

## 허혈성 심장 질환의 One-stop Evaluation Protocol: Myocardial Fusion PET Study

영남대학교병원 핵의학과 PET센터

김경목 · 이병욱 · 이동욱 · 김정수 · 장영도 · 방찬석 · 백종훈 · 이인수

### One-stop Evaluation Protocol of Ischemic Heart Disease: Myocardial Fusion PET Study

Kyong Mok Kim, Byung Wook Lee, Dong Wook Lee, Jeong Su Kim, Yeong Do Jang, Chan Seok Bang,  
Jong Hun Baek and In Su Lee

*Department of Nuclear Medicine, Yeungnam University Medical Center, Daegu, Korea*

**Purpose:** In the early stage of using PET/CT, it was used to damper revision but recently shows that CT with MDCT is commonly used and works well for an anatomical diagnosis. This hospital makes the accuracy and convenience more higher in the diagnosis and evaluate of coronary heart disease through concurrently running myocardial perfusion SPECT examination, myocardial PET examination with FDG, and CT coronary artery CT angiography(coronary CTA) used PET/CT with 64-slice. This report shows protocol and image based on results from about 400 coronary heart disease examinations since having 64 channels PET/CT in July 2007. **Materials and Methods:** An Equipment for this examination is 64-slice CT and Discovery VCT (DVCT) that is consisted of PET with BGO ( $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ ) scintillation crystal by GE health care. First myocardial perfusion SPECT with pharmacologic stress test to reduce waiting time of a patient and get a quick diagnosis and evaluation, and right after it, myocardial FDG PET examination and coronary CTA run without a break. One-stop evaluation protocol of ischemic heart disease is as follows. 1) Myocardial perfusion SPECT with pharmacologic stress: A patient is injected with  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 10 mCi and does not have any fatty food for myocardial PET examination and drink natural water with ursodeoxycholic acid 100 mg and we get SPECT image in an hour. 2) Myocardial FDG PET: To reduce blood fatty content and to increase uptake of FDG, we used creative oral glucose load using insulin and Acipimox to according to blood acid content. A patient is injected with  $^{18}\text{F}$ -FDG 5 mCi for reduction of his radiation exposure and we get a gated image an hour later and get delay image when we need. 3) Coronary CTA: The most important point is to control heart rate and to get cooperation of patient's breath. In order to reduce a heart rate of him or her below 65 beats, let him or her take beta blocker 50 mg ~ 200 mg after a consultation with a doctor about it and have breath-practices then have the examination. Right before the examination, we spray isosorbide dinitrate 3 to 5 times to lower tension of vessel wall and to extension a blood wall of a patient. It makes to get better the shape of an anatomy. At filming, a patient is injected CT contrast with high pressure and have enough practices before the examination in order to have no problem. For reduction of his radiation exposure, we have to do ECG-triggered X-ray tube modulation exposure. **Results:** We evaluate coronary artery stenosis through coronary CTA and study correlation (culprit vessel check) of a decline between stenosis and perfusion from the myocardial perfusion SPECT with pharmacologic stress, coronary CTA, and can check viability of infarction or hibernating myocardium by FDG PET. **Conclusion:** The examination makes us to set up a direction of remedy (drug treatment, PCI, CABG) because we can estimate of effect from remedy, lesion site and severity. In addition, we have an advantage that it takes just 3 hours and one-stop in that all of process of examinations run in succession and at the same time. Therefore it shows that the method is useful in one stop evaluation of ischemic heart disease. (*Korean J Nucl Med Technol 2010;14(2):33-37*)

**Key Words :** Myocardial perfusion SPECT, myocardial FDG PET, coronary artery CT angiography, one-stop

- Received: September 3, 2010. Accepted: September 17, 2010.
- Corresponding author: **Kyong Mok Kim**  
Department of Nuclear Medicine, Yeungnam University Medical Center,  
317-1, Daemyeong 5-dong, Namgu, Daegu, 705-717, Korea  
Tel: +82-053-620-3125, Fax: +82-053-625-3126  
E-mail: moki2533@hanmail.net

## 서 론

PET/CT의 사용 초기에는 CT장치가 주로 감쇠보정용으로

로만 사용되었으나 최근에는 128채널 CT를 장착한 장비까지 상용화가 되어 우수한 진단적 가치가 있는 장비가 되었다. PET와 CT에서 획득한 영상을 함께 판독에 이용함으로써 좀 더 정확한 검사결과를 가져올 수 있음은 누구도 알고 있는 사실이다.

그래서 본원에서는 심근생존능을 평가하는데 있어서 약물 부하 myocardial perfusion SPECT검사와 FDG를 이용한 심근영상검사 그리고 PET/CT에 장착된 64-slice CT를 이용한 coronary artery CT angi검사를 동시에 실행함으로써 인하여 검사의 신뢰도를 한층 높이고 있다.

2007년 6월에 64채널 PET/CT가 도입된 이후로 약 400건의 myocardial PET fusion CT study를 시행한 경험을 바탕으로 그 protocol과 image를 정리하였다.

**Table 1.** Specification of GE Health Care Discovery VCT

| Description                               | Type or Dimension |
|---|-------------------|
| PET subsystem                             |                   |
| Crystal material                          | BGO               |
| Number of rings of crystals               | 24                |
| Number of crystals per ring               | 560               |
| Number of block per ring                  | 70                |
| Crystal size (mm <sup>3</sup> )           | 4.7×6.3×30        |
| Physical ring diameter (mm <sup>3</sup> ) | 886.2             |
| Axial FOV (mm)                            | 157               |
| Transaxial FOV (mm)                       | 700               |
| CT subsystem                              |                   |
| Gantry aperture (mm)                      | 700               |
| 64-slice lightspeed                       |                   |

**Table 2.** Materials required for examination

| 검사명  | Myocardial PET      | Coronary Artery CT Angio (CTA) |
|------|---------------------|--------------------------------|
| 재료종류 | FDG 5 mCi           | 18 G I.V catheter 1개           |
|      | 혈당측정기               | 3way stop-coke 1개              |
|      | Glucose 50 g        | Betaloc 100 mg 1 T             |
|      | NSAID 500 mg 1 T    | CT Contrast 110 mL             |
|      | Acipimox 250 mg 2 T | Contrast injector (dual)       |
|      | Electolode 3개       | Isoket spray                   |

**Table 3.** Information needed to test drugs

| 의약품(일반명)             | 제품명                        | 효과   |
|----------------------|----------------------------|--|
| Acipimox             | Acipimox Cap 250 mg(일동)    | 유리지방산과 triglyceride의 혈중 농도를 감소시키는 제2세대 nicotinic acid 유도체이다.<br>지방조직에 작용하여 지방분해(lipolysis)를 감소시키고, lipoprotein-lipase를 자극함으로써 VLDL의 이화작용을 촉진한다 |
| NSAID                | NSAID Tab 500 mg (근화)      | 보통 진통소염제라 부르는 비스테로이드성 항염제(NSAID, nonsteroidal anti-inflammatory drugs)는 염증성 질환의 치료와 각종 급만성 질환에 동반되는 발열 및 통증의 완화를 위해 널리 쓰는 약물이다.                |
| Metoprolol tartrate  | Betaloc Tab 100 mg(유한)     | 고혈압, 협심증, 빈맥성 부정맥  |
| Isosorbide dinitrate | Isoket Sparay 2.5 g/100 mL | 협심증, 좌심부전을 수반하는 급성 심근경색, 폐부종.<br>혈관확장(흥분에 의해 혈관벽 근육의 긴장을 낮추고 혈관을 확장 시키는 것)   |

## 실험재료 및 방법

### 1. 장비의 재원

본 검사에 사용되는 PET/CT 장비는 64-slice CT와 Bismuth Germanate (BGO)섬광결정을 이용하는 PET로 구성된 GE health care의 discovery VCT (DVCT)를 사용하였으며 기본장비 사양은 다음과 같다(Table 1).

### 2. 검사재료

#### 1) 검사에 따른 재료의 종류

약물부하 myocardial perfusion SPECT검사에 관한 재료는 널리 알려져 있으므로 본 연재에서는 생략하기로 하며 그 외의 검사에 필요한 재료는 Table 2에서 기술하고자 한다.

#### 2) 검사에 필요한약품 정보

Myocardial PET fusion CT 검사를 위해서는 다음과 같은 약제를 사용함으로써 그에 대한 성분과 효과를 간략하게 설명하고 있다(Table 3).

### 3. 검사방법

검사하기 전 환자 정보를 찾아서 혈압, 맥박수, 당뇨치수를 미리 체크하여 검사계획을 세운다. 검사의 순서를 살펴보

면 약물부하 myocardial perfusion SPECT검사, myocardial PET 검사, coronary artery CT angio(이하 CTA) 순서로 실행한다.

1) 약물부하 myocardial perfusion SPECT검사

약물부하 myocardial perfusion SPECT검사를 먼저 시행하며 환자의 피폭경감을 위해서 <sup>99m</sup>Tc를 10 mCi 이하로 주사한다. 그리고 다음 검사(myocardial PET)를 위해서 지방식을 먹지 않고 우루사 100 mg 1 T와 생수를 함께 복용하게 한다.

2) Myocardial PET 검사

약물부하 myocardial perfusion SPECT검사가 끝남과 동시에 다음 검사인 myocardial PET 검사를 위해서 당뇨병자와 당뇨가 없는 환자를 구분한다. PET검사에 있어서 당뇨병의 유무는 무엇보다도 중요하다는 것을 다 알고 있을 것이다. 하지만 myocardial PET검사에 있어서 당뇨병의 유무는 검사의 실패를 결정짓는 가장 중요한 요인이다. 그 이유는 다음과 같다. 심근은 에너지원으로 포도당도 사용하지만 지방산도 사용할 수 있다. 혈중 포도당 농도가 높으면 심근은 포도당을 에너지원으로 사용한다. 그런데 혈중 포도당 농도가 낮으면 심근은 포도당을 사용하지 않고 지방산을 사용한다. 왜냐하면 심근에서 포도당을 사용하면 혈중 포도당 농도가 더 낮아지므로 두뇌에서 사용할 포도당 농도가 낮아져서 혼수상태에 이를 가능성이 높아지기 때문이다. 따라서 혈중 포도당 농도가 낮을 때는 FDG영상이 전혀 나타나지 않을 때가 있다(Fig. 1). 그렇다면 심근이 포도당을 사용하도록 조절해주는 역할은 무엇이 할까? 바로 인슐린이 주로 하고 있다. 따라서 인슐린이 분비되지 않는 당뇨병환자의 경우 혈중 포

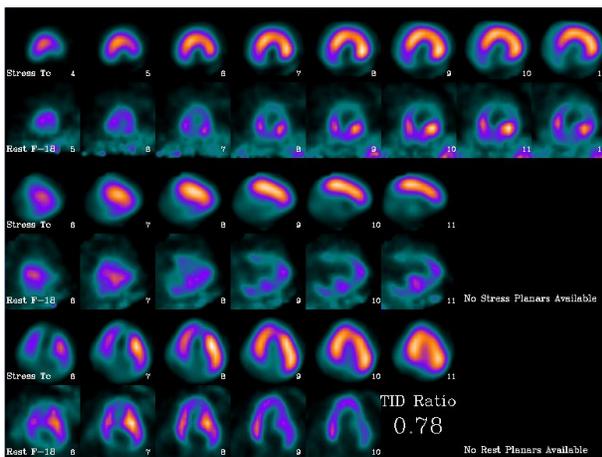


Fig. 1. Myocardial perfusion SPECT image and myocardial PET image

도당 농도가 높아도 FDG가 심근에 흡수 되지 못해서 영상이 나타나지 않을 수 있기 때문이다.

먼저 당뇨가 없는 환자인 경우, Blood Sugar Test(이하 BST)를 체크하여 150 mg/dL 이하인 경우 glucose 50 g, NSAID 500 mg와 Acipimox 500 mg를 복용케 하고, 30분 후에 다시 BST를 체크하여 150 mg/dL 이하인 경우 Betaloc 1 T를 복용케 하고 FDG 5 mCi를 주사하고 1시간 정도 안정한 후 촬영을 한다. 그러나 glucose 50 g을 복용케 하고 30분 후 BST를 체크하여 150 mg/dL 이상일 경우 대증적 요법을 통하여서 BST를 낮추고자 노력을 하여야 한다. 이때 인슐린은 투여하지 않는다. 다시 30분 후에 BST를 체크하여 150 mg/dL 이하인 경우 위와 같은 방법으로 검사를 시행하게 된다(Fig. 2).

다음으로 당뇨병자인 경우 BST가 150 mg/dL 이하인 경우에는 인슐린 1 unit를 주사함과 동시에 glucose 25 g, NSAID 500 mg와 Acipimox 500 mg를 복용케 한다. 그리고 30분 후에 BST를 체크하여 150 mg/dL 이하인 경우 Betaloc 1 T를 복용한 후 FDG 5 mCi를 주사하고 1시간 정도 안정한 후 촬영을 한다. 만약 150 mg/dL 이상일 경우에는 인슐린 1 unit를 재주사하고 30분 후에 BST를 체크하여 150 mg/dL 이하일 경우 검사를 시행하고 150 mg/dL 이상이 되면 의사와 상의하여 BST를 낮출 수 있는 방법을 간구한다. 그리고 당뇨병이면서 BST가 150 mg/dL 이상일 경우 인슐린 1 unit를 주사함과 동시에 glucose 12.5 g, NSAID 500 mg와 Acipimox 500 mg를 복용케 한다. 그리고 30분 후에 BST를 체크하여 150 mg/dL 이하인 경우 위와 같은 방법으로 검사를 시행한다. 만약 150 mg/dL 이상이 될 경우 인슐린 1 unit를 재주사하고 30분 후에 BST를 체크하여 150 mg/dL 이하일 경우 검사를 시행하고 그 이상일 경우에는 의사와 상의한다. 그 외에 당뇨병환자 중 BST가 120 mg/dL 이하로 너무 낮을 경우 인슐

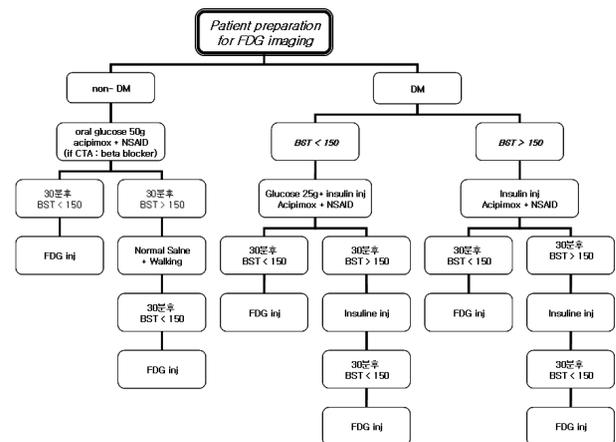


Fig. 2. Myocardial PET Protocol

린 투여 없이 glucose 12.5 g을 투여하고 30분 후에 BST를 체크하여 검사의 유무를 결정하며, 반대로 BST가 200 mg/dL 이상일 경우에는 인슐린 2 unit를 주사함과 동시에 glucose 12.5 g, NSAID 500 mg와 Acipimox 500 mg를 함께 복용케 하고 그 후의 과정은 전과 동일하게 한다. 여기에서 주의할 점은 반복적인 인슐린 투여로 인하여 갑자기 BST가 낮아져 쇼크를 일으킬 수 있으므로 환자의 상태에 대해 의사와 지속적으로 소통하여야 하며 환자를 주의 깊게 잘 살펴야 할 것이다.

Image scan은 gated영상을 얻으며 1 bed로 충분하고 10분 간 image를 얻는다.

3) Coronary artery CT angiography (CTA)

PET image를 얻은 후 바로 CTA를 시행 한다. 이 검사에 있어서 가장 중요한 포인트는 heart rate(이하 HR) 이다. 이때 target HR은 65회 이하이다. 그래서 myocardial PET 검사를 위해서 BST를 체크할 때 환자의 HR도 함께 체크하여 Betaloc 100 mg을 1/2~2 T를 의사와 상의하여 복용케 한다.

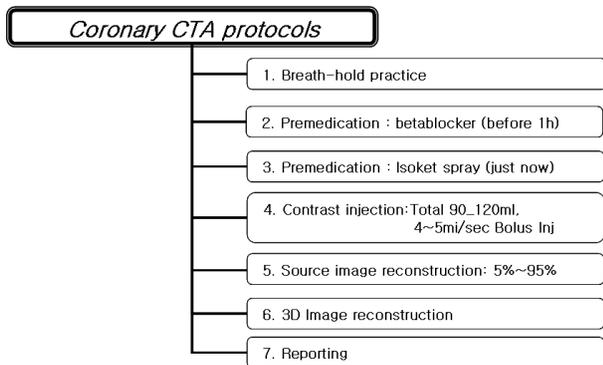


Fig. 3. Coronary Artery CT Angiography protocol

시간을 두고(1시간 이상) HR를 체크하여 목표 HR에 도달하면 검사를 시행한다. 만약 목표 HR에 도달하지 못한다면 의사의 판단에 의해 Breviblock을 I.V하여 목표 HR에 도달시켜 검사를 시행할 수도 있다.

그리고 검사 바로 직전에는 Isoket spray를 3~5회 정도 분사하여 혈관벽 근육의 긴장을 낮추고 혈관을 더욱더 확장시켜서 coronary artery의 해부학적인 모양을 더욱 잘 나타낼 수 있도록 도와준다.

CTA검사를 위해서는 조영제를 4.0~5.0 mL/sec 속도로 아주 강한 압력으로 주입을 하기 때문에 사전에 환자의 오른쪽 상박에 18 gauge angio catheter를 확보해 놓아야 한다. 또한 조영제를 주입하기 전에 테스트를 충분히 하여 검사에 차질이 없도록 하여야 한다. 그리고 조영제를 주입하면 환자는 머리, 가슴, 아랫배가 뜨거워지는 느낌을 받을 수 있는데 환자에게 미리 주지시켜 놀라서 움직이는 일이 없도록 하여야 한다.

호흡 또한 중요하다. 검사 동안에 약 15초 간 숨을 멈추어야 되는데 이때 숨을 잘 멈추지 못해서 영상이 흔들린다거나, 숨을 너무 깊이 들며 마시고 멈추어서 해부학적인 위치가 변형되어 검사의 실패의 원인을 가져 올 수 있기 때문에 숨을 멈출 때는 편안한 상태에서 멈추어야 한다(Fig. 3).

결 과

Coronary CTA를 이용하여 coronary artery stenosis를 평가하며, 약물부하 myocardial perfusion SPECT로 coronary CTA에서 보인 stenosis와 perfusion 저하의 상관관계를 검토(culprit vessel 확인)하고, FDG PET으로 hibernating

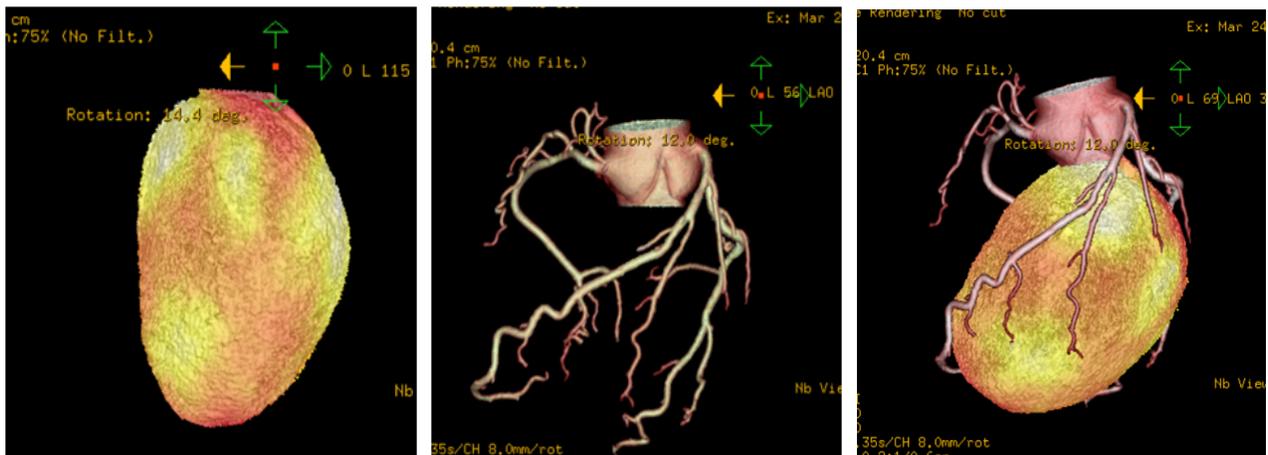


Fig. 4. On the left side from the PET image, Coronary Artery CT image, Fusion image

myocardium 또는 infarction site의 viability를 확인할 수 있다(Fig. 4).

## 고찰

한 가지 검사로 lesion site와 severity 및 치료에 대한 반응 예측이 가능함으로 약물치료, PCI, CABG 등 치료방향을 설정할 수 있다. 또한 모든 검사 과정들이 연속적으로 동시에 이루어지기 때문에 짧은 시간(3시간) 내에 one-stop으로 검사를 종료할 수 있는 큰 장점을 가지게 된다.

그러므로 이 검사법은 ischemic heart disease의 one-stop evaluation에 있어서 유용한 protocol로 보여진다.

## 요약

관상동맥질환의 진단 및 평가에 있어서 myocardial perfusion SPECT검사와 FDG를 이용한 myocardial PET검사 그리고 PET/CT에 장착된 64-slice CT를 이용한 coronary CT angiography를 동시에 실행함으로써 검사의 신뢰도와 편의성을 한층 더 높이고자 한다.

먼저 약물부하 myocardial perfusion SPECT검사를 먼저 시행한다. 환자의 피폭경감을 위해서 <sup>99m</sup>Tc-MIBI 10 mCi 로 주사하며 myocardial PET검사를 위해서 지방식을 먹지 않고 ursodeoxcholic acid 100 mg을 생수와 함께 복용하게 하여 1 시간 후에 SPECT 영상을 얻는다.

이어서 myocardial FDG PET검사를 시행한다. 혈중의 지방산 농도를 낮추고 심장의 FDG섭취율을 증가시키기 위해 혈중 포도당 농도치에 따라 insulin과 Acipimox를 함께 사용하는 독창적인 경구 당 부하법을 사용하였으며, 환자의 피폭 경감을 위해서 <sup>18</sup>F-FDG 5 mCi를 주사하고 1시간 후에 10분간 gated 영상을 얻으며 필요시 delay 영상을 얻는다.

PET검사가 끝남과 동시에 환자는 동일한 position을 하고

연속해서 coronary CTA를 시행한다. 이 검사에서 가장 중요한 것은 심박동수 조절과 환자의 호흡협조이다. 심박동수를 65회 이하로 낮추기 위해 beta blocker 50 mg~200 mg을 의사와 상의하여 복용케 하고 호흡법을 충분히 연습을 시키다. 검사 직전에 isosorbide dinitrate를 3~5회 분무하여 혈관벽의 긴장을 낮추고 혈관을 확장시켜서 coronary artery의 해부학적 형태를 더욱 잘 나타낼 수 있게 한다. 촬영 시 CT 조영제를 4.0~5.0 mL/sec의 압력으로 주입하며 촬영을 한다.

Coronary CTA를 이용하면 coronary artery stenosis가 잘 보이며, 약물부하 myocardial perfusion SPECT로 coronary CTA에서 보인 stenosis와 perfusion저하의 상관관계를 검토(culprit vessel 확인)할 수 있으며, FDG PET으로 hibernating myocardium 또는 infarction site의 viability를 확인할 수 있다.

한 가지 검사로 lesion site와 severity 및 치료에 대한 반응 예측이 가능함으로 약물치료, PCI, CABG 등 치료방향을 설정할 수 있다. 또한 모든 검사 과정들이 연속적으로 동시에 이루어지기 때문에 짧은 시간(3시간) 내에 one-stop으로 검사를 종료할 수 있는 큰 장점을 가지게 된다. 그러므로 이 검사법은 ischemic heart disease의 one-stop evaluation에 있어서 유용한 protocol로 보여진다.

## REFERENCES

1. Young Hee Lee, Cha, Nam, Im, Shin, Cho, Shin1. Performance Evaluation of a High Resoulution PET/CT Using NEMA NU2-2001. *Kor J Nucl Med Technol* 2007;178-179
2. www.kimsonline.co.kr Volum.1106
3. 정재민. 심근영상과 압영상에 사용되는 c-11-초산(의학신문 연재). www.digitalBOSA.com, 2005
4. 김윤정. Coronary CTA. *GE imagination at work* 2007;49-90.
5. 고창순. 핵의학, 고려의학, 2008;349-379
6. PET의 달인되기, 군자출판, 2007;149-159