

만성 무릎관절 통증환자에서 내측 반월상연골 손상과 관절 퇴행성 변화의 감별을 위한 ^{99m}Tc-MDP 무릎관절 SPECT의 진단기준

서울대학교의과대학 핵의학교실, 정형외과학교실,¹ 원광대학교의과대학 핵의학교실²

팽진철, 정준기, 정환정,² 유재호¹, 강원준, 소영, 이동수, 이명철,¹ 성상철¹, 이명철

Diagnostic Criteria to Differentiate Medial Meniscal Injury from Degenerative Changes on ^{99m}Tc-MDP Knee SPECT in Patients with Chronic Knee Pain

Jin Chul Paeng, M.D., June-Key Chung, M.D., Hwan Jeong Jeong, M.D.,² Jae Ho Yoo, M.D.,¹ Won Jun Kang, M.D., Young So, M.D., Dong Soo Lee, M.D., Myung Chul Lee, M.D.,¹ Sang Cheol Seong, M.D., Myung Chul Lee, M.D.

Departments of Nuclear Medicine and Orthopedic Surgery,¹ Seoul national University College of Medicine, Seoul, Korea.

Department of Nuclear Medicine, Wonkwang University, College of Medicine, Iksan, Korea.²

Abstract

Purpose: In patients with chronic knee pain, the diagnostic performance of ^{99m}Tc-MDP knee SPECT for internal derangement of knee is deteriorated due to degenerative changes. In this study, we tried to establish diagnostic criteria to differentiate medial meniscal injury (MMI) from degenerative change (DC) when the uptake is increased in medial compartment. **Materials and Methods:** A total of 49 knee SPECT of the patients with chronic (more than 3 months) knee pain, which showed increased ^{99m}Tc-MDP uptake in the medial compartment, were included in this study. The diagnosis was confirmed by arthroscopy. On knee SPECT, 3 diagnostic criteria for MMI were investigated. In Criterion I, MMI was diagnosed when crescentic uptake was observed in the medial tibial plateau. In Criterion II, crescentic uptake was further classified into anterior, mid, posterior, and diffuse patterns, according to the location of maximal uptake; and only crescentic mid, posterior, and diffuse patterns were diagnosed as MMI. In Criterion III, MMI was diagnosed when medial tibial plateau showed higher activity than medial femoral condyle. The diagnostic performance of the 3 criteria was compared. **Results:** The sensitivity and specificity were 93% and 14% in Criterion I, 89% and 38% in Criterion II, and 75% and 67% in Criterion III, respectively. Criterion III had significantly improved diagnostic performance, especially, specificity. **Conclusion:** In this study, we established a practical diagnostic criterion to differentiate MMI from DC on knee SPECT. The result is helpful to improve the diagnostic value of knee SPECT as a screening test for chronic knee pain.

Key Words : ^{99m}Tc-MDP, SPECT, internal derangement of knee, degenerative change

Received Feb. 12, 2003; accepted Mar. 27, 2003

Corresponding author: June-Key Chung, M.D.

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

28 Yeongeong-dong Jongno-gu, Seoul, 110-744, Korea

Tel: (02)760-3376 Fax: (02)766-9083

E-mail: jkchung@plaza.snu.ac.kr

서 론

^{99m}Tc -MDP를 이용한 무릎관절 SPECT는 다양한 무릎관절 질환의 진단에서 유용한 검사로서,^{1,9)} 특히 뛰어난 예민도로 인하여 MRI 또는 관절경 시행 전의 선별검사로 실용적인 것으로 제안되었다.⁷⁾ 주로 무릎관절 내 장애(internal derangement of knee, 이하 IDK)에서의 진단성능에 대해서 여러 보고가 이어졌는데, 내측 또는 외측의 반월상연골(meniscus) 손상이나 앞 십자인대의 손상 등에서 높은 진단 예민도가 보고되었고, Ryan 등은 진향적 연구를 통하여 내측 반월상연골 손상의 진단에서는 MRI와 필적하는 진단성능을 가진다고 보고하기도 하였다.⁶⁾

그러나 이러한 보고들은 외상과 관련된 급성기의 환자를 대상으로 한 경우가 대부분이다. 실제 임상적으로는, 외상과의 관련이 분명하지 않고 만성으로 지속되는 무릎관절 통증에서 SPECT의 이용이 더욱 많은데, 이러한 경우 IDK의 진단에 있어 앞서의 보고와 같은 높은 진단성능이 유지될지 의문이다. 질환의 발생률 면에서 골관절염과 같은 퇴행성 질환이 훨씬 많으며 IDK 자체도 퇴행성 변화를 유발할 수 있는데,¹⁰⁾ 이러한 퇴행성 변화 역시 ^{99m}Tc -MDP의 섭취에 예민하게 반영되어 IDK에 대한 진단성능, 특히 진단의 특이도를 떨어뜨리기 때문이다.^{1,11-12)} IDK의 경우 MRI 및 관절경을 이용한 추가적 진단과 치료 과정이 필요하겠지만 퇴행성 변화에 의한 무릎 통증의 경우 비수술적 치료를 선행한다는 점에서 이들의 감별은 치료 방침의 결정으로 이어지는 임상적 실용성을 가지며, 특히 선별검사로써의 위치를 가지는 SPECT의 경우 그러한 감별진단의 필요성이 더욱 요구된다고 할 것이다.

퇴행성 변화에 의해 진단에 가장 영향을 받을 수 있는 IDK는 내측 반월상연골 손상이다. 방사선학적으로 대퇴골과 경골의 내과(medial condyle)를 포함하는 내측 구획에서 퇴행성 병변이 주로 발견됨이 알려져 있고,¹³⁾ 이는 ^{99m}Tc -MDP의 섭취 증가를 평가하는 핵의학적 검사에서도 비슷하게 관찰되는 소견이기 때문이다.¹¹⁾ 저자들도 내측 구획의 섭취증가를 보이는 환자에서 내측 반월상연골 손상과 퇴행성 변화의 감별이 어려움을 경험하고 있다.

이에 따라 이 연구에서는 만성적 무릎관절 통증을 가진 환자에서 무릎관절 SPECT 상 내측 경골 고원부(medial tibial plateau)의 섭취 증가가 보일 때, 이를 내측 반월상연골 손상과 퇴행성 변화로 감별 진단하기 위한 진단기준을 찾고자 하였다. 이를 위해, 내측 반월상연골 손상의 경우 후각(posterior horn)과 중앙 부위에서 흔히 발생하고, 퇴행성 변화의 경우 경골 고원부만이 아니라 대퇴골의 관절연골에도 대부분 변화가 동반된다는 사실을 바탕으로,¹⁴⁾ 섭취 증가의 형태와 정도에 차이가 있을 것임을 가정하였다. 이로부터, 이전의 보고에서처럼 경골 고원부에 초승달(crescent) 모양의 섭취 증가가 있을 경우 내측 반월상연골 손상으로 보는 기존의 진단기준과 함께 섭취의 형태와 정도를 고려하는 새로운 진단기준을 제시하고, 이들간의 진단성능을 비교함으로써 보다 실용적인 진단기준을 찾아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상환자

3개월 이상의 만성적 통증을 주소로 무릎관절 SPECT를 시행하고, 이후 관절경 검사를 통하여 무릎 병소에 대한 확진을 받은 환자 중 무릎관절 SPECT 상 관절 내측 구획의 섭취증가를 보였던 47명의 환자(나이 15~68세, 평균 35 ± 15 세, M:F=36:11)를 대상으로 하였다. 무릎관절 SPECT 시행 후 관절경 검사까지의 기간은 1~97일(평균 16 ± 30 일)이었다. 47명의 환자 중 기억에 남는 무릎관절 외상의 병력이 있는 사람은 19명이었으며, 외상과 SPECT 검사까지의 간격은 3개월에서 1년이 10명, 1년 이상이 9명이었다. 양측 무릎 모두에 병소가 있었던 2명을 포함하여, 총 49개의 SPECT 영상이 분석대상에 포함되었다.

2. 검사 방법과 분석

1) 무릎관절 SPECT의 시행

SPECT는 저에너지 초고해상도 조준기를 장착한 2중 헤드 감마카메라(Prism 2000, Picker, USA) 또는 3중 헤드 감마카메라(Prism3000, Picker, USA)를 이용하여 시행하였다. 연속회전하면서 3도 간격으로

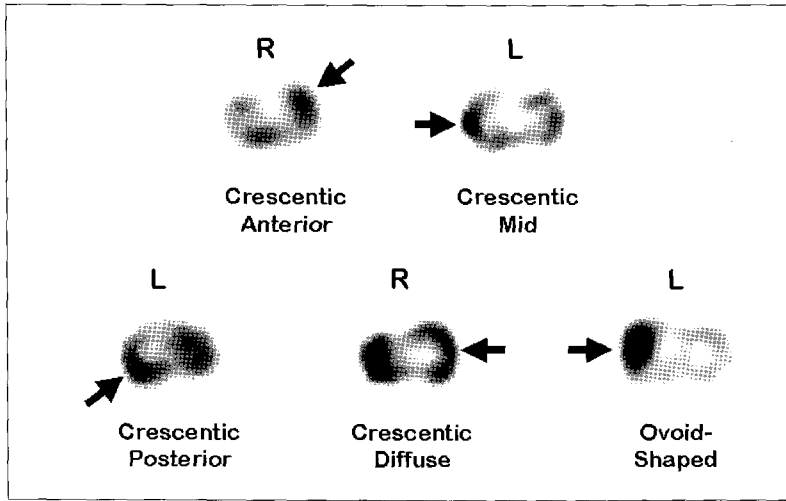


Fig. 1. Shape of uptake. Crescentic uptake was further classified into anterior, mid, posterior, and diffuse patterns according to the location of the highest uptake. (Transaxial images. L, left knee; R, right knee)

영상을 얻어 128×128 매트릭스에 기록하였고, 각 영상마다 25초의 획득시간을 두었다. 얻어진 영상으로부터 Metz 여과기를 이용하여 여과역투사 방식으로 단면영상을 재구성하였고 축단면, 관상면, 시상면의 세 단면 영상을 얻어 판독하였다.

2) 무릎관절 SPECT의 분석

얻어진 SPECT 영상에서 진단기준 I, II, III의 세 가지 진단기준을 설정하고, 각각의 진단기준을 적용하여 관절 내측 구획의 퇴행성 변화만 있는 경우 (degenerative change, 이하 DC)와 내측 반월상연골 손상이 동반된 경우 (medial meniscal injury, 이하 MMI)를 감별하는데 있어 진단성능을 비교하였다. 진단기준 I에서는 내측 경골 고원부에서 초승달 모양의 섭취증가를 보인 경우 모두를 MMI로 보았고, 진단기준 II에서는 내측 경골 고원부의 섭취 형태를 난원형과 초승달 모양의 두 가지로 나누고, 초승달 모양의 섭취는 다시 가장 섭취가 증가되어 있는 부분의 위치에 따라 전측, 중앙측, 후측, 미만성으로 나누어 모두 다섯 가지로 구분하여 (Fig. 1), 이 중 반월상 전측 섭취와 난원형 섭취를 DC, 나머지를 MMI로 진단하였다.

진단기준 III에서는 대퇴골내과 (medial femoral condyle)와 경골 내측 고원부의 섭취를 각각 0 (섭취

증가 없음)에서 4 (매우 강한 섭취)로 등급을 매긴 후, 진단기준 II에서 MMI로 분류된 것 중 경골 내측 고원부의 섭취가 대퇴골내과보다 등급이 높은 경우에만 MMI로 진단하도록 하였다. 섭취의 형태와 정도는 환자의 임상정보에 대해 눈가림 상태에 있는 핵의학 의사 2명의 합의에 의하여 판정하였다.

3) 관절경 검사의 시행

관절경 검사는 정형외과 전문의에 의하여 시행되었고 Dyonics 관절경 (Smith and Nephew Dyonics, Andover, MA)을 이용하였다. 손상의 종류에 관계 없이 내측 반월상연골의 손상이 있는 경우 모두 MMI로 분류하였고, 내측반월상연골이 온전한 경우에는, 무릎관절 SPECT 상에서 섭취가 있는 점을 고려하여, 퇴행성 변화가 분명한 경우와 함께 관절연골의 퇴행성 변화가 분명하지 않은 경우에도 DC로 분류하였다.

3. 결과분석 및 통계처리

각각의 진단기준을 적용하였을 때 MMI와 DC의 감별진단성능을 진단의 예민도와 특이도, 정확도로 구하여 제시하였다. 두 진단기준 간의 진단성능의 비교를 위하여 McNemar의 χ^2 -분석을 시행하였으며, p 값이 0.05 이하인 경우 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

결 과

1. 무릎관절 SPECT와 관절경 검사

총 49개의 SPECT 영상 중 진단기준 I을 적용하였을 때 44예가 MMI, 5예가 DC로 진단받았다. 형태학적 진단기준을 적용한 진단기준 II에서는 MMI가 38예, DC가 11예였으며, 진단기준 II에 섭취 정도의 반정량적 평가를 병행한 진단기준 III에서는 MMI로 진단받은 38예 중 10예가 DC로 추가로 분류되었다 (Fig. 2).

관절경 검사에서는 28예가 MMI로 진단을 받았는데, 내측 반월상연골의 후각부 파열이 24예로 가장 많았고, 4예의 중상부 파열이 있었다. 평균연령은 MMI로 진단받은 환자군이 37±16세, DC로 진단받은 환자군이 34±14세로, 양 군 간에 유의한 차이는 없었다(p=n.s.). 외상의 병력은 MMI 군에서 14명(52%), DC 군에서 5명(20%)로 MMI 군이 많았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Table 1).

2. 각 진단기준에 의한 감별 진단성능의 차이

진단기준 I을 적용하였을 때, MMI와 DC의 감별 진단에 대한 예민도와 특이도는 각각 93%와 14%, 정확도는 59%로서 예민도는 높았으나 특이도는 매우 낮았다. 진단기준 II를 적용하였을 때의 예민도는 89%로 낮아졌으나 특이도가 38%로 높아졌고 정확도도 67%로 상승하였다. 진단기준 III을 적용하였을 때 역시 예민도는 75%로 한층 낮아졌으나 특이도가

Table 1. Characteristics of the Patients in Each Group

	Medial Meniscal Injury	Degenerative Change
n	27 (28 cases)	20 (21 cases)
Age	37±16 y	34±14 y
History of Trauma	14	5
3 mo ~ 1 yr	6	4
> 1 yr	8	1

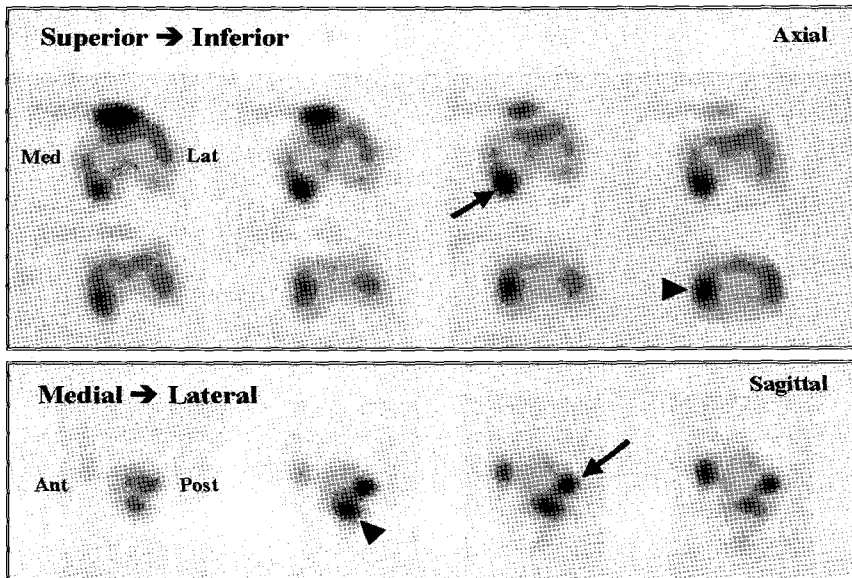


Fig. 2. A case of 25-year-old male. He had no definite history of trauma before. On knee SPECT, there was a "crescentic mid" uptake in medial tibial plateau (arrowhead). But there was another uptake on posterior aspect of medial femoral condyle of the same grade (arrow). The arthroscopic diagnosis was tear of lateral meniscus (not definitely seen in this image) and intact medial meniscus.

67%로 상승하여 전반적인 정확도도 71%로 상승하였으며 이러한 차이는 통계적으로 유의하였다 (p=0.002, Table 2).

Table 2. Diagnostic Performance of Each Criteria for Medial Meniscal Injury

	Sensitivity	Specificity	Accuracy
Criteria I	93%	14%	59%
Criteria II	89%	38%	67%
Criteria III	75%	67%	71%

형태적 분류에 따른 관절경 소견을 보면, 손상의 대부분을 차지하는 내측 반월상연골 후각부 손상의 경우 단 1예에서만 전측부 섭취증가를 보였고, 초승달형 섭취 증가 중에서는 중앙부 섭취 증가에서 상대적으로 DC가 적었다(Table 3).

Table 3. Arthroscopic Diagnosis According to Shape of Uptake on Knee SPECT

Shape of uptake	Mid tear	Posterior horn tear	Intact
Crescentic anterior	0	1	5
Crescentic mid	2	5	1
Crescentic posterior	0	7	5
Crescentic diffuse	2	9	7
Ovoid	0	2	3
Total	4	24	21

고 찰

이 연구에서는 외상과의 관련성이 분명하지 않은 만성 무릎관절 통증에서 SPECT를 이용하여 내측반월상연골 손상과 퇴행성 변화를 감별하는 진단기준을 설정하고, 그 진단성능을 알아보고자 하였다. 그 결과 섭취 형태와 섭취 정도의 양상을 같이 고려한 진단기준을 사용하였을 때 높은 예민도와 특이도로 감별진단이 가능하였다. 실제 임상에서의 무릎관절 SPECT에 대한 요구를 고려할 때 이러한 감별진단 기준의 설정은 SPECT의 실용성을 높여줄 것으로 기대된다.

무릎관절 SPECT는 관절 주변부에서 생기는 무혈

관성 피사, 골연골염, IDK 등 다양한 질환에서 높은 진단성능을 가진 것으로 알려져 있고,¹⁻⁹⁾ 특히 IDK의 진단에서는 SPECT가 좋은 진단성능을 가지고 있음이 지속적으로 보고되었다.^{4-6,8-9)} 그러나 이러한 진단성능에 비하여 실제 임상이용은 그다지 활발한 편은 아닌데, 이는 우리나라에서 MRI의 접근도가 높아 외상 등의 병력이나 신체검진 등으로부터 검사 전 IDK의 이환 가능성이 높다고 판단된 경우 MRI의 선택이 그다지 어렵지 않기 때문일 것이다. 무릎관절 SPECT는 한 번의 검사로 진단을 함께 평가할 수 있고 높은 예민도를 가지는 장점으로부터 선별검사에 이용할 것이 제안되어 왔는데,⁷⁾ 이러한 상황은 무릎관절 SPECT의 선별검사로서의 가치를 떨어뜨리게 된다.

한편, 외상과의 관련성이 분명하지 않은 만성 무릎관절 통증의 경우에는 흔한 원인이 퇴행성 질환이고, 또한 IDK 자체도 이차적인 퇴행성 변화를 유발하는데,¹⁰⁾ 이러한 퇴행성 변화 역시 SPECT에 예민하게 반영되어 IDK를 감별하기가 어려워진다. IDK의 경우 MRI 및 관절경 검사로 추가적 진단 및 치료를 진행하지만 퇴행성 질환의 경우 비수술적 치료 선택한다는 점에서 임상적으로는 오히려 이러한 상황에서 선별검사의 기능이 더욱 요구될 것이다.

관절의 퇴행성 변화와의 감별이 가장 문제가 되는 IDK는 내측 반월상연골의 손상이다. 병리학적으로는 무릎관절의 퇴행성 변화가 내측 및 외측 구획에 별다른 차이가 없이 일어나지만¹⁵⁾ 방사선학적 검사 상으로는 내측 구획의 변화가 두드러짐이 알려져 있고,¹³⁾ 99mTc-MDP의 섭취도 그와 유사한 것으로 보고되고 있기 때문이다.¹¹⁾ 무릎관절 SPECT에서 내측 반월상연골의 손상에 대한 진단기준으로 사용된 경골 내측 고원부의 초승달형 섭취는 이런 점에서 퇴행성 변화와의 감별에 어려움을 일으킨다. 이제까지 무릎관절 SPECT에서 내측 반월상연골 손상에 대해 높은 진단성능이 보고되고 있으나 대상 환자군의 선택에 있어 급성기의 환자를 주로 선택하는 경우가 많았지만 이 연구에서는 증상의 이환 기간이 3 개월 이상인 환자군만을 택하여, 실제적 임상 상황에 좀 더 부합되는 것으로 볼 수 있다.

그러나 IDK에 의한 내측 구획의 섭취 증가와 퇴

행성 변화를 감별하는 진단기준은 아직까지 제시된 바가 없다. 이 연구에서는 이에 따라 세 가지의 진단 기준을 세우고 이들의 비교평가를 시도해 보았다. 기존의 초승달형 섭취라는 단순한 진단기준에 더해 형태학적 진단에서는 최대 섭취 증가를 보이는 위치에 따라 전측, 중앙측, 후측으로 구분하고 이 중 전측 섭취 증가는 반월상연골 손상의 진단에서 제외하였다. 이는 내측 반월상연골 손상이 해부학적으로 후각부에 가장 흔하고 전측의 손상은 드물다는 사실에 기인한 것이다.¹⁴⁾ 이를 통해 단순히 초승달 모양의 섭취를 내측 반월상연골 손상으로 진단하는 것에 비해 진단능을 향상시킬 수 있었다. 그러나 이러한 형태적 진단기준을 적용하였을 때도, SPECT의 일반적인 문제인 낮은 특이도는 여전히 남아있었다. 이에 따라 섭취의 정도를 반정량적으로 평가하고, 경골 고원부의 섭취가 대퇴골 부위의 섭취보다 높아야 한다는 섭취 정도에 의한 진단기준을 추가하였다. 이는 퇴행성 변화의 경우 경골 고원부뿐만 아니라 대퇴골의 관절연골도 같은 정도로 영향을 받는다는 사실을 반영한 것이다.¹⁴⁾ 이를 통해 단순히 형태학적으로 진단을 하였을 때보다도 더욱 높은 진단성능을 얻을 수 있었고 특히 진단의 특이도를 뚜렷하게 향상시킬 수 있었다. 무릎관절의 만성통증으로 SPECT 검사의 대상이 될 수 있는 환자들 중 퇴행성질환의 유병률이 IDK보다 많음을 감안하면 특이도의 뚜렷한 향상은 SPECT의 진단적 가치를 한층 향상시키는 것이다.

MRI가 뛰어난 해부학적 정보를 바탕으로 무릎관절 질환의 진단에서 기준검사(gold standard)에 가까운 진단적 위치를 차지하고 있지만, 향후 보험제도의 변화 등을 고려할 때 보다 MRI의 적용에는 엄격한 적응증 설정이 필요할 것으로 예상된다. 따라서 외상의 병력이 뚜렷하지 않고 만성적인 무릎 관절 질환의 진단에서 첫 검사로 사용하기에는 더욱 제약이 따를 것이며 이에 따라 무릎관절 SPECT가 선별 검사로서의 진단적 가치를 보다 확고히 한다면 그 임상이용이 증가할 것으로 기대된다. 이 연구는 그러한 노력의 일환으로 만성 무릎관절 통증 환자에서 IDK와 퇴행성 변화를 감별하는 진단기준을 제시하고자 하였으며 섭취의 형태와 정도를 종합적으로

고려할 때 그러한 감별이 가능함을 보였다. 이를 통해 무릎관절 SPECT의 선별검사로서의 가치를 강화할 수 있을 것으로 기대한다.

연구의 제한점

이 연구에서는 후향적 연구방법으로 인하여 다양한 연령군의 환자가 모두 분석에 포함되었으며, 그로 인하여 나이에 따른 관절의 퇴행성 변화 및 SPECT 소견 변화의 영향을 분석하지 못하였다. 관절경 소견에서는 내측 구획에만 관심을 두고 연구를 진행하여 복합 손상이 있는 경우와 내측반월상연골 손상만 있는 경우를 별개로 분석하지 못하였고, SPECT 소견의 분석에서도 내측 구획 이외에 슬개대퇴 구획 또는 외측 구획을 고려하지 않았다. 향후 더 많은 대상에서 같은 연구를 진행한다면 이러한 소견을 종합적으로 고려한 진단 기준을 설정할 수도 있을 것으로 기대한다.

요 약

목적: 만성 무릎관절 통증환자에서 관절의 퇴행성 변화로 인하여 ^{99m}Tc-MDP SPECT를 이용한 관절 내 장애의 진단성능이 떨어지게 된다. 이 연구에서는 내측 구획의 섭취 증가가 관찰될 때 이를 내측 반월상연골 손상(MMI)과 퇴행성 변화(DC)로 감별 진단하기 위한 진단기준을 찾고자 하였다. **대상 및 방법:** 3개월 이상의 만성 통증으로 무릎관절 SPECT를 시행하고 이후 관절경 검사를 통해 관절 병소의 확진을 받은 환자 중 SPECT 상 내측 구획에 섭취 증가를 보인 47명, 49예의 영상을 대상으로 하였다. SPECT 영상에서 내측 경골 고원부에 초승달 모양의 섭취가 관찰될 때 MMI로 진단하는 기준(진단기준 I), 초승달 모양 섭취 양상에 따라 전측, 중앙측, 후측 및 미만성으로 구분하고 이 중 중앙측, 후측, 미만성만을 MMI로 진단하는 기준(진단기준 II), 이에 더해 섭취의 정도를 등급화하여 내측 구획에서 대퇴골 부위보다 경골 고원부의 섭취가 더 높을 때만 MMI로 진단하는 기준(진단기준 III)의 세 가지 진단기준을 설정하고 이들의 진단성능을 비교하였다. **결과:**

MMI 진단의 예민도와 특이도가 진단기준 I에서 각각 93%, 14%, 진단기준 II에서 각각 89%, 38%, 진단기준 III에서 75%, 67%로 형태학적 기준과 섭취 정도에 의한 기준을 첨가할수록 진단성능이 향상되었다. 결론 : 이 연구에서는 무릎관절 SPECT가 적용되는 실제 임상 적응증에 가까운 만성 무릎관절 통증에서, 퇴행성 변화와 관절 내 장애를 감별하는 향상된 진단기준을 제시하였다. 이를 통하여 선별검사로서 무릎관절 SPECT의 진단적 가치를 더욱 높일 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 1) Collier BD, Johnson RP, Carrera GF, Isitman AT, Veluvolu P, Knobel J, et al. Chronic knee pain assessed by SPECT: comparison with other modalities. *Radiology* 1985;157:795-802.
- 2) Gupta SM, Foster CR, Kayani N. Usefulness of SPECT in the early detection of avascular necrosis of the knees. *Clin Nucl Med* 1987;12:99-102.
- 3) Murray IP, Dixon J, Kohan L. SPECT for acute knee pain. *Clin Nucl Med* 1990;15:828-40.
- 4) Ryan PJ, Taylor M, Grevitt M, Allen P, Shields J, Clarke SE, et al. Bone single-photon emission tomography in recent meniscal tears: an assessment of diagnostic criteria. *Eur J Nucl Med* 1993;20:703-7.
- 5) Cook GJ, Ryan PJ, Clarke SE, Fogelman I. SPECT bone scintigraphy of anterior cruciate ligament injury. *J Nucl Med* 1996;37:1353-6.
- 6) Ryan PJ, Reddy K, Fleetcroft J. A prospective comparison of clinical examination, MRI, bone SPECT, and arthroscopy to detect meniscal tears. *Clin Nucl Med* 1998;23:803-6.
- 7) Ryan PJ. Bone SPECT of the knees. *Nucl Med Commun* 2000;21:877-85.
- 8) So Y, Chung JK, Seong SC, Sohn YJ, Kang HS, Lee DS, et al. Usefulness of ^{99m}Tc-MDP knee SPET for pre-arthroscopic evaluation of patients with internal derangements of the knee. *Nucl Med Commun* 2000;21:103-9.
- 9) Even-Sapir E, Arbel R, Lerman H, Flusser G, Livshitz G, Halperin N. Bone injury associated with anterior cruciate ligament and meniscal tears: assessment with bone single photon emission computed tomography. *Invest Radiol* 2002;37:521-7.
- 10) Dandy DJ, Jackson RW. Meniscectomy and chondromalacia of the femoral condyle. *J Bone Joint Surg Am* 1975;57:1116-1119.
- 11) Lee IS, Park KI, Lim MA, Lee SW. ^{99m}Tc-MDP scintigraphy in osteoarthritis of knee. *Kor J Nucl Med* 1986;20:45-52.
- 12) Chang HK, Won KS, Kim NH, Choi YJ, Yoo DH, Kim SY. A comparison of bone SPECT, MRI, and arthroscopy for the evaluation of chronic knee pain. *Kor J Rheum* 1999;6:117-24.
- 13) Barrett JP Jr, Rashkoff E, Sima EC, Wilson A. Correlation of roentgenographic patterns and clinical manifestations of symptomatic idiopathic osteoarthritis of the knee. *Clin Orthop* 1990;253:179-83.
- 14) Resnick D. *Diagnosis of bone and joint disorders*. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 1995. p.1334-49.
- 15) Coventry MB. Proximal tibial varus osteotomy for osteoarthritis of the lateral compartment of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 1987;69:32-8.