

관상동맥 질환 진단에서 ATP부하 Tl-201 심근 관류 SPECT의 안전성과 유용성

아주대학교 의과대학 핵의학교실, 순환기 내과학교실¹

배문선 · 박찬희 · 윤석남 · 김 원¹ · 김한수¹

= Abstract =

Safety and Feasibility of Thallium-201 Myocardial SPECT with Intravenous Infusion of Disodium Adenosine Triphosphate (ATP) in the Diagnosis of Coronary Artery disease

Moonsun Pai, M.D., Chan H Park, M.D., Seoknam Yoon, M.D.
Won Kim, M.D.¹ and Hansoo Kim, M.D.¹

*Departments of Nuclear Medicine and Cardiology¹, Ajou University
College of Medicine, Suwon, Korea*

Purpose: ATP (adenosine triphosphate) is a potent coronary vasodilator with a rapid onset of action and a very short half-life. Myocardial perfusion scintigraphy with intravenous ATP has not yet been sufficiently proven in the diagnosis, follow-up, and risk stratification of coronary artery disease. The purpose of this study was to evaluate the safety, feasibility and diagnostic accuracy of pharmacologic stress thallium-201 myocardial SPECT using an intravenous ATP infusion in patients with suspected coronary artery disease. **Materials and Methods:** Thallium-201 myocardial SPECT in 319 patients with suspected coronary artery disease were performed after the infusion of ATP (0.08 mg/kg/min for 6 min). The adverse effects were carefully monitored. Coronary angiography was also performed within 3 weeks. **Results:** Although 76.5% of the patients had some adverse effects, they were transient, mild, and well tolerated. In all patients, the ATP infusion protocol was completed and only 2 patients required aminophylline. The adverse effects were dyspnea in 63%, headache in 31%, flushing in 21%, chest pain in 14% and abdominal discomfort in 5% of the patients. The sensitivity and specificity were 80% and 90% respectively. **Conclusion:** Thallium-201 myocardial SPECT after 6 min-infusion of ATP at a rate of 0.08 mg/kg/min is safe and has a diagnostic value in detecting coronary artery disease. (Korean J Nucl Med 1998;32:250-8)

Key Words: thallium-201, disodium adenosine triphosphate, coronary artery disease

Corresponding Author: Chan H. Park M.D., Department of Nuclear Medicine, Ajou University Hospital, San 5 Wonchon-dong, Paldal-Gu, Suwon, Kyunggi-Do 442-749, Korea
Tel: (0331) 219-5948(7), Fax: (0331) 219-5950
E-mail: chpark@madang.ajou.ac.kr

서 론

운동부하 심근관류 스캔은 관상동맥 질환의 진단

및 예후 판정에 있어서 그 유용성이 널리 알려져 있다^{1,2)}. 그러나 일부 허혈성 심질환 환자는 동반된 중추신경 질환이나, 근골격계 이상, 관절염, 고령, 말초혈관 질환으로 운동이 불가능한 경우가 많아서 선택적으로 관상동맥을 확장시키는 약물을 투여하는 약물부하 심근관류 스캔이 사용되고 있다^{3,5)}. 약물 부하 약제는 dipyridamole이 가장 많이 사용되어 왔으나, 혈중 반감기가 길어 부작용이 오래 지속되는 단점이 있다. Adenosine은 관상동맥에 직접 작용하고 반감기가 10초 이내로 짧아 부작용이 생긴 경우 adenosine 투여 중지로 빠른 회복을 기대 할 수 있다. 또한 adenosine을 이용한 약물 부하 심근관류 스캔은 운동 부하 심근관류 스캔과 유사한 진단적 가치를 지니고 있음이 알려져 있다^{6,8)}. 그러나 adenosine은 부작용 빈도가 높고 그 중 방실 차단 위험도가 높다. 안정형인 disodium adenosine triphosphate (ATP)도 역시 효과적인 관상동맥 확장제로 알려져 있으며⁹⁾, premature supraventricular tachycardia (PSVT)의 단기 치료제로 널리 사용되어¹⁰⁾ 왔

음에도 불구하고 ATP의 주입 용량 및 부작용과 안전성에 대해 확실히 알려져 있지 않다. 또 ATP는 adenosine이나 dipyridamole보다 가격이 저렴하여 경제적인 장점이 있다. Watanabe 등¹¹⁾은 dipyridamole과 ATP의 주입 용량에 따른 관상동맥 혈류예비능을 측정된 결과 ATP 0.15 mg/kg/min이 혈관확장에 효과적이었고, 관상동맥질환을 진단 하는 데에도 유용하며 안전한 것으로 보고 하였다. Yonezawa 등¹²⁾도 ATP부하로 인한 심각한 부작용은 경험하지 않았으며 진단율도 매우 높았다고 하였다.

이에 저자들은 관상동맥 질환자 및 관상동맥 질환이 의심되는 환자들을 대상으로 ATP 부하 심근관류 single photon emission computed tomography (SPECT)를 시행하여, ATP 투여시 발생하는 부작용의 빈도와 안전성, 그 진단적 가치에 대해 알아보았다.

대상 및 방법

1. 대 상

1996년 1월부터 1996년 7월까지 아주대학교 병원에서 관상 동맥 질환이 있거나 의심되어 핵의학과에 의뢰되어 ATP 부하 TI-201 심근관류 SPECT를 실시한 환자 319명을 대상으로 하였다. 남자가 166명, 여자가 153명이었고 평균 연령은 56세였다. 수축기 혈압이 80 mmHg 이하의 심한 저혈압, 불안정성 협심증, 최근 일주일 이내의 급성 심근 경색증, 2

Table 1. Characteristics of 319 Patients

age (yr)	56.5±12 (range: 20-86)
M:F	166:153 (52%: 48%)
systemic hypertension	122 (38%)
DM	37 (12%)
smoking	115 (36%)
EF(%)	65.3±12

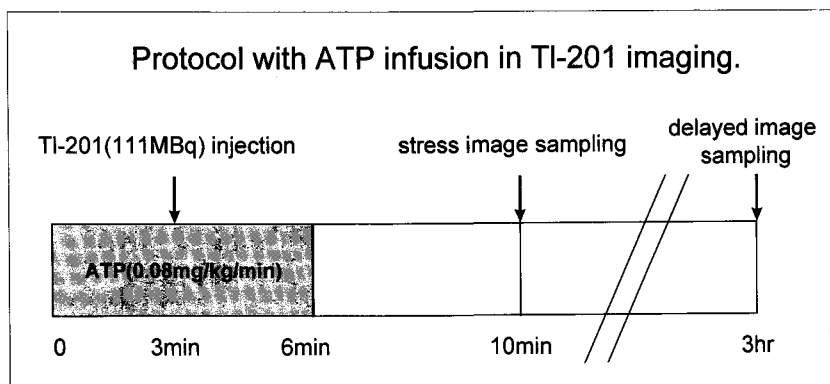


Fig. 1. Protocol of ATP stress TI-201 myocardial SPECT: ATP was infused at a rate of 0.08 mg/kg/min for 6 min.

도 이상의 방실전도 장애, 천식 및 만성폐쇄성 폐질환 등이 있는 환자들은 대상에서 제외되었다. 대상 환자들의 임상적 특성을 보면, 안정시 심전도 변화가 있었던 경우 201명(Q wave 29명), 고혈압 122명, 당뇨병 37명, 흡연자 115명, 심박출계수는 65%이었다(Table 1).

2. 방 법

1) ATP부하

검사 당일 아침에 모든 심혈관계 약물을 중단하고 커피, 콜라, 차 등의 카페인 이 든 음료는 24시간 이상 금하고 공복 상태에서 시행 하였다. ATP는 0.08 mg/kg/min으로 주입 펌프를 통해서 6분간 계속 주사 하였고, 주사 시작 3분 후에 Tl-201 3 mCi (111 MBq)를 정맥 주사하였고 ATP주입 시작 10분 후에 영상을 얻었다(Fig. 1). 안정시 및 ATP주사 동안과 주사 후 4분간 계속하여 1분마다 혈압, 맥박수,

12-lead 심전도를 기록 하였고, ATP투여와 관련된 증상을 환자에게 문의하여 기록하였다.

2) Tl-201 심근관류 SPECT

심근관류 SPECT는 Tl-201주입 시작 후 7분과 3시간 후에 시행하였다. 심근 절편은 세개의 심장축에 맞추어 연속적으로 보아 각 관상동맥의 영역에 따라 심근관류를 평가하였다. 재분포 여부는 3시간 영상에서 육안적으로 판단하였다. 심근관류 SPECT는 관상동맥 조영술의 소견을 모르는 핵의학 의사에 의해 판독 되었다. 세 개의 주관상동맥이 지배하는 혈관 영역은 중격과 전벽은 left anterior descending artery (LAD), 후벽과 하벽은 right coronary artery (RCA), 측벽은 left circumflex artery (LCX) 관류 영역으로 나누어 관상동맥 조영술과 비교 하였다 (Fig. 2). 순수한 심첨부의 관류 결손은 어떤 관상동맥 영역에도 포함시키지 않았다.

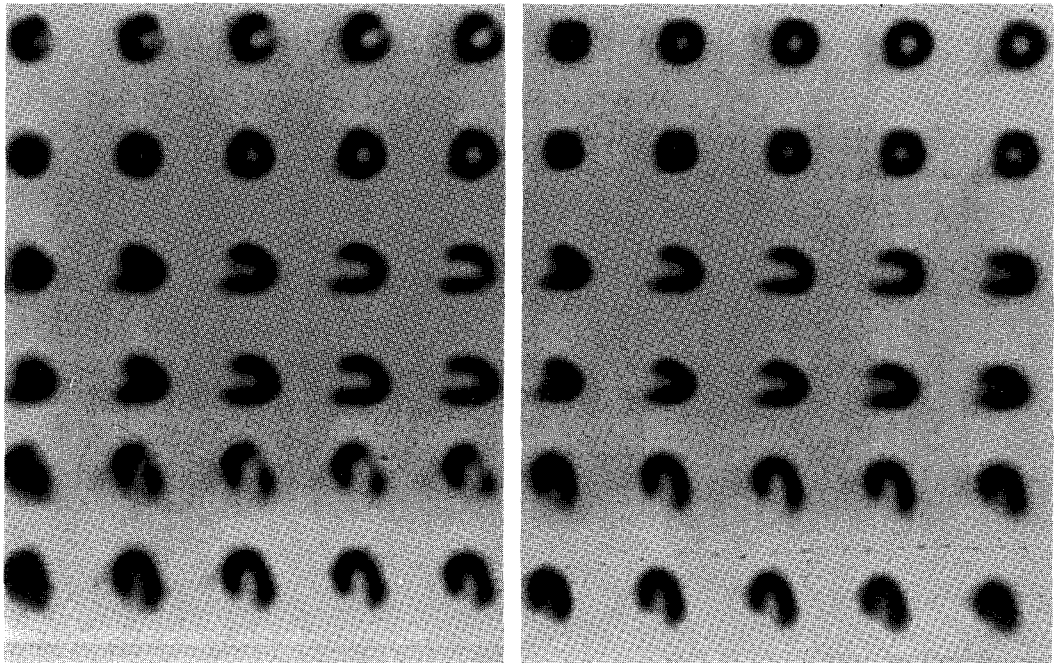


Fig. 2. Tl-201 single photon emission computed tomography (SPECT) following pharmacologic stress using disodium adenosine triphosphate (ATP) demonstrates reversible defect at lateral segment (left). Coronary angiography depicted 80% stenosis of the left circumflex artery where stenting procedure was performed. A follow-up myocardial Tl-201 SPECT using ATP (right) revealed normal myocardial perfusion.

Table 2. Hemodynamic Effects of Adenosine Triphosphate in 319 Patients

	Baseline	Peak effect	p-value
Heart rate (beat/min)	69.69 ± 14	84.97 ± 15	<0.001
Systolic BP (mmHg)	121.32 ± 22	102.72 ± 18	<0.001
Diastolic BP (mmHg)	72.67 ± 12	60.04 ± 11	<0.001
Rate-pressure product (beats/min × mmHg × 10 ³)	3.4 ± 1.3	3.6 ± 1.3	0.11

Table 3. Adverse Effects of Adenosine Triphosphate Infusion in 319 Patients

	Patients number (%)
Any adverse effect	244 (76.5%)
Dyspnea	201 (63.0%)
Headache	98 (30.7%)
Flushing	66 (20.7%)
Chest pain	44 (13.8%)
Abdominal discomfort	17 (5.3%)
ST depression (<1 mm)	26 (8.1%)
AV block (1° degree)	7 (2.2%)
No adverse effect	75 (23.5%)

Table 4. Summary of Coronary Artery Disease in 87 Patients with Coronary Angiography

Number of narrowed coronary arteries	Patients	Sensitivity
0	40 (46%)	
1	27 (31%)	77% (21/27)
2	12 (14%)	75% (9/12)
3	8 (9%)	87% (7/ 8)

3) 관상동맥 조영술

관상동맥 조영술은 경피적 혈관 천자를 이용하여 시행하였고, 관상동맥 조영술과 심근관류 SPECT 실시 기간의 차이는 3주 이내였다. 관상동맥의 협착 정도는 여러 방향에서 촬영한 관상동맥 조영 소견을 심근관류 SPECT의 결과를 모르는 심장 내과 의사의 합의에 의해 결정하였고 주관상 동맥이나 주간지의 내경이 50% 이상 협착이 있는 경우에 의미 있는 관상동맥 협착으로 인정하였다.

4) 통계적 분석

혈역학적 매개 변수 값은 평균표준 편차로 표시하였고, 관상동맥 조영술을 표준으로 심근관류 SPECT의 예민도, 특이도, 양성 예측율, 음성 예측율, 정확도를 구하였다. 유의성 검정은 Student t-test를 이용하여 p<0.05인 경우를 유의한 차이가 있다고 판정하였다.

결 과

1. ATP주입에 따른 혈역학적 변화

ATP주입에 따른 혈역학적인 변화는 Table 2에 나타내었다. ATP의 주입으로 유의한 맥박수 증가 및 수축기와 이완기 혈압의 하강이 발생하였고 rate-pressure product는 유의한 차이가 없었다. 수축기 혈압의 증가를 보인 환자는 22명(6.9%), 이완기 혈압 증가를 보인 환자는 18명(5.6%)이었고 맥박수의 감소를 보인 환자는 9명(3%)이었다.

2. ATP 투여에 따른 부작용

부작용을 호소한 환자는 244 (76.5%)명으로 호흡 곤란(63%), 두통(30.7%), 안면홍조(20.7%), 흉통(13.8%), 복부 이상감(5.3%) 등 총 426개의 부작용이 있었다. 이들 부작용은 ATP 주입이 끝난 후에 모두 소실되었다. 부작용이 전혀 없었던 환자는 75명(23.5%)이었다(Table 3). 이들 중 남자는 51명(68%), 여자는 24명(32%)이었다. 부작용은 여자에서 유의한 수준으로 발생 빈도가 더 높았고(p<0.05) 50세를 기준으로 나눈 그룹에서는 나이에 따라 차이가 없었다(p>0.05). 관상동맥 조영술 결과, 하나 이상의 관상동맥에서 유의한 협착이 있었던 군과 없었

Table 5. Diagnostic accuracy of Adenosine Triphosphate Thallium SPECT Imaging in the Detection of Individual Coronary Artery Stenosis in 87 Patients who underwent Coronary Angiography

Sensitivity	80% (60/ 75)
Specificity	90% (167/186)
Positive predictive value	92% (60/ 79)
Negative predictive value	76% (167/182)
Accuracy	87% (227/261)

던 군으로 나누었을 때 부작용 발생에 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). ATP의 조기 중단이 필요했던 경우는 없었고 2예에서 지속되는 호흡곤란으로 aminophylline 투여가 필요했다.

3. ATP부하 TI-201 심근관류 SPECT와 관상 동맥조영술 소견의 비교

관상동맥 조영술을 실시한 87명 중 47명에서 유의한 협착이 있었다. 그 중 7명의 환자에서 정상 심근관류 SPECT 소견을 보였고 휴식기에 재분포를 보인 환자는 20명, 고정 결손을 보인 환자는 9명, 재분포와 고정 결손을 동시에 보인 환자는 11명이었다. 이환된 혈관 별로 살펴 보았을 때 1혈관 질환이 27명, 2혈관 질환이 12명, 3혈관 질환이 8명이었고 1혈관 질환에 대한 예민도는 77%, 2혈관 질환에 대해서 75%, 3혈관 질환에 대해서 87%였다(Table 4). 또한 육안적인 분석에 의해 관상동맥 지배 영역별로 나누어 분석한 심근관류 SPECT 결과는 협착이 있었던 75개의 혈관 영역에서 60개에서 관류 결손이 나타나 예민도 80%였고, 유의한 협착이 없었던 186개 혈관 중 167혈관 영역이 정상으로 나타나 특이도는 90%였다. 또한 양성예측률은 92%, 음성예측률은 76%, 정확도는 87%로 나타났다(Table 5).

고 찰

1. 부하 약제로서의 ATP

운동부하 심근관류 스캔은 허혈성 심질환의 진단,

치료방침 결정 및 예후 추정에 중요한 검사로 자리 잡고 있다. 그러나 고령의 환자나 관절염 등을 비롯한 근골격계 질환자, 중추 신경계 질환자, 전신 상태가 매우 불량한 경우에는 운동부하를 시행 할 수 없다. 이렇게 운동 능력이 없으나 허혈성 심질환이 의심되는 환자에서는 운동 부하를 대신하여, 관상동맥을 확장시키는 제제를 사용한 약물 부하 심근관류 스캔이 사용 되고 있다³⁻⁵).

Gould 등¹³)이 처음으로 dipyridamole을 이용한 TI-201심근관류 스캔을 시행한 이래 운동부하를 대신하여 약물 부하 심근관류 스캔이 시행되고 있다. 관상동맥 질환자의 25-30%정도가 최대 운동부하를 할 수 없으며¹³) 이 경우 dipyridamole 부하 TI-201 심근관류 스캔은 운동을 할 수 없는 환자에서 관상동맥 질환을 진단 하는데 유용한 것으로 보고 되었다¹⁴). 또한 약물 부하로 adenosine도 이용되는데 이들 약물부하의 금기사항으로 알려진 것들은 천식이나 만성 폐쇄성 폐질환, 수축기 혈압이 80 mmHg이하의 저혈압, sick sinus 증후군, 2도 이상의 방실 전도 차단, 불안정성 협심증, 발병 1주이내의 급성 심근 경색증, 검사 12시간 내의 dipyridamole이나 theophylline이 포함된 약물을 복용한 경우 등이다.

Dipyridamole은 세포막을 통한 adenosine의 재유입과 대사를 억제하여 간접적으로 혈중 및 조직간질의 효과적인 혈관 확장제인 adenosine치를 증가 시킴으로써 작용한다. Dipyridamole의 최대 효과는 주사 후 4분 후에 나타나며 15-30분간 지속된다^{15,16}). 그러나 보통 사용 되는 0.56 mg/kg/min의 dipyridamole 용량으로는 모든 환자에서 충분한 관상동맥 확장이 어렵고¹⁷) 종종 심각한 부작용이 발생하는데 이것은 dipyridamole의 작용이 오래 지속되기 때문이며 따라서 aminophylline 주사가 필요한 경우가 많다. 또한 dipyridamole의 관상동맥 확장 작용은 간접적으로 나타나기 때문에 환자들간에 작용 정도의 차이가 있을 수 있다^{18,19}).

따라서 이런 dipyridamole의 간접적인 작용을 직접적으로 얻기 위하여 adenosine 정주가 제시되었다^{6,20}). Adenosine은 calcium의 세포내로의 유입과 adeny cyclase의 활성화를 억제하여 직접적으로 혈관 평활근을 확장시킨다. Adenosine은 특히 주사시

빠르게 작용을 나타내고 10초 이하의 반감기를 가지고 있다는 장점이 있어 부작용이 발생했을 때 aminophylline같은 길항제를 사용하지 않고 투여 중 지만므로 부작용을 회복 시킬 수 있다. Adenosine 부하검사는 비교적 안전하다고 알려져 있으나 adenosine 부하시 79-92%의 환자가 부작용을 호소하며²¹⁻²³⁾, adenosine TI-201 심근관류 스캔의 진단 성적은 dipyridamole TI-201 심근관류 스캔과 운동 부하 TI-201 심근관류 스캔과 비슷한 것으로 나타났다^{6-8,20)}.

최근에 관상동맥 질환자를 대상으로 한 ATP부하 TI-201 심근관류 SPECT에서 그 유용성이 보고되었다⁹⁾. 아데노신과 마찬가지로 ATP도 20초이내의 짧은 반감기를 가지고 있으며 다음과 같이 빠르게 대사된다²⁴⁾. : ATP → adenosine diphosphate → adenosine monophosphate → adenosine → inosine → hypoxanthine → xanthine → uric acid → allantoin. 이 대사산물의 하나인 adenosine은 purine receptor (A1 and A2 membrane adenosine receptors)에 작용하여 관상동맥 확장을 일으킨다²⁵⁾. Wilson 등²²⁾은 도플러 심도자를 이용한 연구에서 adenosine 0.14 mg/kg/min을 주사했을 때 관상동맥 혈류 속도가 최고 4.4배 증가한다고 하였고, 최근 같은 방법을 이용한 연구에서 ATP 주입량을 0.15 mg/kg/min 이상으로 하였을때 0.14 mg/kg/min의 adenosine이나 0.56 mg/kg/min의 dipyridamole과 비슷한 관상동맥 혈류 증가를 보고하였다¹²⁾. ATP가 상심실성 빈맥의 치료 목적으로 사용 될 때는 그보다 높은 주입 용량에서도 안전하게 사용 되었다^{26,27)}. ATP 주입량을 0.16 mg/kg/min과 0.18 mg/kg/min으로하여 비교 하였을 때 부작용 및 진단 성능에 큰 차이가 없었다²⁸⁾는 보고가 있고 ATP 부하와 운동부하를 비교한 연구에서도 동일한 결과를 보였다²⁹⁾. 본 연구에서는 ATP주입 용량을 0.08 mg/kg/min으로 하였는데, 이는 본원에서 실시한 도플러 심도자를 이용한 연구에서 ATP 주입량을 0.16 mg/kg/min로 했을 때의 관상동맥 확장효과와 큰 차이가 없었다(김한수, 미출판자료, 1996). ATP주사에 따른 혈액역학적인 변화에서도 유의한 맥박수 증가와 수축기 및 이완기 혈압의 하강을 보였다. 또한 ATP 부하용

량을 0.16 mg/kg/min와 0.08 mg/kg/min로하여 비교했을 때 관상동맥 질환의 진단에서 심근관류 SPECT의 예민도와 특이도에 큰 차이가 없었다(박찬희, 미출판자료, 1997).

또한 다른 관상동맥 확장제와 가격면에서 비교했을 때, ATP (600원/@×3-4개)는 dipyridamole (204원/@×3-4개)과 비교하여 큰 차이가 없고 adenosine (13,000원/@×3-4개)보다 경제적으로 매우 우수한 것을 알 수 있다.

2. ATP부하시 부작용

9,256명이 포함된 다기관 임상연구를 통한 adenosine부하 심근관류 스캔의 안전성 연구³⁰⁾에서 81%의 환자가 부작용을 경험하였고 약 20% 정도에서 용량 감소나 조기 투여 중단이 필요했으며 0.8%에서 aminophylline으로 부작용을 역전시켜야 했다. 강 등³¹⁾은 adenosine 투여에 따른 부작용을 92%로 보고하였다. 김 등³²⁾은 67%에서 부작용을 경험하였고 중도에서 adenosine 심근 부하를 종료한 경우는 2.9%, aminophylline의 투여가 필요한 경우는 0.8%였다. Miyagawa⁹⁾, Watanabe¹¹⁾ 등은 ATP부하 심근관류 SPECT에서 각각56%의 부작용을 보고하였고 중도에 ATP부하를 종료하거나 aminophylline이 필요한 경우는 없었다. 본 연구에서 76.5%의 환자에서 부작용을 경험 하였으나 이들은 대부분 일시적이고 경미하였으며 ATP 주입이 끝난 후 곧바로 소실되었다. 또 부작용 때문에 ATP주사를 중단해야하는 경우는 없었고 부작용 소실을 위해 aminophylline을 투여한 경우는 2예(0.6%)에서 있었으나 이는 심한 흉통이나 고도 방실차단 등의 심각한 부작용 때문이 아니라 중등도의 호흡곤란 때문이었다. Adenosine은 방실전도 차단 작용으로 심방성 빈맥의 치료제로 쓰이고 있어 이들 부작용 중 고도 방실차단의 발생이 많은 주목을 받고 있다. 실제로 adenosine 부하 심근스캔의 안전성연구에서 보고된 바에 따르면 고도 방실차단을 포함해 7.6-10%정도의 방실전도 차단의 부작용이 나타났다³⁰⁻³²⁾. 본 연구에서는 ATP주입에 의한 방실전도 차단은 2%로 다른 보고자들의 결과^{9,11)}와 유사하였다. 따라서 본 연구에서 사용된 ATP 부하방법은 dipyridamole이나 adenosine 과

비교했을 때 적은 부작용을 나타냈으나 ATP를 사용한 다른 연구에서 보다는 높은 빈도의 부작용을 나타내었다. 이는 조사자의 부작용 발생 조사 방식과 많은 관련이 있으리라 생각된다. 조사자가 사전에 검사의 부작용에 대해 부정적으로 설명하거나 약물 부하시 자세하게 질문하였다면 환자들이 부작용을 민감하게 호소하게 될 것이다. 반면 비교적 심각한 부작용으로 생각되는 2도 이상의 방실전도 차단이나 ATP주입을 중단해야 했던 경우는 없었고 ST절의 하강, 흉통, 1도 방실전도 차단, aminophylline같은 길항제 투여 등은 ATP를 사용한 다른 보고들과 유사한 결과를 보였다.

3. 관상동맥 질환 진단에서의 ATP 부하 Tl-201 심근관류 SPECT의 진단성능

Adenosine을 이용한 Tl-201심근관류 스캔은 예민도 83-92%, 특이도 75-90%로 보고되어 있고^{7,25,33,34}, 우리나라에서는 강 등³¹이 adenosine을 사용하여 예민도 88%, 특이도 95%를 보고하였다. ATP를 사용한 Tl-201심근관류 SPECT의 예민도와 특이도는 각각 79-98%, 80-100%의 보고가 있다^{9,11,12,28}. 운동 부하와 ATP 약물 부하의 결과를 비교한 연구에서도 ATP부하가 운동 부하나 dipyridamole 부하와 동등한 영상의 질을 보이며 진단 성능도 동등한 것으로 나타났다²⁹. 본 연구에서 관상동맥 질환의 진단을 위한 ATP 부하 심근관류 SPECT 결과 예민도는 80%, 특이도는 90%였고, 1혈관 질환, 2혈관 질환, 3혈관 질환에 대한 예민도는 각각 77%, 75%, 87%였다. ATP 주입량을 0.08 mg/kg/min로 했던 본 연구의 진단 성능은 운동 부하나 adenosine부하 때와 비견할만한 결과를 보였다.

요 약

목적: ATP는 작용 시간이 빠르고 반감기가 짧은 효과적인 관상동맥 확장제로 알려져 있어 이를 심근관류 SPECT의 부하 약물로 사용할 때에 부작용의 빈도와 안전성, 그 진단적 가치에 대해 알아 보고자 하였다. **대상 및 방법:** 관상동맥 질환이 의심되는 319명의 환자를 대상으로 ATP 부하(0.08 mg/kg/

min for 6min) Tl-201 심근관류SPECT를 실시하여 그 부작용을 조사하고 관상동맥 조영술과 비교 하였다. **결과:** 76.5%의 환자에서 부작용이 발생하였으나 일시적이고 경미하였으며, 모든 환자에서 ATP 주입을 끝낼 수 있었고 aminophylline이 필요했던 환자는 2명이었다. 관상동맥 조영술과 비교한 결과, 예민도 80%, 특이도 90% 였다. **결론:** 6분간 0.08 mg/kg/min의 ATP주입 용량을 사용한 본 연구 결과에서 ATP부하 심근관류 SPECT는 관상동맥 질환의 진단에서 adenosine이나 dipyridamole을 이용했을 때보다 부작용의 발생 빈도 및 부작용의 정도가 낮아 안전하게 사용될 수 있으며 진단 성능도 동등한 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Botvinick EH, Taradash MR, Shames DM, Parmley WW. Thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy for the clinical clarification of normal, abnormal and equivocal electrocardiographic stress tests. *Am J Cardiol* 1978;41: 43-51.
- 2) Iskandrian AS, Heo J, Askenase A, Segal BL, Helfant RH. Thallium imaging with single photon emission computed tomography. *Am Heart J* 1987;114:852-65.
- 3) Gould KL. Noninvasive assessment of coronary stenosis by myocardial perfusion imaging during pharmacologic coronary vasodilation. 1. Physiologic basis and experimental vasodilation. *Am J Cardiol* 1978;41:267-78.
- 4) Gould KL, Wecott RJ, Albro PC, Hamilton GW. Noninvasive assessment of coronary stenosis by myocardial perfusion imaging during pharmacologic coronary vasodilation. 2. Clinical methodology and feasibility. *Am J Cardiol* 1978;41:279-87.
- 5) Wilson RF, White CW. Intracoronary papaverine: an ideal coronary vasodilator for studies of the coronary circulation in conscious humans. *Circulation* 1983;68:827-33.
- 6) Nguyen T, Heo J, Ogilby JD, Iskandrian AS. Single photon emission computed tomography with thallium-201 during adenosine-induced coronary hyperemia: correlation with coronary arteriography, exercise thallium imaging and two-dimensional echocardiography. *J Am Coll Cardiol*

- 1990;16:1375-83.
- 7) Coyne EP, Belvedere DA, Vande Streek PR, Weiland FL, Evans RB, Spaccavento LJ, et al. Thallium-201 scintigraphy after intravenous infusion of adenosine compared with exercise thallium testing in the diagnosis of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1991;17:1289-94.
 - 8) Gupta NC, Esterbrooks DJ, Hilleman DE, Mo-hiuddin SM. Comparison of adenosine and exercise thallium-201 single photon emission computed tomography (SPECT) myocardial perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol* 1992;19: 248-57.
 - 9) Miyagawa M, Kumamo S, Sekiya M, Watanabe K, Akutzu H, Imatchi T, et al. Thallium-201 myocardial tomography with intravenous infusion of adenosine triphosphosphate disodium in the diagnosis of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1995;26:1196-201.
 - 10) Belhassen B, Pelleg A, Shoshani D, Geva B, Laniado S. Electrophysiologic effects of adeno-sine-5-triphosphate on atrioventricular reentrant tachycardia. *Circulation* 1983;68:827-33.
 - 11) Watanabe K, Sekiya M, Ikeda S, Miyagawa M, Kinoshita M, Kumano S. Comparison of Ade-nosine triphosphate and dipyridamole in diagnosis by Thallium-201 myocardial scintigraphy. *J Nucl Med* 1997;38:577-81.
 - 12) Yonezawa Y, Yoshikawa J, Shakudo M. Ade-nosine triphosphate loading thallium-201 myo-cardial scintigraphy: optimal dose and diagnostic accuracy. *J Cardiol* 1995;25: 9-13.
 - 13) Gould KL, Wescott RJ, Albro PC, Hamiton GW. Noninvasive assessment of coronary stenoses by myocardial imaging during pharmacologic vasodi-lation: clinical methodology and feasibility. *Am J Cardiol* 1978;41:279-87.
 - 14) Boucher CA, Okada RD. Thallium-201 myo-cardial perfusion imaging without exercise: rest and dipyridamole studies. *Chest* 1984;86:159-61.
 - 15) Iskandrian AS, Heo J, Askenase A, Segal BL, Auerbach N. Dipyridamole cardiac imaging. *Am Heart J* 1988;115:423-43.
 - 16) Knabb RM, Gidday JM, Ely SW, Rubio R, Berne RM. Effect of dipyridamole on myocardial adenosine and active hyperemia. *Am J Physiol* 1984;247(suppl H): H804-H810.
 - 17) Rossen JD, Simonetti I, Marans ML, Winniford MD. Coronary dilatation with standard dose dipyridamole and dipyridamole combined with handgrip. *Circulation* 1989;79:566-72.
 - 18) Berne RM. The role of adenosine in the regula-tion of coronary blood flow. *Circ Res* 1980;807-13.
 - 19) Homma S, Callahan RJ, Ameer B. Usefulness of oral dipyridamole suspension for stress thallium imaging without exercise in the detection of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1986;57: 503-8.
 - 20) Verani MS, Mahamarian JJ, Hixson JB, Boyce TM, Staudacher RA. Diagnosis of coronary artery disease by controlled coronary vasodilatation with adenosine and thallium-201 scintigraphy in patients unable to exercise. *Circulation* 1990;82: 80-7.
 - 21) Lee J, Heo J, Ogilby JD, Cave V, Iskandrian B, Iskandrian AS. Atrioventricular block during adenosine thallium imaging. *Am Heart J* 1992; 123:1569-74.
 - 22) Wilson RF, Wyche K, Christensen BV, Zimmer S, Laxson DD. Effects of adenosine on human coronary arterial circulation. *Circulation* 1990;82: 80-7.
 - 23) Becker LC. Conditions for vasodialtion-induced coronary steal in experimental myocardial ischemia. *Circulation* 1978;57:1103-10.
 - 24) Belhassen B, Pelleg A. Electrophysiologic effects of adenosine triphosphate and adenosine on the mammalian heart: clinical and experimental aspects. *J Am Coll Cardiol* 1984;4:414-24.
 - 25) Verani MS, Mahmarian JJ. Myocardial perfusion scintigraphy during maximal coronary artery vasodilation with adenosine. *Am J Cardiol* 1991; 67:12D-17D.
 - 26) Falvare S, Biase MD, Rizzo U, Belardinelli L, Rizzon P. Effect of adenosine and adenosine-5-triphosphate on atrioventricular conduction in patients. *J Am Coll Cardiol* 1985; 5:1212-9.
 - 27) Sharma AD, Klein GJ. Comparative qualitative electrophysiologic effects of adenosine tripho-sphate on the sinus node and atrioventricular node. *Am J Cardiol* 1988;61:330-5.
 - 28) Kinoshita K, Suzuki S, Shindou A. The accuracy and side effectsof pharmacologic stress thallium myocardial scintigraphy with adenosine triphs-phate disodium (ATP) infusion in the diagnosis of coronary artery disease[in Japanese]. *Kaku Igaku* 1994;23:384-9.

- 29) Suzuki S. Comparison of diagnostic value of coronary artery disease between ATP-stress and exercise-stress thallium SPECT image (Japanese). *Kaku Igaku* 1994;31:957-67.
- 30) Cerqueira MD, Verani MS, Schwaiger M. Safety profile of adenosine stress perfusion imaging: results from the adenoscan multicenter trial registry. *J Am Coll Cardiol* 1994;23:384-9.
- 31) Kang SW, Woo EJ, Chae SC, Jun JE, Park WH, Chung BC, et al. Adenosine ^{99m}Tc-MIBI scintigraphy in the diagnosis of coronary artery disease: Comparison with exercise ^{99m}Tc-MIBI scintigraphy. *Korean J Nucl Med* 1992;26:72-81.
- 32) Kim JG, Ahn BC, Chun KA, Hyun DW, Lee YH, Bae SG, et al. Safety profile of adenosine myocardial perfusion imaging. *Korean Circulation J* 1997;27:189-196.
- 33) Nishimura S, Mahmarian JJ, Boyce TM, Verani MS. Quantitative thallium-201 single photon emission computed tomography during maximal pharmacological coronary vasodilation with adenosine for assessing coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1991;18:736-45.
- 34) Iskandrian AS, Heo J, Nguyen T. Assessment of coronary artery disease using single-photon computed tomography with thallium-201 during adenosine-induced coronary hyperemia. *Am J Cardiol* 1991;67:1190-4.