAG3 สามารถถ่ายภาพสแกนในระยะ dynamic blood flow ได้และได้ค่าการนับวัด (count) ที่สูงกว่าสาร I-131 OIH โดยผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีที่ต่ำกว่า ในปัจจุบัน I-131 OIH จึงถูกแทนที่ด้วย Tc-99m MAG3[5,6] ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม tubular secretion เช่นเดียวกัน แต่มีข้อดีกว่าที่ไม่มีรังสีเบต้าและได้ภาพสแกนที่คมชัดกว่า[2]

Tc-99m MAG3 มีจำหน่ายเป็นชุดสำเร็จรูปโดยใส่สารโซเดียมเปอร์เทคนิเตต (sodium pertechnetate) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาลงไปด้วย ขั้นตอนการสร้างพันธะ (bonding) นั้นต้องใส่ลม ปริมาณเล็กน้อยลงไปทำปฏิกิริยาด้วยเพื่อกำจัดสาร stannous ion ที่เหลือค้างและทำให้เพิ่มความคงทน (stability) ของ Tc-99m MAG3 โดยค่าความสามารถของการจับกัน (radiolabeling efficiency) ควรมีค่าตั้งแต่ 95 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป[2]

Tc-99m MAG3 จะมีความเข้มของการจับในเนื้อไตปกติสูงสุด (normal time-to-peak activity) ที่ 3-5 นาทีหลังการฉีดสาร ส่วนค่าปกติของ renal clearance และ half-peak values เหมือนกับสารตัวอื่น Tc-99m MAG3 นอกจากขับออกทางไตแล้ว สามารถขับออกทางตับและท่อน้ำดีได้เล็กน้อย ทำให้เห็นภาพตับและท่อน้ำดีในภาพสแกนได้[2]

ข้อดีของ Tc-99m MAG3 มีหลายประการ ได้แก่ หาได้ง่าย มีจำหน่ายเป็นชุดสำเร็จรูป, ภาพที่ได้มีคุณภาพดีกว่า I-131 OIH และ Tc-99m DTPA และ ค่า clearance สามารถนำไปหาค่า effective renal plasma flow (ERPF) ได้[4]

ข้อด้อยของ Tc-99m MAG3 ได้แก่ อาจมีการปนเปื้อนในขั้นตอนการเตรียมสาร และการที่มีค่า extraction efficiency ต่ำกว่า I-131 OIH[4]

3. I-131 orthoiodohippurate (I-131 OIH หรือ hippuran)

hippuran เป็นสารที่มีคุณสมบัติเหมือนกับ para-aminohippurate (PAH) นำมาจับกับสารกัมมันตรังสีได้ทั้ง I-131 และ I-123 แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านการผลิตประเทศไทยจึงมีใช้เฉพาะ I-131

I-131 OIH เป็นสารเภสัชรังสีในกลุ่ม tubular secretion ใช้ตรวจวัดการทำงานของไตมาเป็นระยะเวลานาน ถึงแม้ในปัจจุบันจะถูกแทนที่ด้วย Tc-99m MAG3 แต่สารตัวนี้ยังคงถูกนำมาเป็นแม่แบบในการเทียบคุณสมบัติกับสารตัวอื่นอยู่เสมอ

ด้วยคุณสมบัติทางเคมีของ I-131 OIH ที่เหมือนกับ PAH โดย 80 เปอร์เซ็นต์ถูกขับออกทางท่อหลอดไต (tubular secretion) และ 20 เปอร์เซ็นต์ถูกขับออกทางกลุ่มเลือดฝอยของไต (glomerular filtration) ค่า first pass extraction สูงมากประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ I-131 OIH มีประโยชน์อย่างมากในการตรวจสแกนผู้ป่วยที่มีภาวะ azotemia และยังมีความถูกต้องในการวัดค่า ERPFสูง[2]

เนื่องจาก hippuran มีค่าครึ่งชีวิตยาวประมาณ 8.08 วันและมีการปล่อยรังสีเบต้า ทำให้ปริมาณของ I-131 ที่นำมาจับกับ hippuran ใช้ได้จำกัดแค่ 200-400 uCi (7.4-14.8 MBq) ภาพสแกนที่ได้จึงมี spatial resolution ที่ต่ำและไม่สามารถถ่ายภาพสแกนในระยะ dynamic arterial perfusion ได้ เป็นผลจากปริมาณของ I-131 ใช้ได้จำกัดและมีค่าพลังงานของรังสีแกมมาที่ระดับสูง (364 keV)[2]

อาจพบการจับที่ต่อมไทรอยด์ได้จาก I-131 ที่ไม่ได้จับกับ hippuran (free radioiodine) ป้องกันได้โดยการให้ thyroid blocking agent เช่น supersaturated potassium iodide (SSKI) ก่อนทำการตรวจ[2]

เนื่องจาก I-131 OIH มีการปล่อยรังสีเบต้าซึ่งไม่เป็นที่ต้องการในการตรวจสแกนและทำให้ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับสูงขึ้นโดยไม่จำเป็น ในปัจจุบัน จึงถูกแทนที่ด้วย Tc-99m MAG3 ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม tubular secretion เช่นเดียวกัน[5,6]

ข้อดีของ I-131 OIH คือ มีค่า first pass extraction สูง จึงใช้คำนวณหาค่า ERPF ได้ [4]

ข้อด้อยของ I-131 OIH มีตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น คือ I-131 มีรังสีเบต้า ทำให้ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับสูงกว่าสารตัวอื่น แต่ภาพสแกนที่ได้มีคุณภาพต่ำกว่า[4]

4. Tc-99m dimercaptosuccinic acid (Tc-99m DMSA) และ Tc-99m glucoheptonate (Tc-99m GH)

สารทั้งสองชนิดนี้เป็นสารในกลุ่ม cortical binding สามารถจับกับเนื้อไตได้นาน ทำให้ได้ภาพสแกนเนื้อไต (renal cortical image) มีคุณภาพสูง เป็นผลจากมีค่า target-to-background ratios ที่สูง

DMSA เป็นสาร chelator เช่นเดียวกับ DTPA Tc-99m DMSA เป็น agent of choice สำหรับการตรวจสแกนภาพเนื้อไต[4] ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์จะจับแน่นที่ท่อหลอดไตส่วนต้น การถ่ายภาพสแกนควรจะทำหลังการฉีดสารกัมมันตรังสีประมาณ 2-3 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มเวลาการจับของสารที่ไต และลด background activity โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ป่วยที่มีการทำงานของไตที่แย่ลง การถ่ายภาพ delayed เป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากค่าการขับสารเภสัชรังสีของ Tc-99m DMSA ในปัสสาวะค่อนข้างต่ำคือประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเริ่มต้น ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมในการใช้ตรวจวินิจฉัยโรคของทางเดินปัสสาวะส่วนล่าง[2]

การจับของ Tc-99m DMSA จะลดลงได้จากยาที่บางชนิด เช่น gentamicin และ cisplatinum รวมทั้งโรคที่มีผลต่อท่อหลอดไตส่วนต้น เช่น renal tubular acidosis และ Fanconi's syndrome จะยับยั้งการจับของ Tc-99m DMSA[2]

Tc-99m GH เดิมเป็นสารเภสัชรังสีที่ใช้ตรวจสแกนสมอง ซึ่งต่อมาพบว่าสามารถใช้ตรวจสแกนเนื้อไตได้ Tc-99m GH จะขับออกทางปัสสาวะประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ อีกประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์จะจับแน่นที่ท่อหลอดไตส่วนต้นได้นานถึง 24 ชั่วโมง[4]

การถ่ายภาพสแกนด้วย Tc-99m GH จะทำเป็น 2 ระยะ คือ ระยะ dynamic ที่ 25-30 นาทีหลังฉีดสารเภสัชรังสีเพื่อประเมินภาวะเลือดที่มาเลี้ยงไต ตามด้วยภาพสแกนระยะ delayed static เพื่อดูรอยโรคที่เนื้อไต การจับสารเภสัชรังสีของไตขึ้นอยู่กับ renal perfusion flow และ renal tubular function นอกจากขับออกทางไตแล้ว Tc-99m GH สามารถขับออกทางตับและถุงน้ำดี ซึ่งจะเห็นการจับสารกัมมันตรังสีของตับและถุงน้ำดีในภาพสแกนได้ ผู้ป่วยที่มีภาวะ renal

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณรังสีที่อวัยวะต่างๆได้รับจากการตรวจโดยใช้สารเภสัชรังสีแต่ละชนิด หน่วยปืน cGy/MBq (rad/mCi) (2) ตัวเลขหนาเอียงคืออวัยวะที่ได้รับรังสีสูงสุด (ข้อมูลจาก The requisites in radiology. 3rd ed; 2006)

	Bladder	Kidneys	Ovaries	Testes	Whole body
I-123 OIH	***0.95***	0.05	0.05	0.03	0.02
I-131 OIH	***5.167***	0.167	0.1	0.067	0.03
Tc-99m DTPA	***0.27***	0.09	0.016	0.01	0.006
Tc-99m MAG3	***0.6***	0.0175	0.0325	0.02	0.01
Tc-99m DMSA	0.07	***0.63***	0.013	0.007	0.015
Tc-99m GH	***0.28***	0.17	0.016	0.01	0.0075

ตัวเลขหนาเอียงคืออวัยวะที่ได้รับรังสีสูงสุด

tubular acidosis สามารถตรวจสแกนด้วย Tc-99m GH ได้ เพราะภาวะนี้ไม่มีผลลดการจับกับของ Tc-99m GH ที่เนื้อไตเหมือนที่มีต่อการตรวจด้วย Tc-99m DMSA[2]

โดยทั่วไป Tc-99m DMSA เป็นที่นิยมใช้มากกว่า Tc-99m GH เพราะมีค่าการจับกับเนื้อไต (renal cortical uptake) ที่มากกว่า

สารเภสัชรังสีเหล่านี้จะให้ปริมาณรังสีต่ออวัยวะต่างๆ ของผู้ป่วย ดังตารางที่ 2

เมื่อตรวจโดยใช้สารกลุ่ม glomerular filtration และกลุ่ม tubular secretion กระเพาะปัสสาวะเป็นอวัยวะที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด เนื่องจากสารจะถูกขับออกจากไตไปสะสมที่กระเพาะปัสสาวะ อย่างไรก็ตามปริมาณรังสีที่กระเพาะปัสสาวะและปริมาณรังสีที่ทั้งร่างกายได้รับอยู่ในระดับต่ำ ไม่ถือเป็นข้อห้ามในการตรวจในผู้ป่วยเด็ก อีกทั้งการถ่ายปัสสาวะเป็นระยะหลังจากฉีดสาร ยังเป็นการลดปริมาณรังสีที่กระเพาะปัสสาวะลงอีกด้วย[7] ส่วนอวัยวะที่ได้รับปริมาณรังสีมากสุด เมื่อตรวจโดยใช้สาร Tc-99m DMSA คือ ไต เนื่องจากสารจะจับแน่นอยู่ที่เนื้อไต

ขนาดของสารเภสัชรังสี

ขนาดของสารเภสัชรังสีที่ใช้เพื่อการประเมินการทำงานของไต เดิมเคยมีการกำหนดขนาดไว้ดังนี้ [2]

Tc-99m DTPA :

ผู้ใหญ่ 555 MBq (15 mCi)

เด็ก 7.4 MBq/ kg (200 uCi/kg ไม่ต่ำกว่า 2 mCi และไม่เกิน 10 mCi)

Tc-99m MAG3:

ผู้ใหญ่ 110-185 MBq (3-5 mCi)

เด็ก 3.7 MBq/ kg (100 uCi/kg ไม่ต่ำกว่า 1 mCi และไม่เกิน 5 mCi)

ในแต่ละสถาบันอาจมีการกำหนดขนาดสารที่แตกต่างกันไปเล็กน้อย เช่น ปริมาณ Tc-99m MAG3 ในเด็กบางสถาบันกำหนดให้ใช้ 7.4 MBq/ kg (200 uCi/kg)[8]

ในปัจจุบันได้มีการลดขนาดของสารเภสัชรังสีลง เนื่องจากเครื่องมือในการสแกนมีประสิทธิภาพดีขึ้น จาก Guidelines for standard and diuretic renogram in children ได้กำหนดขนาดของสารเภสัชรังสีไว้ ดังนี้ [7]

99mTc-DTPA:

ผู้ใหญ่ (น้ำหนักประมาณ 70 กิโลกรัม) 200 MBq

เด็กปรับลดลงตามน้ำหนัก โดยขนาดต่ำสุดไม่น้อยกว่า 20 MBq

99mTc-MAG3:

ผู้ใหญ่ (น้ำหนักประมาณ 70 กิโลกรัม) 70 MBq

เด็กปรับลดลงตามน้ำหนัก โดยขนาดต่ำสุดไม่น้อยกว่า 15 MBq

เทคนิคการตรวจสแกนไตแบบไดนามิค (Dynamic renal imaging)

หลักการเลือกวิธีการตรวจสแกนไต ขึ้นอยู่กับลักษณะความผิดปกติทางคลินิคที่แพทย์ผู้ทำการรักษาต้องการทราบ โดยมีวิธีการเลือกดังนี้

Dynamic renography

การตรวจสแกนไตแบบไดนามิค เป็นการตรวจการทำงานของไต เพื่อประเมิน 3 ส่วนหลัก คือ การวัดปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงไต (blood flow) การจับของสารที่เนื้อไต (parenchyma) และการขจัดสารออกจากไต (excretion) โดยทั่วไปจะทำการตรวจนาน 25-30 นาที นับจากการฉีดสารเภสัชรังสี[3]

สารเภสัชรังสีที่เหมาะสมกับการตรวจนี้คือ Tc-99m DTPA, Tc-99m MAG3, and Tc-99m GH[8] ส่วน I-131 OIH นั้นไม่นิยมใช้ เนื่องจากอัตราการนับวัด (count rate) ไม่เพียงพอสำหรับการวัดปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงไต (blood flow study) จากการที่ต้องจำกัดปริมาณของสารเภสัชรังสีเพื่อลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยจะได้รับ[2]

สิ่งสำคัญก่อนทำการตรวจสแกนไต ผู้ป่วยควรได้รับคำแนะนำให้ดื่มน้ำให้เพียงพอ เนื่องจากภาวะขาดน้ำมีผลทำให้การขับปัสสาวะออกทางไตช้ากว่าปกติ และอาจทำให้ผิดพลาดในการประเมินภาวะอุดตันของทางเดินปัสสาวะได้[2] ปริมาณน้ำที่เหมาะสมคือ 5-10 ml/kg ก่อนการตรวจประมาณครึ่งถึงหนึ่งชั่วโมง การดื่มน้ำนอกจากจะป้องกันภาวะขาดน้ำแล้วยังช่วยเพิ่มปริมาณปัสสาวะ เป็นการลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้จะรับ[4]

การเตรียมตัวก่อนการตรวจอีกข้อที่สำคัญ คือ การปัสสาวะออกเพื่อลดความดันในกระเพาะปัสสาวะ ซึ่งหากมีปริมาณปัสสาวะอยู่มาก อาจทำให้การแปลผลภาวะอุดตันของทางเดินปัสสาวะผิดพลาดได้[4]

ยาที่ผู้ป่วยทานบางชนิดอาจมีผลต่อการแปลผล โดยเฉพาะอย่างยิ่งยาขับปัสสาวะและยารักษาความดันโลหิตสูง นอกจากนั้นภาวะความผิดปกติแต่กำเนิดและประวัติการผ่าตัดก็มีความสำคัญต่อการจัดท่าผู้ป่วยและการแปลผล[2] ดังนั้นควรทราบประวัติยาและการรักษาที่ได้รับมาก่อน

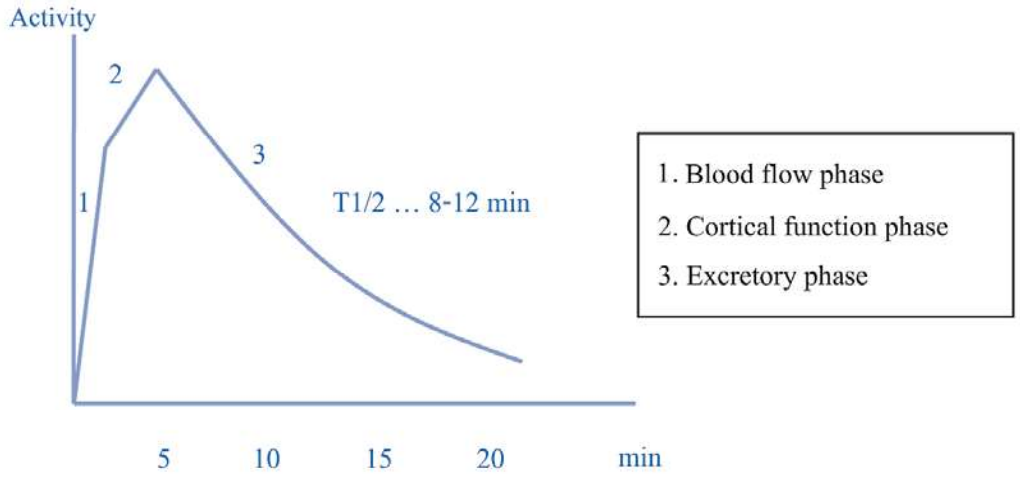
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสารเภสัชรังสีที่มาที่ไตกับเวลาในช่วงนาทีแรกหลังฉีดสาร แสดงถึงปริมาณเลือดที่มาเลี้ยงไต แปลผลโดยดูจากความชันของกราฟขาขึ้นและอัตราส่วนของปริมาณสารเภสัชรังสีระหว่างไตแต่ละข้างเทียบกับหลอดเลือดแดงใหญ่ (kidney-aorta ratio) ถ้ากราฟชันมากหรืออัตราส่วนของปริมาณสารเภสัชรังสีระหว่างไตแต่ละข้างเทียบกับหลอดเลือดแดงใหญ่มีค่าสูง แปลว่าไตมีเลือดที่มาเลี้ยงเพียงพอ แต่ถ้ากราฟชันน้อยหรือมีค่าอัตราส่วนที่น้อย แปลว่าเลือดที่มาเลี้ยงไตนั้นลดลง[2] เพื่อให้ได้กราฟที่ถูกต้อง การฉีดสารควรฉีดแบบ bolus[4]

ส่วนกราฟที่ได้ในช่วงหลังจากหนึ่งนาทีแรก (Dynamic renal function time-activity curve) จะใช้ประเมินการทำงานของไต กราฟนี้ได้จากการวาง region of interest (ROI) ตรงตำแหน่งไตทั้งสองข้างและคำนวณเทียบกับ background activity การเลือกวาง ROI ขึ้นกับหน้าที่ของไตที่เราต้องการวัด การวาง ROI ครอบคลุมทั้งไต (Whole renal ROIs) จะใช้ในกรณีที่ไตไม่มีการอุดตัน แต่กรณีที่ไตมีการอุดตันหรือมีภาวะกรวยไตขยายผิดปกติ (hydronephrosis) ควรใช้ ROI ที่วางเฉพาะบริเวณ cortex แทน เนื่องจากถ้าวัดแบบครอบคลุมทั้งไต จะได้ค่า clearance ที่เห็นใน time-activity curve จะช้ากว่าปกติ ถ้าต้องการลด background activity เพื่อให้เห็นภาพสแกนที่ชัดขึ้น ควรถ่ายภาพสแกนที่เวลาช้ากว่าปกติ (delayed) เพราะจะมีอัตราการจับของสารที่ไตต่ออัตราการจับของสารที่บริเวณอื่นที่สูงขึ้น (high target-to-background ratio)[2]

ทุกช่วงเวลาของภาพสแกนของไตจะเป็นผลรวมของการจับและการขจัดสารเภสัชรังสีของไต (uptake and excretion) ภาพสแกนไตและกราฟแสดงปริมาณรังสีที่ไตต่อเวลา (time-activity curve) ตั้งแต่เริ่มฉีดสาร จึงแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังรูป คือ ระยะที่สารเภสัชรังสีในเลือดมาถึงไต (blood flow, perfusion), ระยะที่มีการจับสารรังสีเข้าในเนื้อไต (cortical function, paranchyma) และระยะที่สารรังสีถูกขจัดออกจากไตและกรวยไต (excretory, clearance)[2,3]

กราฟ renogram ที่ปกติควรมีลักษณะตามรูปที่ 1 ลักษณะที่ผิดปกติไปในแต่ละช่วงของกราฟสามารถใช้ประเมินความผิดปกติของไตได้ กราฟ renogram ของไตทั้งสองข้างควรคล้ายคลึงกัน[3] ช่วงที่หนึ่งของกราฟเป็นช่วงที่เลือดที่มีสารเภสัชรังสีเข้ามาที่ไต จึงเห็นกราฟขึ้นมาจากศูนย์และมีความชันมากที่สุด

ช่วงที่สองของกราฟเป็นช่วงเวลาที่มีการจับสารเภสัชรังสีเข้าสู่เนื้อ cortex เกิดขึ้นหลังนาทีที่ 1 ไปจนถึงนาทีที่ 5 ในไตที่ทำงานปกติจะมีจุดสูงสุดของกราฟอยู่ในช่วงนี้ จุด



รูปที่ 1 *แสดงกราฟ renogram ปกติ*

สูงสุดของกราฟคือ จุดที่ปริมาณของสารที่จับในเนื้อไตมีค่าสูงที่สุด[3] หากจุดสูงสุดของกราฟไม่สูงแปลว่ามีการจับของสารน้อย และถ้าค่าที่สูงที่สุดหลังการฉีดสารอยู่ที่ตำแหน่งมากกว่า 5 นาที แปลว่าไตมีการกรองหรือขับสารออกช้า ทั้งสองกรณีแสดงถึงการทำงานของไตที่ผิดปกติ[2]

ช่วงที่สามของกราฟแสดงถึงการขับสารเภสัชรังสีออกจากไต ในไตปกติกราฟจะลาดลง แปลว่าไตสามารถขจัดสารออกมาได้[3] แต่ถ้ากราฟยังคงที่หรือสูงขึ้น แปลว่าไตขจัดสารได้ลดลงหรือขับไม่ได้ ซึ่งอาจเกิดจากภาวะที่มีการทำงานของไตที่แย่ลง หรือเกิดจากภาวะระบบทางเดินปัสสาวะอุดตัน ค่าการขับสารเภสัชรังสี (excretion, clearance) ที่วัดได้หลังจากฉีดสารเภสัชรังสีประมาณ 20 นาที ก็มีส่วนช่วยในการประเมินการทำงานของไต ค่าเวลาที่ไตขับสารกัมมันตรังสีออกได้ครึ่งนึง (clearance half-time, $T^1/_2$) ปกติมีค่าเท่ากับ 8-12 นาที สำหรับสาร Tc-99m DTPA มีค่าเท่ากับ 15-20 นาที[2]

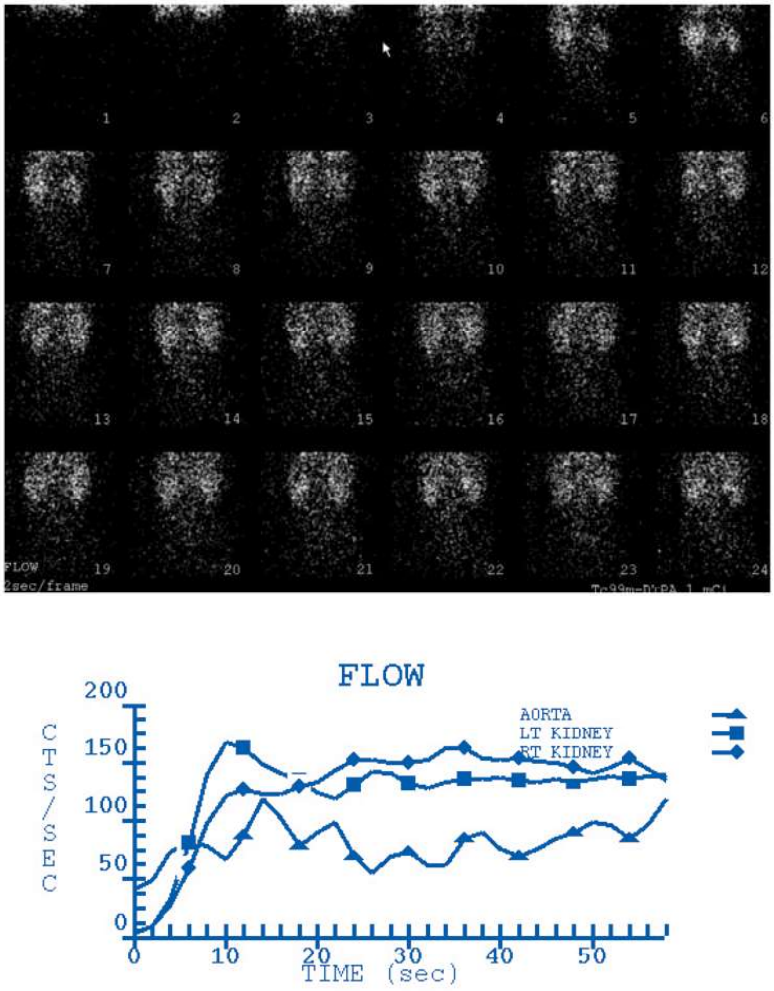
ค่าการทำงานเทียบกันระหว่างไตทั้งสองข้าง (differential function) มีส่วนช่วยในการประเมินการทำงานของไตเทียบกันว่าไตข้างไหนทำงานได้ดีกว่ากัน โดยวัดค่าการจับที่ช่วงเวลา 1-3 นาทีหลังฉีดสารเภสัชรังสี โดยผลรวมค่าการจับสารเภสัชรังสีของไตทั้งสองข้างจะแสดงออกมาเป็นสัดส่วนการทำงานของไตที่ 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าปกติจะมีสัดส่วนการทำงานของไตในแต่ละข้างอยู่ที่ประมาณ 45-55 เปอร์เซ็นต์ ค่า differential function มีข้อจำกัดคือ เป็นค่าที่ใช้เปรียบเทียบสัดส่วนการทำงานของไตสองข้าง ไม่สามารถใช้บอกตัวเลขการทำงานที่แท้จริงของไตได้[2]

ลักษณะภาพสแกนไตปกติ (รูปที่ 2)

การประเมินการทำงานของไตมี 3 ระยะ คือ ระยะที่สารรังสีในเลือดมาถึงไต (blood flow phase), ระยะที่มีการจับสารรังสีเข้าในเนื้อไต (cortical function or concentration phase) และระยะที่สารรังสีถูกขับออกจากไตและกรวยไต (excretory or clearance phase)

Blood flow phase เริ่มหลังจากที่ฉีดสารเภสัชรังสีแบบ bolus เข้าทางเส้นเลือดดำ จะสามารถเห็นสารเภสัชรังสีใน abdominal aorta จากนั้นสัก 2-3 วินาที จะเห็นสารรังสีมาที่ไตทั้งสองข้างในเวลาใกล้เคียงกัน ในช่วงแรกของการถ่ายภาพ จะเห็นเลือดที่มีสารเภสัชรังสีที่มาที่ม้าม (splenic blush) ซึ่งต้องระวังจะแปลผลผิดว่าเป็นไตข้างซ้าย ส่วนภาพของตับจะเห็นช้ากว่าเนื่องจากได้รับเลือดส่วนมากมาจาก portal system[4]

ถ้าไตทั้งสองข้างมีความเข้มไม่เท่ากัน แสดงว่ามีภาวะเลือดที่มาเลี้ยงไตผิดปกติในไตข้างที่มีการจับสารน้อย หรือจับสารกัมมันตรังสีได้ช้า นอกจากนั้นไตที่มีขนาดเล็กหรือมีพังพืดที่เนื้อไต จะมีภาวะเลือดที่มาเลี้ยงไตลดลงเพราะมีการลดลงของปริมาณเนื้อไต[2]



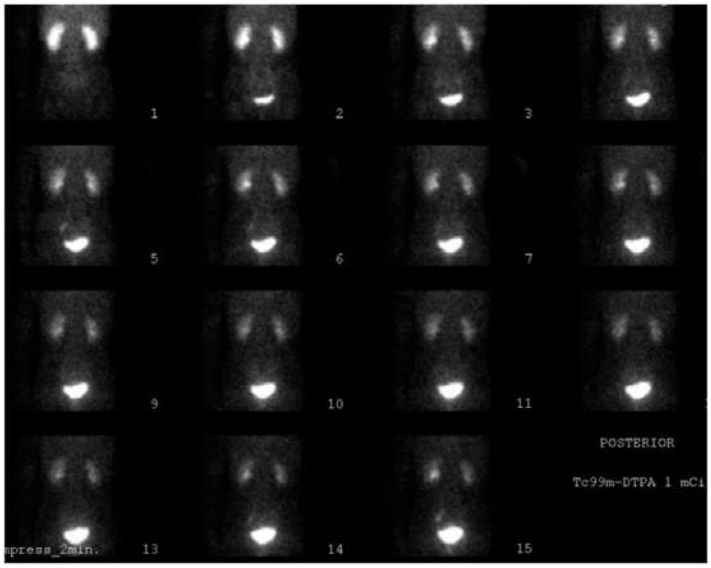
รูปที่ 2 แสดงภาพสแกน blood flow phase และกราฟ blood flow ปกติ

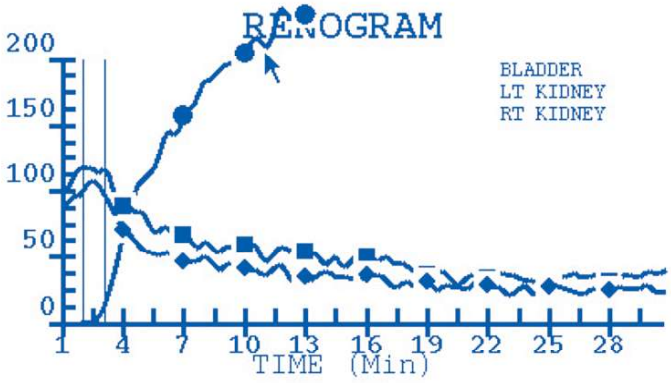
Cortical function phase ใช้ประเมินการกรองและการขจัดสารเภสัชรังสีของไต โดยจะเห็นภาพของไตทั้งสองข้างภายใน 1-3 นาทีหลังจากฉีดสารเภสัชรังสี ภาพที่ได้จะเหมือนกับภาพเงาไตที่เห็นจากการตรวจไตด้วยสารทึบรังสี (intravenous pyelography) ลักษณะของภาพไตปกติที่ได้จากการสแกน ต้องมีลักษณะการจับสารเภสัชรังสีที่เท่ากันตลอดเนื้อไต (homogeneous uptake) ส่วนของกรวยไตมักจะมองไม่เห็น หรือเห็นเป็นส่วนที่ไม่จับสารเภสัชรังสี (รูปที่ 3)

หากไตข้างหนึ่งมีการทำงานที่ลดลง การจับสารเภสัชรังสีของไตข้างนั้นจะช้ากว่าไตข้างที่ทำงานดีกว่า เป็นผลให้เกิดลักษณะของภาพสแกนแบบ flip-flop pattern อธิบายได้จากการที่ไตข้างที่ทำงานได้น้อย จะมีการจับสารเภสัชรังสีช้า ทำให้เห็นภาพสแกนที่ไม่ชัดในระยะแรก พอผ่านไประยะหนึ่งจะมีการจับสารเภสัชรังสีเพิ่มขึ้น สุดท้ายจะเห็นภาพสแกนของไตข้างที่ทำงานน้อยกว่าชัดกว่าไตข้างที่ดีกว่า เป็นผลจากไตข้างที่ดีกว่าได้ขจัดสารเภสัชรังสีออกไปเกือบหมด จึงเห็นภาพสแกนของไตข้างที่ดีจางกว่า[2]

การเปรียบเทียบการทำงานของไตสองข้างรวมถึงการคำนวณหาค่า GFR หรือ ERPF จะทำในช่วงเวลานี้ ก่อนที่จะเข้าสู่ช่วงที่สาม[4]

Excretory phase หรือ clearance phase ใช้ประเมินการขับสารเภสัชรังสีของไต โดยจะเห็นภาพของกรวยไตประมาณ 3 นาทีหลังการฉีดสารเภสัชรังสี จากนั้นภาพของกรวยไตควรจะจางลงใน 10-15 นาทีถัดมา เนื่องจากสารได้ผ่านออกไปยังท่อไต โดยปกติจะมองเห็นภาพท่อไตทั้งสองข้างได้ชั่วคราวหรือไม่เห็นเลย แต่ถ้าพบว่ามีการจับสาร





รูปที่ 3 *แสดงภาพสแกน cortical function phase และ excretory phase และ กราฟ renogram ปกติ*

กัมมันตรังสีที่นานกว่าปกติ ร่วมกับความเข้มของสารกัมมันตรังสีไม่เปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มขึ้น จะบอกถึงภาวะของท่อไตที่มีการขยายผิดปกติ (hydroureter) ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุของการอุดตันหรือจากสาเหตุอื่นก็ได้[2]

ในกรณีที่เห็นภาพกรวยไตนานผิดปกติ ร่วมกับความเข้มของภาพไม่เปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มขึ้น ให้สงสัยภาวะของกรวยไตขยายผิดปกติ (hydronephrosis) ในภาวะเช่นนี้การให้ยาขับปัสสาวะร่วมด้วยในการตรวจสแกนจะสามารถช่วยในการวินิจฉัยภาวะทางเดินปัสสาวะอุดตันได้[6]

เอกสารอ้างอิง

1. Treves ST, Harmon WE, Packard AB, Kurac A. Pediatric nuclear medicine/PET. 2007:239-306.
2. Ziessman HA, O'Mally JP, Thrall JH. Genitourinary system. In: Nuclear Medicine: The requisites in radiology. 3rd ed. Philadelphia: Mosby Elsevier; 2006:215-62.
3. Mettler FA, Guiberteau MJ. Essentials of Nuclear Medicine Imaging. 5th ed. Philadephia, PA: Saunders Elsevier 2006:244-92.
4. Blaufox MD. Nuclear medicine in renal disorders. In Ell PJ, Gambhir SS (eds). Nuclear Medicine in Clinical Diagnosis and Treatment. 3rd Ed. Edinburgh: Churchill Livingstone 2004:1497-558.
5. Durund E, Chaumet-Riffaud P, Grenier N. Functional renal imaging: new trend in radiology and nuclear medicine. Sem Nucl Med 2011;41:61-72.
6. Estaves FP, Taylor A, Mantuga A, Folks RD, Krishnan M, Garcia EV. Tc-99m MAG3 renography: normal value for MAG3 clearance and curve parameters, excretory parameters, and residual urine volume. AJR 2006;187:610-7.
7. Gordon I, Piepsz A, Sixt R. Guidelines for standard and diuretic renogram in children. EANM 2011. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2011;38:1175-88.
8. Jadvar H. A New Benchmark in Renal Diagnosis -- and Prognosis: Clinical Applications of Tc-99m MAG3 Renography [Internet]. Medscape Radiology. 2007 [cited 11 April 2014]. Available from: http://www.medscape.org/viewarticle/558805