บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

หลักการของ MSCT

Computed tomography (CT) ได้ถูกสร้างขึ้นมาตั้งแต่ ค.ศ. 1972 โดย Sir. Geoffrey N. Housefield และ Alan M. Cormack ซึ่งทั้งคู่ได้รับรางวัล Nobel Prize ในสาขาการแพทย์ในปี ค.ศ. 1972 CT เป็นวิธีการที่ใช้คลื่นรังสี x-ray หมุนรอบตัวผู้ป่วยโดยมี Collimators เป็นตัวรวบรวมลำแสง x-ray เพื่อฉายรังสีผ่านตัวผู้ป่วยไปยังตัวรับภาพ (detectors) ซึ่งอยู่ตรงกันข้ามและสามารถนำภาพเหล่านั้นมาสร้างเป็นภาพตัดขวาง โดยมีความหนาตั้งแต่น้อยกว่าหนึ่งมิลลิเมตรจนถึงหลายมิลลิเมตร (slice collimation)

การใช้ CT scan ในการถ่ายภาพหัวใจจำเป็นต้องถ่ายภาพให้ได้เร็ว (high temporal resolution) เนื่องจากหัวใจเป็นอวัยวะที่อยู่นิ่งและเคลื่อนไหวเร็ว เครื่อง CT รุ่นใหม่ จึงออกแบบมาให้แหล่งกำเนิด x-ray และตัวรับภาพหมุนรอบตัวผู้ป่วยเป็นวงกลมด้วย ความเร็วสูง นอกจากนั้น cardiac CT ยังต้องมีคุณสมบัติในการถ่ายภาพอย่างต่อเนื่องในแนวขวาง (Crossectional images) ของหัวใจและทุกๆภาพที่ได้จะต้องอยู่ในตำแหน่ง (phase) เดียวกันของการเต้นของหัวใจมิเช่นนั้นจะเกิดช่องว่างระหว่างภาพได้ เนื่องจากภาพที่ต่อเนื่องกันจะเก็บจากตำแหน่ง (phase) การเต้นของหัวใจที่ต่างกัน ภาพที่ได้จึงต้องนำมาเทียบตำแหน่ง (phase) ของการเต้นของหัวใจโดยใช้คลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) เป็นตัวกำหนด (retrospective ECG gating) นอกจากนี้ตำแหน่งของหัวใจยังขึ้นอยู่กับการหายใจด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงตัวกวนจากการหายใจจึงต้องให้ต้องให้ผู้ป่วยหายใจให้สุดแล้วกลั้นไว้แล้วทำการถ่ายภาพทั้งหมดภายในเวลาที่ผู้ป่วยกลั้นหายใจ ในทางปฏิบัติจะสามารถถ่ายภาพทั้งหมดได้ในเวลา 20-35 วินาที ซึ่งผู้ป่วยสามารถที่จะหายใจเข้าสุดแล้วกลั้นไว้ได้

ปัจจุบันมีการใช้ mutislice CT scanners ทำให้เราได้ภาพในแนวตัดขวางหลายๆ ภาพพร้อมกันในเวลาเดียวกัน โดยมีความหนาของภาพเพียง 0.5 มิลลิเมตรและใช้เวลาเพียง 500 มิลลิวินาที ในการหมุน 360 องศา โดยเครื่องสามารถหมุนขึ้นลงเป็นเกลียว (spiral mode) หรือขึ้นลงแนวตรง (sequential mode) เพื่อให้ได้ภาพตั้งแต่บนลงล่าง ในความเป็นจริงการต้องการ

ได้ภาพครบสมบูรณ์เราสามารถใช้การหมุนของเครื่องรอบผู้ป่วยเพียง 180 องศา ก็พอและถ้ารวมกับความกว้างของรังสีที่เป็นรูปพัดจะทำให้ได้องศาเพิ่มอีก 50 องศา ซึ่งวิธีนี้เรียก ว่า partial scan reconstruction algorithms.

ภาพของหัวใจที่ได้จาก MSCT

ภาพที่ยังไม่ได้ฉีดสารทึบรังสี (nonenhanced imaging)

ภาพที่ได้โดยวิธีนี้ จะไม่สามารถแยกเลือดออกจากกล้ามเนื้อหัวใจได้ ทำให้ไม่สามารถมองเห็นส่วนที่อยู่ในห้องหัวใจ ไขมันที่อยู่ในชั้น epicardial จะมี CT attenuation ต่ำทำให้สามารถมองเห็นหลอดเลือดแดงโคโรนารีที่อยู่รอบๆไขมันได้อย่างชัดเจน ภาพที่ยังไม่ได้ฉีดสารทึบรังสีจะมีประโยชน์ ในการประเมินปริมาณแคลเซียมที่เกาะอยู่บนหลอดเลือดแดงโคโรนารี (ภาพที่ 1) โดยวิธีการทำจะคล้ายกับการทำ Electron Beam Tomography (EBCT)

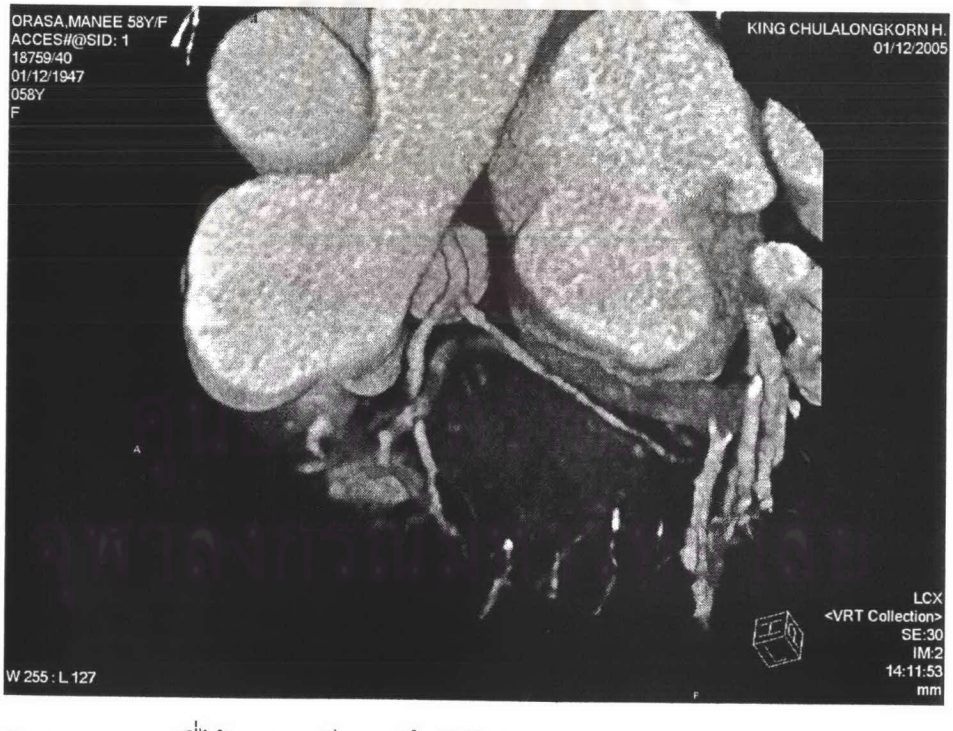
ภาพที่ได้จากการฉีดสารทึบรังสี (contrast-enhanced imaging)

เพื่อทำให้เห็นส่วนของเลือดในห้องหัวใจให้ชัดเจน จึงฉีดสารทึบรังสี iodinated contrast ในช่วงที่ถ่ายภาพเป็นระยะเวลา 15-30 วินาที และเพื่อให้ได้ปริมาณสารทึบรังสีเพียงพอในตำแหน่งที่ต้องการถ่ายภาพและหลีกเลี่ยงการฉีดสารทึบรังสีเป็นจำนวนมาก จึงต้องให้เครื่องเริ่มถ่ายภาพเมื่อสารทึบรังสีอยู่ในหลอดเลือดแดง ascending aorta แล้วซึ่งจะตรงกับเวลา 15-20 วินาที หลังจากฉีดสารทึบรังสีเข้าไปในหลอดเลือดดำส่วนปลาย ภาพที่ได้นี้จะสามารถมองเห็นขอบเขตของหัวใจ ลิ้นหัวใจ หลอดเลือดแดงใหญ่ และหลอดเลือดแดงโคโรนารีได้อย่างชัดเจน (ภาพที่ 2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่1: ภาพ MSCT ที่ยังไม่ได้ฉีดสารทึบรังสี (nonenhanced imaging)



ภาพที่ 2: ภาพ MSCT ที่ได้จากการฉีดสารทึบรังสี (contrast-enhanced imaging)

ตัวกวนที่สำคัญ (Typical artifacts)

การเคลื่อนไหวของหัวใจและของผู้ป่วยขณะกลั้นหายใจ จะทำให้ได้ภาพที่ไม่ชัดเจน (motion artifact) โดยเฉพาะภาพของหลอดเลือดแดงโคโรนารี การเต้นของหัวใจที่ผิดจังหวะจะทำให้ได้ภาพที่ไม่ต่อเนื่องและทำได้เฉพาะ sinus rhythm เท่านั้น นอกจากนี้ภาพที่อยู่ใกล้เคียงกับตำแหน่งที่มีแคลเซียมเกาะเป็นปริมาณมากจะไม่ชัดเจนเนื่องจากมีการกระจายของรังสี

การประเมินการตีบตันของหลอดเลือดแดงโคโรนารี

MSCT สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการตีบตันของหลอดเลือดแดงโคโรนารีได้ เทคนิคการทำจำเป็นต้องฉีดสารทึบรังสี ระยะเวลาตั้งแต่ฉีดสารทึบรังสีจนถึงเวลาที่สารทึบรังสีมีปริมาณมากสุดตรงตำแหน่งหลอดเลือดแดง aortic root จะถูกวัดและการถ่ายภาพจะเริ่มขึ้นอย่างอัตโนมัต สารทึบรังสีจะถูกฉีดด้วยอัตราเร็ว 3.5 มิลลิลิตร / วินาที และปริมาณที่ให้จะขึ้นกับอัตราการเต้นของหัวใจและจำนวนสไลด์ที่ตัด สารทึบรังสีจำนวน 80-90 มิลลิลิตร จะผ่านส่วนตัดขวางของหัวใจหนา 3 มิลลิเมตรในขณะหายใจเข้าเต็มที่ โดยเครื่องจะใช้ความเร็วในการถ่ายภาพ 100 มิลลิวินาทีต่อภาพ

ภาพที่ได้จะถูกประมวลร่วมกับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ECG รวมใช้เวลาในการถ่ายภาพ 20-35 วินาที โดยหนึ่งภาพจะมีความหนา 0.5 มิลลิเมตร เนื่องจากภาพที่ได้จะไม่ชัดถ้าหัวใจเต้นเร็ว จึงมีการให้ยา Betablocker ก่อนทำเพื่อให้หัวใจเต้นช้ากว่า 60 ครั้ง / นาที

ถึงแม้ MSCT จะเป็นเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาไม่นานนัก แต่ก็มีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง MSCT และ invasive coronary angiography ในผู้ป่วยมากกว่า 400 คนใน 7 การศึกษา(1-7) (ตารางที่1) โดยมี sensitivity 92-92% specificity 86-93% ในการตรวจการตีบตันของหลอดเลือดแดงโคโรนารีที่ >50 % แต่ก็ยังมีส่วนของหลอดเลือดแดง โคโรนารีประมาณ 20% ที่ไม่สามารถทำการประเมินได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวกวนต่าง ๆ เช่น การหายใจ (respiratory artifact),หินปูนที่เกาะตามหลอดเลือด (coronary calcification)หรือการเคลื่อนไหว (motion artifact)

การเคลื่อนไหวของผู้ป่วยอาจหลีกเลี่ยงโดยการสอนให้ผู้ป่วยกลั้นหายใจให้เป็น ส่วนการเคลื่อนไหวของภาพมักจะเกิดที่หลอดเลือดแดง Right coronary artery และ Left circumflex artery เนื่องจากหลอดเลือดทั้งสองอยู่ใกล้กับห้องหัวใจ atrium ซึ่งจะมีการบีบตัวในช่วงเวลาที่ห้องหัวใจ ventricle คลายตัวซึ่งตรงกับช่วงเวลาที่เราประมวลภาพ อีกทั้งหลอดเลือดทั้งสองยังเรียงตัวในแนวตั้ง ฉากกับภาพที่ตัดไว้ ทำให้ได้ภาพของหลอดเลือดแดงทั้งสองไม่ชัด การแก้ไขได้โดยการถ่ายภาพ ใน ช่วงเวลาที่ ventricle คลายตัวในเวลาต่างกัน (เพื่อหลีกเลียงช่วงเวลาที่ atrium บีบตัว) การถ่าย ภาพให้เร็วขึ้น การตัดภาพในมุมต่าง ๆ แล้วนำภาพเหล่านั้นมาทำการสร้างภาพ

MSCT เป็นวิธีการที่ดีในการประเมินการตีบตันของหลอดเลือดแดงโคโรนารีในส่วนต้นและส่วนกลาง แต่ส่วนปลายและแขนงย่อยโดยเฉพาะที่มีขนาดเล็กว่า 2 มิลลิเมตร จะได้ภาพที่ไม่ค่อยชัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1: การศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง MSCT และ CAG ในการประเมินการตีบตันของหลอดเลือดแดงโคโรนารี

	Year	Stenosis	Terhnique	Gating	Number of Patients	ARI	Sensitivity	Specificity	PPA	NPA	OV ACC
Knez et al.[149]	2001	≥50 %	MSCT	R	43	94% (358/387)	78% (301/308)	98% (301/308)	84% (39/46)	96% (301/321)	93% (340/367)
Achenbach et al.[150]	2001	>50 %	MSCT	R	64	68% (170/256)	85% (40/47)	76% (99/130)	56% (40/71)	93% (99/106)	78% (139/177)
		>70 %	MSCT	R			91% (32/35)	84% (117/139)	59% (32/54)	98% (117/120)	86% (149/174)
Nieman et al.[151]	2002	≥50 %	MSCT	R	53	70% (358/513)	82% (47/51)	93% (276/307)	66% (47/78)	97% (276/280)	90% (323/358)
Vogl et al.[152]	2002	>50 %	MSCT	R	64	72% (688/959)	73% (58/79)	99% (955/960)	92% (58/63)	98% (955/976)	97% (1013/1039)
Giesler et al.[153]	2002	>70 %	MSCT	R	100	71% (285/400)	91% (51/56)	89% (223/229)	89% (51/57)	98% (223/228)	96% (274/285)
Nieman et al.[154]	2002	≥50 %	MSCT	R	59	96% (214/231)	95% (82/86)	86% (125/145)	97% (125/129)	80% (82/102)	90% (207/231)
Ropers et al.[155]	2003	>50 %	MSCT	R	77	88% (270/308)	92% (57/62)	93% (194/208)	80% (57/71)	97% (194/199)	93% (251/270)
Total					460	77% (2347/3054)	85% (406/475)	94% (2290/2426)	79% (449/569)	96% (2247/2332)	93% (2696/2901)

ABBREVIATIONS : ARI = arteries (segments) nterpretable by multislice (MS) CT: NPA = negative predictive accuracy; OV ACC = overall accuracy ; PPA = positive predictive accuracy; R = retrospective.

การประเมิน Calcium score

วิธีการวัด calcium score โดย MSCT จะมีวิธีการที่แตกต่างกันแล้วแต่ระบบการถ่าย ภาพ และบริษัทที่ผลิตเครื่อง โดยทั่วไปจะตัดภาพประมาณ 40 ภาพ ติดต่อกัน หนา 2.5 – 3 มิลลิเมตร ตำแหน่งที่มีหินปูนเกาะ (calcified) จะถูกกำหนดโดย 2 หรือ 3 pixels ที่ติดกันที่มี tomography density มากกว่า 90 หรือมากกว่า 130 Housfield units (HU) ขนาด Pixels ที่เหมาะสมคือ 512 x512 pixels โดยคำนวณเป็น matrix = 0.26 ลูกบาศก์มิลลิเมตร โดยใช้ 26 เซนติเมตร field of vision การวัด calcium score จะวัดเป็น Agatston method (initial) density of > 130 HU โดยที่ตำแหน่งที่ calcified แต่ละตำแหน่งจะถูกคูณด้วย factor ดังนี้คือ 1. สำหรับตำแหน่งที่มี density 130-199 HU , 2. สำหรับ 200-299 HU, 3. สำหรับ 300-299 HU และ 4. สำหรับ >400 HU.Total calcium coronary calcium score (CACS) จะคำนวณ โดยผลรวมของตำแหน่งที่ Calcified ในหลอดเลือดแดงโคโรนารีทั้งสี่เส้น

การมีแคลเซียมเกาะบนหลอดเลือดแดงโคโรนารีและความรุนแรงของการตีบตันของหลอดเลือด

การตีบตันของหลอดเลือดแดงโคโรนารีที่ ≥50 % โดยการฉีดสารทึบรังสี CAG มักจะมี calcium เกาะบนหลอดเลือดแดงโคโรนารีเกือบทั้งหมดโดยวิธี EBCT แต่ความรุนแรง ของการตีบตันโดย CAG ไม่ได้สัมพันธ์โดยตรงกับ total CACS มีการศึกษาที่ดู 723 เซ็กเมนท์ ของหลอดเลือดแดงโคโนนารี(8) พบว่าความรุนแรงของการตีบตันจะมากขึ้นถ้ามี calcium score สูงขึ้น แต่เป็นความ สัมพันธ์ที่ยังไม่ดีพอและพบว่าตำแหน่งที่ไม่มี calcium เกาะอยู่เกือบทั้งหมด จะมีความสัมพันธ์กับการตีบของหลอดเลือดแดงโคโรนารี <50% โดยเฉพาะ <20% ข้อมูลนี้บ่งบอกถึงการที่หลอดเลือดแดงโคโรนารีที่ไม่มี calcium เกาะเป็นตัวบอกถึงโอกาสในการเกิดการตีบตันของหลอดเลือดแดงโคโรนารีต่ำมาก

ปัจจุบันมี 15 การศึกษาที่เปรียบเทียบ EBCT กับ CAG ในการประเมินการตีบตันของหลอดเลือดแดงโคโรนารีที่มากกว่า 50% (9-23) ในการศึกษาเหล่านี้พบ sensitivity ประมาณ 39% และมี 2 รายงานการวิจัยที่บ่งบอกว่า CACS>100 จะบ่งบอกโอกาสการเกิดโรคหลอดเลือดแดงโคโนนารีตีบตันได้ sensitivity และ specificity 80% (24,25) ถึงอย่างไรก็ตาม American College of

Cardiology / American Heart Association (ACC/AHA) guideline ยังไม่แนะนำให้ทำ coronary angiogram ถ้าพบว่ามี EBCT ที่ให้ผลบวก

แคลเซียมบนหลอดเลือดแดงโคโรนารีและโอกาสเกิดกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด

Mirandaและคณะได้ทำการศึกษาผู้ป่วย 223 คน ที่ไม่มีอาการกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดทำ EBCT และ SPECT ผลไม่พบผู้ป่วยที่มี CACS < 100 ที่มีความผิดปกติของ SPECT แต่พบความผิดปกติของ SPECT ได้ 4.1% ในผู้ป่วยที่มี CACS 101-400 และพบความผิดปกติ ของ SPECT 15% ในผู้ป่วยที่มี CACS > 400 โดยที่สรุปว่าค่าที่ดีที่สุดสำหรับ CACS ในการ คาดการณ์เกิด SPECT ที่ผิดปกติในการศึกษาที่เท่ากับ 400 (26)

แคลเซียมบนหลอดเลือดแดงโคโรนารีและการพยากรณ์โรค

ในการศึกษาไปข้างหน้าหนึ่งรายงานมีผู้ป่วย 632 คน ที่ปกติดีมาทำการวัด CACS และติดตามผู้ป่วยเพื่อดูโอกาสเสียชีวิตและการเกิด nonfatal myocardial infarction พบว่ามีอุบัติการณ์การเกิดโรคหัวใจหรือเสียชีวิต 0.3 % ในผู้ป่วยที่มี EBCT ปกติและเพิ่มขึ้นถึง 13 % ในผู้ป่วยที่มี CACS > 400 (27) (ตารางที่ 2) การมี CACS < 100 ยังสัมพันธ์กับการที่ CAG ปกติและการเกิด stress-induced myocardial ischemia < 1% ในผู้ป่วยด้วย (28,29) จนปัจจุบันยังไม่มีการใช้ CT-derived CACS ในการพยากรณ์โรค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2: อุบัติการการเกิดโรคหัวใจหรือเสียชีวิตในผู้ป่วยที่มีมีอาการโดยใช้ Calcium Scores (Cardiac Event Rates in Asymptomatic Subjects Based on Absolute and Relative Coronary Artery Calcium Scores)

Absolute Calcium Score	Event Rate Death/NFMI
0	0.3%(1/292)
1-99	5.5%(12/219)
100-400	10.8%(8/74)
> 400	12.8%(6/47)
Calcium Score Percentile	
< 50th	1.1%(4/351)
> 50th	8.2%(23/281)
> 75th	10.5%(19/18)
> 90th	11%(11/93)

การประเมินโรคหัวใจแต่กำเนิด

MSCTเป็นวิธีการที่ดีในการประเมินโรคหัวใจแต่กำเนิด นอกจากจะสามารถบ่งบอกส่วนของหัวใจและหลอดเลือดที่ผิดปกติเป็นอย่างดีแล้ว MSCT ยังสามารถคำนวณ intracardiac shunt (30,31), ประเมินการทำงานของ Right และ Left ventricles(32), วัดมวลของหัวใจ (32-35) และประเมินการทำงานของลิ้นหัวใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย