

## 심장핵의학의 현황과 전망

서울대학교 의과대학 핵의학교실  
정준기

### Current Status and Future Perspective of Nuclear Cardiology

June-Key Chung, M.D., Ph.D.

Department of Nuclear Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

Coronary artery disease is on the rise over the world. Myocardial perfusion SPECT is a well established technique to detect coronary artery disease and to assess left ventricular function. In addition, it has the unique ability to predict the prognosis of the patients. Moreover, the application of ECG-gated images provided the quantitative data and improved the accuracy. This approach has been proved to be cost-effective and suitable for the emerging economies as well as developed countries. However, the utilization of nuclear cardiology procedures vary widely considering the different countries and region of the world. Korea exits 2-3 times less utilization than Japan, and 20 times than the United States.

Recently, with the emerging of new technology, namely cardiac CT, cardiac MR and stress echocardiography, the clinical usefulness of nuclear cardiology has been called in question and its role has been redefined. For the proper promotion of nuclear cardiology, special educations should be conducted since the nuclear cardiology has the contact points between nuclear medicine and cardiology.

Several innovations are in horizon which will impact the diagnostic accuracy as well as imaging time and cost savings. Development of new tracers, gamma camera technology and hybrid systems will open the new avenue in cardiac imaging. The future of nuclear cardiology based on molecular imaging is very exciting. The newly defined biologic targets involving atherosclerosis and vascular vulnerability will allow the answers for the key clinical questions. Hybrid techniques including SPECT/CT indicate the direction in which clinical nuclear cardiology may be headed in the immediate future. To what extent nuclear cardiology will be passively absorbed by other modalities, or will actively incorporate other modalities, is up to the present and next generation of nuclear cardiologists. (Nucl Med Mol Imaging 2009;43(3):159-164)

**Key Words:** Nuclear cardiology, myocardial perfusion SPECT, coronary artery disease

## 서 론

심혈관질환은 전 세계적으로 남녀 공통으로 사망률 1위인 질환이다. 흔히들 많이 더 높은 사망률을 보인다고 생각하고 있으나, WHO 자료에 의하면 심혈관질환이 암보다 2-3배 높아 매년 세계적으로 1750만명이 사망한다. 문제는 사망률이 계속 증가하고, 일생 중 활동이 가장 왕성한 중년기에서 빈발하고 있다는 점이다. 주지하는 바와 같이 비만, 당뇨, 식생활의 변화, 금연, 고혈압 등 심혈관질환의 위험요

소가 계속 증가하고 있기 때문이다.

심장핵의학(Nuclear cardiology)은 심혈관질환의 진단에 사용하는 핵의학적 촬영과 분석 방법으로 핵의학 중에서도 특수한 분야로 정립되어 있다. 심장핵의학은 Table 1에서와 같이 방사성핵종을 불루스로 주사 후 심혈관 및 심장내 순환을 촬영하는 방사성핵종 심혈관촬영술(radionuclide cardiac angiography), ECG와 게이트하여 심장의 기능을 분석하는 심장풀스캔, 심근경색을 영상화하는 Tc-99m pyrophosphate 스캔, 심근관류 SPECT, 방사성핵종 정맥촬영술, 림프촬영술을 포함한다. 그러나 현재 대부분의 병원에서는 관상동맥질환을 진단하는 심근관류 SPECT가 주류를 이루고 있다.

심장핵의학은 1971년 Strauss와 Zaret가 게이트 심장혈액풀스캔(gated blood pool scan)을 개발하고,<sup>1)</sup> 한편 1975년 thallium-201를 이용한 심근스캔이 개발되면서 본격적으로 임상에 이용되기 시작되었다. 곧이어 SPECT가 개발되

- Received: 2009. 6. 20. • Revised: 2009. 6. 24.
- Accepted: 2009. 6. 25.
- Address for reprints: June-Key Chung, M.D., Ph.D., Department of Nuclear Medicine Seoul National University Hospital, 28 Yongon-dong, Chongno-gu, Seoul 110-744, Korea  
Tel: 82-2-760-2501, Fax: 82-2-760-7690  
E-mail: jkchung@plaza.snu.ac.kr

고 컴퓨터를 이용한 영상분석법 발전하여 임상적으로 강력한 영상도구가 되었다. 한편 Tc-99m 관류제제, PET 용 방사성의약품도 속속 개발되어 현재 미국에서는 심근관류 SPECT 검사의 반은 Tc-99m 제제를 사용하고 있다. 심장 기능과 혈류, 대사를 객관적으로 평가할 수 있는 정량법도 개발되고 영상의 질을 개선하기 위한 감쇠 및 산란보정 등 새로운 기술이 도입되었다. 근자에 심전도를 게이트하여 심근관류 SPECT 검사로 심근벽 운동, 심근벽 수축을 분석하고 심실의 확장기말 용적, 수축기말 용적, 구혈률(ejection fraction) 등 심근 기능을 다양하게 평가할 수 있어 실제로 ECG 게이트 심장풀스캔을 대치하게 되었다.<sup>2)</sup>

앞서 말한 바와 같이 전 세계적으로 경제 개발과 생활 양식의 변화로 관상동맥질환이 급격히 증가하였고 이에 상응하는 영상법으로 심근관류 SPECT 검사가 증가하게 되었다. 관류 SPECT 검사는 관상동맥질환의 진단과 좌심실 기능을 가장 잘 평가하여, 구미 선진국에서 관상동맥질환에서 가장 많이 쓰이는 영상방법이다. 이제는 관상동맥질환 진단 뿐 아니라 치료효과 판정과 경과관찰, 환자의 예후 및 위험도 평가에 사용하고 있다. 또한 좌심실 구혈률은 심부전 환자에서 심장사망(cardiac death)을 예측하는 데에 가장 좋은 지표이다. 심장핵의학 방법은 삼차원적으로, 작업자의 오류가 없는 자동화 방법으로, 좌심실의 변형에 관계없이 정확하게 구혈률을 측정하는 방법이다.<sup>3)</sup>

우리나라에서는 1970년대 초 통상적인 감마카메라를 이용하여 방사성핵종 심혈관촬영술을 시도한 바 있으나 임상에 이용하지는 않았다.<sup>4)</sup> 1978년 서울대학교병원 핵의학과

에 영상분석용 컴퓨터시스템이 도입된 이후 심장내 단락(shunt)을 촬영하고 정량화하는 심혈관촬영술, ECG 게이트 심장풀스캔이 본격화 되었다.<sup>5)</sup> 1980년대 초 SPECT 시대가 열리면서 우리나라에서도 심근관류 SPECT가 사용되기 시작하였고, 의료보험에서 수가를 지급함에 따라 중요한 검사방법으로 자리를 잡게 되었다.

전세계적으로 핵의학 분야의 활성화 정도와 심장학의사의 관심에 따라 심장핵의학 이용도에 큰 차이가 있다. 심근관류 SPECT의 경우 임상학사가 직접 관여하여 빨리 보급되는 경우가 많다. 심장핵의학은 선진국에서 후진국보다 7배 많이 사용하고 있다. 그러나 선진국에서도 의료제도와 환경에 따라 사용도가 다르다. 미국, 캐나다에서는 일본, 유럽보다 더 많이 사용하고, 영국에서는 빈도가 낮다.

우리나라 심장핵의학 검사 수는 2000년대 초까지는 꾸준히 증가하다가 2000년대 중, 후반에 정체하고 있다(Table 2). 아직도 임상학사에게 홍보가 덜 되어있고 최근 다슬라이스CT로 관상동맥조영술이 가능한 점도 이유이다. 선진국에서는 보편적으로 이용되어 미국에서는 1996년 300만 건, 2001년 600만 건, 2008년 900만 건을 검사하고 있고 가까운 일본에서도 연간 40여만 건의 심장핵의학 영상검사를 실시하고 있다. Table 3에서 보는 바와 같이 인구 백만명 당 심장핵의학 검사 건수는 일본이 한국보다 2-3배가 많다. 또한 미국은 일본보다 10배 더 많다. 물론 미국에서 관상동맥질환이 많은 이유도 있지만, 일본과 비교하여도 우리나라에서 심장핵의학 검사가 적게 시행되어 앞으로 더 확대시킬 여지가 있다.

Table 1. Items of Nuclear Cardiology

1. Radionuclide angiocardiology
2. ECG gated cardiac blood pool scan
3. Myocardial scan
1) Myocardial perfusion scan
2) Infarct-avid scan
3) Fatty acid scan
4) Sympathetic innervation scan
4. Positron emission tomography
5. Radionuclide venography
6. Radionuclide lymphangiography

## 위험과 도전

### 1. 위험

현대 의학에서 영원히 계속 사용하는 검사 방법은 점차 줄어들고 있다. 의학과 관계 학문의 발전에 따라 새로운 방법이 계속 개발되기 때문이다. 서로 다른 영상 검사가 경쟁하고, 새로운 방법으로 대체되기도 한다. 현재는 심장핵의학 검사에도 위험이 있는 시점이다. 과거에는 심초음파

Table 2. Number of Nuclear Cardiology Studies in Korea

Item	1991	1997	2001	2004	2008
Myocardial perfusion SPECT	2,040	21,960	52,000	57,700	57,600
Pyrophosphate scan	450	550	260	40	50
Gated blood pool scan	2,900	4,980	2,990	2,300	3,840
Radionuclide angiocardiology	540	430	450	530	1,190
Venography	1,630	3,020	1,440	1,040	880
Total	7,560	30,940	57,140	60,610	63,560

**Table 3.** Number of Myocardial Perfusion SPECT (number/million population/year)

1. Developed countries	
USA	25,000
Canada	12,000
EU	2,140
Japan	3,150
UK	1,200
2. Asia	
Australia	3,640
Singapore	3,300
Korea	1,200
Iran	930
New Zealand	730
India	360
3. Latin America	
Argentina	5,380
Brazil	4,350
Uruguay	2,310
Colombia	1,610
Mexico	960

(echocardiography)가, 현재에는 CT 관상동맥조영술(coronary angiography)과 심장 MR이 위협이 되고 있다. 이들 검사는 해상력이 좋은 장점이 있고, 심장핵의학의 기법을 그대로 복사하여 심실 기능 분석도 가능하다. 조영제의 개발에 따라 심근 허혈, 경색을 구별하고 심근벽도 구별하여 내심근벽, 외심근벽의 허혈 여부를 감별하고 조기 진단을 가능하게 하여주고 있다.<sup>2,6)</sup>

관상동맥의 CT 조영술이 가장 강력한 경쟁 상대로 대두되고 있다. 병원에 따라서는 심근관류 SPECT를 대체하고 있기도 하다. 관상동맥의 진단이 우선적으로 해부학적 협착 정도를 gold standard로 하고 있기 때문이고, 침습적이던 x-레이 관상동맥조영술을 쉽게 할 수 있다는 장점이 크게 부각되고 있다. 그러나 CT 조영술은 심장 박동, 호흡 및 환자의 움직임과 조영제 사용, 방사선 피폭량 등에서 문제가 있고, 아직도 x-레이 조영술 보다 해상력에 차이가 있다. 과거에 관상동맥조영술이 심장관류검사를 대체하지 못한 경우처럼 관류 변화는 해부학적 협착과 반드시 일치하지 않는다. 또한 관상동맥환자의 예후 예측에 해부학적 손상 보다는 기능적 손상 정도가 더 중요하고, 아직 CT의 예후 예측에 대한 장기간의 자료가 없어 당분간은 핵의학적 방법이 사용될 것이다. CT의 지연영상으로 관류와 생존능을 평가하는 분야는 현재 연구 중에 있다. 심장핵의학 검사는 외래에서 실시하기 때문에 비용효과 면에서 다른 방법보다 월등하다. 나라마다 의료수가에 차이가 있지만 일반적으로, x-레이나 CT 조영술 보다 23-41% 비용을 절감한다. Fusion technology의 발달로 SPECT/CT와 PET/CT가 사용되고 있어 심근질환에서 구조와 기능 변화를 동시에 판

단할 수 있는 방향으로 발전할 것으로 생각한다.

심장 MR도 발전하고 있다. MRI는 공간해상력이 아주 우수하고, 조직 간의 영상대비가 뚜렷하여 심장구조를 관찰할 수 있다. 심전도 게이트 방법이 도입되어 심기능 분석이 가능하고, 관류 분석도 시도되고 있다. 그러나 영상 원리상 MR의 영상신호가 정말로 관류변화와 일치하는지 불확실하고, 고가의 장비, 오랜 촬영 시간 등 문제점을 내포하고 있다. 심장 내 금속장치물을 가진 환자에서 사용할 수 없고, gadolinium의 신장독성이 문제가 된다. 앞으로 발전 방향과 핵의학 영상과의 보완은 주의 깊게 추적하여야 한다.

Intravascular ultrasonography(IVUS)는 혈관조영술에서 볼 수 없는 혈관 내강 밖의 plaque를 영상화한다. 침습적인 방법이지만 안정된 plaque와 위험한 plaque를 감별할 수 있어 앞으로 유용하게 사용될 가능성이 많다. 아직 초창기이고, 침습적이며 고도의 전문성이 요구되고 있다.

## 2. 기회

그러나 위기는 새로운 도전의 기회이기도 하다. 우리 핵의학 영상은 심혈관계의 기능과 대사를 볼 수 있는 장점이 있다. 최근 MR로도 기능과 대사 관찰이 가능하다는 연구가 진행되고 있으나, 아직도 많은 예를 분석한 결정적인 연구가 없고 예민도에 있어서 원리상 핵의학 검사가 가장 높을 수 밖에 없다. MR은 병소와 정상 부위를 영상신호 차이로 구별하여야 하나, 핵의학 검사는 극미량의 추적자라도 가능하기 때문이다. 과거에 심초음파가 등장하면서 심장핵의학 검사가 위축된다는 염려도 있었으나 실제로는 각자 보완하여 성장하였다.

앞으로도 핵의학 검사가 계속 유용하게 사용되기 위하여서는 몇 가지 조건이 있다. 우선 핵의학 검사가 임상가에게 유용한 정보를 주고 환자 진료에 도움이 되어야 한다. 관상동맥 협착의 해부학적인 정보에 더하여 심근관류의 변화, 심근 기능의 변화와 측부 혈관의 발달, 대사의 변화를 보여주고, 이를 이용한 질병 정도와 위치의 해석이 치료방침의 결정, 예후 판단에 얼마나 중요한지를 보여 주어야 한다. 둘째로 이를 위하여 심장핵의학 분야의 교육이 충분히 되어야 한다. 우리는 핵의학 기기, 방사성의약품 등 핵의학 지식 뿐만 아니라, 심질환의 역학, 기전, 위험요소, 병태생리, 증상, 치료 등 심장병에 대한 지식이 충분하여야 한다. 특히 경쟁 상대인 영상법의 장단점을 숙지하여야 한다. 셋째로 심질환의 각 임상 상황에서 어느 경우에 어떻게 핵의학 영상이 도움을 줄 수 있는지를 알고, 이를 동료 임상가와 상의하고 실천하도록 만들어야 한다.

이를 위하여 우리가 교육 뿐 만 아니라 검사의 표준화,

정도관리, 영상분석법의 통일 등의 학회 차원의 노력이 필요하다. IAEA에서도 필요성을 인식하여 아시아지역에서 2009년에서 2011년까지 “strengthening and standardizing nuclear medicine applications in cardiology in Asia through education and training” 이라는 지역사업을 수행하고 있다. 여기에 우리가 적극적으로 참여하여야 한다.

마지막으로 핵의학 검사의 판독이 매우 중요하다. 의학이 세분화되어 각자의 영역이 깊어지고 환자가 증가하고 있어, 임상 의사는 영상을 보지 않고 판독에 의존하는 경우가 많다. 판독지에는 핵의학 검사의 검사과정, 영상조건, 결론 뿐 아니라 심장 스트레스 부하 시 소견과 임상소견도 기술하여야 한다. 반드시 이 환자의 현재 상황에 대한 정확한 해석과 앞으로의 진료 방향을 제시하여야 한다. 당연히 다른 영상과 비교하고 그 의미를 기술하여야 한다.

### 심장핵의학의 최근 발전

몇 가지 분야에서 발전하고 있다. 새로운 방법들은 진단도를 높일 뿐 아니라 시간과 비용을 줄일 수 있다. 우리는 이런 장점을 살려서 심장핵 의학을 재정립하는데 노력하여야 한다.

#### 1. 약물 스트레스법

현재 가장 많이 사용되고 있는 아네노신 외에 도부타민과 여러 혈관확장제가 일부 사용되어 왔다. 최근 Regadenoson 같이 A2A 수용체에 만 작용하는 순수 관상동맥 확장제가 개발되었다. 이미 미국 FDA의 허가를 얻어 임상 결과가 주목된다.

#### 2. 새로운 방사성의약품

심질환에 대한 깊은 이해와 분자생물학의 발전으로 동맥경화와 위험 plaque 형성에 관여하는 여러 분자수준의 물질을 찾아내고 있고, 이를 이용한 영상법이 연구되고 있다. 조식기능에 대한 특이적인 지표들, 예를 들면 Tc-99m 글루카레이트로 조식괴사, Tc-99m 나이트로이미다졸로 저산소증, Tc-99m Annexin V로 세포자멸사(apoptosis)를 영상화한다. 이러한 의약품을 F-18로 표지하여 PET 검사도 가능하고, RGD 펩티드에 F-18을 표지하여 신생혈관 정도를 분석한다. 앞으로는 질병의 병태생리적인 기전에서 비관혈적으로 평가할 수 있고 올바른 치료법 선택에서도 중요한 역할을 할 것이다. 또한 동맥경화의 분자구조물에 대한 항체나 펩티드에 핵종을 표지하여 위험 plaque를 영상화하여 관상동맥질환의 진단과 치료에도 이용할 수 있게 되었다.<sup>6,7)</sup>

SPECT는 상대적 혈류를 비교하는 영상법이기에 때문에 모든 관상동맥에 병변이 있을 때 진단에 문제가 된다. O-15 water, Rb-82, N-13 ammonia를 이용하여 혈류량의 절대값을 구할 수 있게 되었다. 그러나 이런 핵종은 반감기가 짧아 사이클로트론이 반드시 있어야 한다. 최근 F-18표지제로 혈류를 정량분석할 수 있는 화합물이 개발되고 있다.<sup>8,9)</sup>

I-123 MIBG나 BMIPP 같은 새로운 의약품은 교감신경의 분포, 심근 지방산 대사를 영상화 한다. 임상적으로는 순간적인 심근허혈을 진단한다.

#### 3. 기기 및 영상분석법

영상법으로는 더 좋은 해상력과 예민도를 보이는 개선된 SPECT, PET 기기가 개발되고 있다. 감마카메라는 심근 주위 장기에서 오는 감마선을 줄이기 위하여 앉은 자세나 서 있는 자세에서 심장을 전용으로 촬영하는 기기가 개발되었다. 고민감도를 가진 검출기가 개발되어 핵종의 투여량을 줄이고, 단시간 촬영과 두 가지 핵종의 동시영상이 가능하다.

무엇보다도 미래는 융합영상시대이다. SPECT/CT와 PET/ CT는 심장질환에서도 이미 임상에 이용되고 있고, PET과 MR의 fusion 기기도 심장핵의학 검사에 도입될 것이다. 이들의 결합은 지금으로는 예측이 불가능한 새로운 의학영상 시대를 가져올 가능성도 있다.

### 발전을 위한 제안

우선 심장핵의학 서비스를 강화하여야 한다. 궁극적으로는 임상가가 유용한 정보를 얻어야 계속 이용할 수 있다. 이를 위하여서는 핵의학 의사가 임상적으로 요구하는 정보가 무엇인지 확실하게 알아야 하고, 이 영상검사의 결과가 환자 진료에 어떤 영향을 미치는지를 숙지하고 있어야 한다. 이러한 정보가 판독지에 모두 반영하여야 한다.

어떻게 생각하면 지금은 심장핵의학 진흥의 또 다른 기회이다. 시장경제의 자유성과 이로 인한 빠른 진보를 다른 분야에서 경험 한 바와 같이 임상치료에서도 이 원리가 적용된다. 일찍이 Hippocrates가 “life is short, and (medical) art long” 이라고 하여 의학은 상당기간 변하지 않은 것으로 이야기하였으나 지금은 의학과 기술의 빠른 개발로 의학은 하루가 다르게 변화하고 있다. 상대 영상분석법과의 치열한 경쟁에 따라 새로운 심장핵의학 방법이 개발될 것이다. 심장핵의학은 인체 생리에 근거한 기능영상, 대사영상이라는 장점이 있고, 질병의 병태에 근거한다는 특성이 있다.

새로운 발전을 위하여서는 우리는 다른 분야의 발전을

속지하여 이를 심장핵의학 분야에 응용하여야 한다. 예로 혈관의 동맥경화에 관여하는 세포 증식, 염증, 자멸사와 새로운 혈관생성에 관여하는 분자수준의 기전을 이용하여 새로운 방사성의약품을 개발한다. 다른 영상법의 발전에도 주목하여 융합영상으로 상승효과를 얻어야 한다. 미래는 확실히 융합영상의 시대가 된다. 여기에서 심장핵의학이 어느 정도 기여하느냐, 즉 수동적으로 다른 영상에 흡수되느냐 또는 능동적으로 다른 영상을 결합시키느냐는 온전히 우리 심장핵의학 전문가의 몫이다.

앞으로 심장핵의학의 이용을 증대시키기 위해서는 첫째, 심장전문가들이 핵의학 검사에서 기대하는 것이 무엇인지 알아야 하고, 둘째로 핵의학검사법의 질 관리방법이나 정보 획득기술이 발전할 수 있도록 노력하여야 한다. 셋째로는 핵의학 검사의 장점을 홍보차원에서 알려야 하며, 끝으로 다른 검사와의 상호관계와 경제적인 이점을 종합적으로 판단하여야 한다. 따라서 심장검사법의 기술적 범위, 진단적 가치, 환자 결과에 미치는 영향, 치료에 주는 영향, 그리고 환자 결과에 미치는 영향에 대해 철저히 평가되어야 한다.

### 1. 교육 홍보

핵의학 의사 중 전문가를 육성하여야 한다. 심장병의 생성과 병리를 이해하고 다른 영상법의 장단점 정통하여야 한다. 임상 심장외과와 병의 진단과 치료에 대하여 의논하고 자문을 할 수 있는 상대가 되어야 한다. 이들을 육성하여 일반 핵의학 분야의 의사를 교육하고, 임상 일반인에게 핵 의학을 홍보하여야 한다. 이를 원활하게 진행하기 위하여 국제원자력기구(IAEA), 세계심장핵의학회(International Society of Nuclear Cardiology)와 긴밀하게 연계되어야 한다.

기사, 방사약학자, 의공학자의 교육도 필수적이다. 핵의학기사는 직접 촬영하고 영상을 처리하기 때문에 심장핵의학 검사에 대한 탄탄한 기초 지식과 능력을 갖추어야 한다. 관련 전문가의 교육은 현 상태의 심장핵의학 서비스를 잘 하기 위하여서 만 아니라 새로운 방사성의약품, 소프트웨어, 기기를 개발하는데 이들의 교육과 관심이 증추가 된다.

### 2. Standard protocol, 우리나라 자료 작성

우리의 내부도 더욱 건실화하여야 한다. 검사 절차를 표준화하여 가장 적절한 방법을 제시하고 우리의 자료를 모아 공식화하여야 한다. 또한 심근관류 SPECT이외에도 아직 유용하게 사용할 수 있는 심장핵의학의 다른 방법을 홍보하여야 한다. 예를 들면, 선천성 심장병의 단락을 수술 전에 정량분석하고 수술 후 경과를 관찰하는데 심혈관촬영술

을 사용하도록 적극 홍보하여야 한다. 정맥촬영술, 림프관영술도 더 많이 사용할 수 있다. 이 방법은 아주 간편하고 비침습적이기 때문에 이들 질환의 선별, 감별에 유용하게 쓰인다.

### 3. 미래 개발

새로운 분석법, 영상 기기, 방사성의약품을 개발하여야 한다. 특히 심근의 신경지배, 수용체, 저산소증, 약물 반응 기전 등을 영상 분석할 수 있는 새로운 방사성의약품이 필요하다. 각 화합물은 새로운 영상시대를 여는 창문이기 때문이다. 또 기존 영상법의 새로운 임상 적용 분야도 적극적으로 찾아 보아야 한다. 과거에 아드리아마이신의 심근독성을 게이트 심장풀스캔으로 아주 유용하게 평가하여 임상에 큰 도움을 준 예가 있다. 최신 치료법으로 각광을 받고 있는 줄기세포 치료에서 줄기세포에 방사성핵종을 표지하여 생체 분포를 모니터하고, 리포티유전자를 삽입하여 생체 내 이동과 분화과정을 영상화할 수 있다.<sup>10)</sup> 줄기세포 치료 후 병소의 기능 및 대사 회복은 기존의 심장핵의학 방법으로 충분히 평가할 수 있다.<sup>11)</sup>

결론적으로 지금은 위기의 때이고, 도약의 기회이기도 하다. 더 나아가 Fusion technique 시대에서 우리는 미래에 대한 진취적 자세를 가지고 적극적으로 도전하여야 한다. 과거 30여년 동안 심장핵의학은 심근 기능과 대사분석으로 심질환 진료에 막대한 공헌을 하여 왔다. 앞으로 심장병에 대한 깊은 지식을 가지고, 연계 학문의 발전을 능동적으로 흡수하여 심장핵의학의 새로운 장을 열어야 한다. 물론 미래의 성패는 우리의 실력이 좌우할 것이다.

### References

1. Strauss HW, Zaret BL, Hurley PJ, Natarajan TK, Pitt B. A scintiphotographic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. *Am J Cardiol* 1971;28:575-80.
2. Wackers FJ Th. Third Annual Mario S. Verani, MD. Memorial lecture: the future of clinical nuclear cardiology. *J Nucl Cardiol* 2005;12:381-91.
3. Marcassa C, Bax JJ, Bengel F, Hesse B, Petersen CL, Reyes E, et al. Clinical value, cost-effectiveness, and safety of myocardial perfusion scintigraphy: a position statement. *Eur Heart J* 2008;29: 557-63.
4. Kim KY, Koh CS, Lee M. Diagnostic validity of RI angiocardiology in cardiac diseases. *Korean J Nucl Med* 1972;6: 21-39.
5. Chung J-K, Park SY, Ryu PY, Cho BY, Kim BK, Koh C-S. A study on the radionuclide cardiac angiography in the various heart diseases. *Korean J Nucl Med* 1979;13:7-14.

6. Zaret BL. Second Annual Mario S. Verani, MD, Memorial Lecture: nuclear cardiology, the next 10 years. *J Nucl Cardiol* 2004;11:393-407.
7. Davies JR, Rudd JF, Fryer TD, Weissberg PL. Targeting the vulnerable plaque: the evolving role of nuclear imaging. *J Nucl Cardiol* 2005;12:234-46.
8. Bacharach SL. The new-generation positron emission tomography/computed tomography scanners: implications for cardiac imaging. *J Nucl Cardiol* 2004;11:388-92.
9. Parkash R, deKemp RA, Ruddy TD, Kitsikis A, Hart R, Beauchesne L, et al. Potential utility of rubidium-82 PET quantification in patients with 3-vessel coronary artery disease. *J Nucl Cardiol* 2004;11:440-9.
10. Inubushi M, Tamaki M. Radionuclide reporter gene imaging for cardiac gene therapy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2007;34(Suppl 1):S27-33.
11. Kang WJ, Kang HJ, Kim HS, Chung JK, Lee MC, Lee DS. Tissue distribution of F-18 FDG labeled peripheral hematopoietic stem cells after intracoronary administration in patients with myocardial infarction. *J Nucl Med* 2008;47:1295-301.