



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

의학석사 학위논문

내측 반월상 연골 파열에서
변연부환의 보존 여부에 따른 Bone
SPECT/CT의 섭취양상 비교

Comparison of Bone SPECT/CT
Uptake Pattern in Medial Meniscal
Tears Grouped by Peripheral Rim
Preservation

2013년 8월

서울대학교 대학원

의학과 정형외과학 전공

전 세 형

A thesis of the Master's degree

Comparison of Bone SPECT/CT
Uptake Pattern in Medial Meniscal
Tears Grouped by Peripheral Rim
Preservation

내측 반월상 연골 파열에서
변연부환의 보존 여부에 따른 Bone
SPECT/CT의 섭취양상 비교

August 2013

The Department of Orthopedic Surgery

Seoul National University

College of Medicine

Sae Hyung Chun

내측 반월상 연골 파열에서
변연부환의 보존 여부에 따른 Bone
SPECT/CT의 섭취양상 비교

지도 교수 강 승 백

이 논문을 의학석사 학위논문으로 제출함

2013년 04월

서울대학교 대학원
의학과 정형외과학 전공
전 세 형

전세형의 의학석사 학위논문을 인준함

2013년 06월

위 원 장 이 상 훈 (인)

부위원장 강 승 백 (인)

위 원 김 유 경 (인)

Comparison of Bone SPECT/CT
Uptake Pattern in Medial Meniscal
Tears Grouped by Peripheral Rim
Preservation

by

Sae Hyung Chun

A thesis submitted to the Department of Orthopedic
Surgery in partial fulfillment of
the requirements for the Degree of
Master of Science in Medicine
at Seoul National University College of Medicine

June 2013

Approved by Thesis Committee

Professor Sahnghoon Lee Chairman

Professor Seung-Baik Kang Vice Chairman

Professor Yu Kyeong Kim

초 록

내측 반월상 연골 파열에서
변연부환의 보존 여부에 따른
Bone SPECT/CT의 섭취양상
비교

전세형
의학과 정형외과학
서울대학교 의과대학 대학원

서론

최근 도입된 SPECT/CT는 생리학적 변화를 조기에 반영하는 장점을 가진 유용한 검사로서, 그 활용도가 커지고 있다. 본 연구에서는 변연부환의 온전성 여부에 따라 내측 반월상 연골 파열을 세 군으로 구분하여 SPECT/CT 상 섭취 양상을 분석해보고, 기존에 알려져 있는 반월상 연골 파열의 생역학적인 결과를 SPECT/CT가 반영하는지 알아보고자 하였다.

방법

2013년 1월부터 11월 사이에 MRI와 SPECT가 모두 존재하는 환자들 중 K-L grade가 0, 1, 2에 해당하며 슬관절 불안정성이 없는 증례들을 대상으로 내측 반월상 연골 파열 증례들을 선별하였다. 이를 변연부환이 보존된 군(1군), 변연부환이 파괴된 군(2군), 그리고 후근부 파열군(3군)으로 구분하였다. 각 군의 SPECT/CT에서의 섭취양상을 축상면상에서 다섯 가지 양상으로 분류하여 비교하였다. 또한 후근부 파열군의 경우 SPECT/CT에서의 섭취양상을 시상면 및 관상면에서도 조사하였고 환자들의 의무기록 및 단순방사선 검사 상 슬관절 내반 정도와 경골후방경사각을 조사하여 분석하였다.

결과

1군에서는 섭취증가를 보이지 않은 경우가 9례(23.7%), 중간국소상 양상이 18례(47.3%), 후방국소상 양상이 3례(7.9%), 중간반월상 양상이 8례(21.1%), 후방반월상 양상이 0례(0%)였다. 2군에서는 섭취증가를 보이지 않은 경우가 3례(10%), 중간국소상 양상이 11례(36.7%), 후방국소상 양상이 1례(3.3%), 중간반월상 양상이 11례(36.7%), 후방반월상 양상이 4례(13.3%)였다. 3군에서는 섭취증가를 보이지 않은 경우가 3례(7.7%), 중간국소상 양상이 10례(25.6%), 후방국소상 양상이 8례(20.5%), 중간반월상 양상이 12례(30.8%), 후방반월상 양상이 6례(15.3%)였다. 세 군의 분포는 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이를 다시 국소상

양상과 반월상 양상, 중간부 섭취와 후방부 섭취로 재분류하여 분석한 결과 1군에서 국소상 양상이 많이 나타났으며 2군과 3군에서 반월상 양상이 많이 나타났고 특히 3군에서는 후방부에 섭취증가가 나타난 경우가 많았다. 한편 3군 내에서 SPECT/CT 섭취 양상과 임상증상 및 방사선 소견과의 관련성은 없었다.

결론

내측 반월상 연골 파열에 있어서 변연부환이 보존된 경우에는 SPECT/CT상 국소적인 섭취를 보이는 경우가 많았으며 변연부환이 파괴된 경우에는 SPECT/CT상 보다 광범위한 섭취를 보이는 경우가 많았다. 또한 후근부 파열의 경우에는 그에 따른 특이적인 섭취양상을 보이지는 않았으나 변연부환이 파괴된 경우와 유사한 섭취양상으로 보였다. 이는 SPECT/CT에서의 섭취양상에는 반월상 연골 파열의 해부학적 양상보다는 변연부환에 의해 hoop stress가 유지되는지 여부가 중요한 영향을 미친다고 해석할 수 있었다.

주요어: 내측 반월상 연골 파열, 변연부환, SPECT/CT, 섭취 양상

학번: 2011-23757

목 차

초록.....	i
목차.....	iv
표 및 그림 목록.....	v
서론.....	1
방법.....	4
결과.....	12
고찰.....	21
결론.....	27
참고문헌.....	28
초록 (영문).....	32

표 목 록

Table 1. Grouping of medial meniscal tears.

Table 2. General characteristics of study population(Group 1-intact peripheral rim, Group 2- destructed peripheral rim, Group 3-posterior root tear)

Table 3. Comparison of SPECT/CT uptake pattern on axial image in three groups.

Table 4-1, 2. Analysis between SPECT/CT uptake patterns on axial, coronal and sagittal images in Group 3.

Table 5. Analysis between SPECT/CT uptake patterns on axial and clinical symptom in Group 3.

Table 6. Analysis between SPECT/CT uptake patterns on axial and radiologic feature in Group 3.

그림 목록

Figure 1. Kellgren–Lawrence osteoarthritis grading system.

Figure 2. MRI image of three groups of medial meniscal tears.

Figure 3. SPECT/CT uptake grading system.

Figure 4. Uptake pattern of SPECT/CT on axial image.

Figure 5. Uptake pattern of SPECT/CT on sagittal and coronal images (D–distal femoral condyle, P–posterior femoral condyle).

서론

반월상 연골 파열은 정형외과 영역에서 볼 수 있는 매우 흔한 질환 중 하나이며 그에 대한 수술적 치료도 많이 시행되고 있다. 반월상 연골은 크게 몸통부(body)와 전각부(anterior horn), 후각부(posterior horn)로 이루어져 있으며 전각부 및 후각부가 경골에 부착되어 있는 부분을 각각 전근부(anterior root)와 후근부(posterior root)라 한다. 반월상 연골의 일차적인 생역학적 기능은 부하의 전달과 충격 흡수이다. 반월상 연골은 관절면의 표면적을 증가시킴으로써 접촉 하중을 관절면에 효과적으로 분산시킨다. 접촉 하중의 절반 이상이 대퇴골의 내측을 통해 전달되는데, 전체 하중의 40%에서 70%가량이 반월상 연골에 의해 흡수된다.¹ 또한 반월상 연골은 그 변연부를 통해 hoop stress가 유지되면서 무릎의 안정성을 유지하는 데에도 중요한 역할을 한다.²

이렇듯 반월상 연골의 생역학에 대해서는 오래 전부터 지식이 축적되어 있으나, 후근부 파열에 대해서는 비교적 근래 들어서 그 이해가 나타나기 시작했다. 자기 공명 영상(MRI)과 관절경의 발달에 힘입어 반월상 연골 후근부 파열을 발견할 수 있게 되었고 또한 그 생역학적 결과를 이해하게 되었으며 외과적인 봉합 방법이 발전하게 되었다.³⁻⁵ Allaire 등은 사체를 이용한 연구에서 반월상 연골 후근부 파열의 결과 내측구획은 25%, 외측구획은 13% 가량

최대 접촉 압력이 증가한다고 보고하였으며 후근부 파열과 전절제술의 결과가 유사하다고 하였다. 이는 근부 파열이 정상적인 반월상 연골의 hoop stress가 소실되기 때문으로 이해되고 있다. 또한 근부 봉합을 시행했을 경우 최대 접촉 압력이 정상 범위로 떨어진다고 보고하였다.⁶ 이는 반월상 연골 후근부 파열의 조기 진단 및 적극적인 봉합의 필요성을 주장하는 학자들의 근거로 제시되고 있다.

반면에 후근부 파열의 경우 증상이 없을 경우 경과 관찰만 하고, 증상이 있을 경우 관절경적 부분절제술이 가장 좋은 치료방법이라는 주장도 있다. 후근부 파열로 진단되는 환자들의 대다수가 50세 이상의 연령대이며 이미 관절연골의 퇴행성 변화를 보이는 경우가 많고, 이러한 경우 반월상 연골을 많이 보존하여 부하를 견디는 능력을 유지하는 것보다는 기계적인 증상을 없애는 것이 더 중요하다는 것이 그 이유이다. 또한 반월상 연골 조직 자체에도 이미 퇴행성 변화가 와 있는 경우가 많고 봉합을 해도 치유 능력이 매우 제한되어 있다는 것을 근거로 한다.⁷ 어떤 치료를 할 지 결정하는 데에는 질환의 병리와 기전에 대한 기초적인 지식이 필수적이라고 생각된다. 그러나 현재 흔히 사용되는 단순방사선사진이나 MRI영상은 이와 같은 생리적, 기계적 변화를 나타내는 데에는 제한적이어서 치료방침을 결정하는 데에는 한계가 있다.

꽤 오랜 기간 슬관절의 병리를 진단하거나 치료 방침 및 예후를 예측하는 데에 있어서 단일광자방출 전산화단층촬영(SPECT)이 사용되어 온 바 있다. SPECT는 혈류와 대사의 증가와 같은 생리적인 변화를 반영하는 매우 민감한 검사라는 장점이 있는 반면 해부학적 해상도는 많이 떨어지는 단점이 있다.⁸ 이러한 핵의학 검사의 단점을 극복하기 위하여 영상의학과적 검사인 컴퓨터전산화단층촬영(CT)를 병합하여 시행하는 SPECT/CT가 최근 들어 슬관절 질환의 검사에 이용되고 있으며 이에 대한 보고는 매우 제한적이다.⁹ 반월상 연골 파열에 있어서 SPECT의 유용성에 관한 연구는 과거 몇몇 보고들이 있으나 SPECT/CT에 관한 연구는 아직 이루어진 바가 없다.

본 연구에서는 내측 반월상 연골 파열 증례들을 변연부환이 보존된 파열군, 변연부환이 파괴된 파열군, 그리고 후근부 파열군으로 구분하여 SPECT/CT에서의 섭취양상을 조사하여 비교해보고 또한 진단과 치료에 있어서 논란이 있는 후근부 파열군에 대해서는 임상양상과 방사선 소견에 대하여 추가적으로 분석해보고자 한다.

방법

1. 연구대상 선정기준 및 제외기준

본 연구는 보라매병원 연구윤리심의위원회(16-2013-29)의 심의 및 승인을 거쳐 진행되었다. 2012년 1월부터 2012년 11월까지 서울특별시 보라매병원 관절척추센터에 내원하여 원내에서 MRI를 시행하였거나 외부병원에서 유사한 선명도의 MRI를 가지고 와서 관독을 받은 684명의 환자군을 모집단으로 하여 관독 결과 내측 반월상 연골 파열 소견을 보이는 환자들을 대상으로 하였다. 상기 대상 중에서 SPECT/CT 검사를 시행한 환자들로 대상을 제한하였다.

본 연구에 나이제한을 두지는 않았으나 해당 관절의 퇴행성 관절염 정도에는 제한을 두었다. 퇴행성 관절염이 심할수록 SPECT/CT 상 슬관절 주변 골조직에 섭취 강도가 증가한다고 알려져 있고, 따라서 이로 인한 강한 섭취증가가 반월상 연골 파열로 인한 섭취 증가 양상을 가리게 되기 때문에 퇴행성 관절염이 심한 경우는 제외하는 것이 바람직하다고 판단하였다¹⁰. 퇴행성 관절염의 정도는 체중부하 슬관절 전후면 및 후전면 단순방사선 검사를 조사하여 Kellgren-Lawrence 등급으로 판단하였다. Kellgren-Lawrence 3,4 등급의 심한 퇴행성 관절염 소견을 보이는 환자들은 제외하였다. Kellgren-Lawrence 등급은

1957년에 발표된 단순방사선검사상 골관절염의 분류 기준으로서 현재까지 널리 이용되고 있으며 다음과 같이 5단계로 분류된다¹¹.

0단계- none, 1단계- doubtful, 2단계- minimal, 3단계- moderate, 4단계- severe (Figure 1).

또한 MRI 판독 상 전후방 십자인대와 내외측 측부인대 등 슬관절의 주요 안정화 구조물에 손상으로 인해 슬관절 불안정성이 있는 환자들은 연구대상에서 제외하였다.

이와 같이 선정된 107례의 내측 반월상 연골 파열을 다음과 같이 세 군으로 분류하였다 (Table 1, Figure 2).

1군- 변연부환이 보존된 파열군 (후근부 파열 제외), 2군- 변연부환이 파괴된 파열군 (후근부 파열 제외), 3군- 후근부 파열군.

각 군에서 SPECT/CT의 축상면상 섭취양상을 조사하여 비교하였다. 또한 후근부 파열군의 경우 SPECT/CT의 관상면 및 시상면상 섭취양상, 전자의무기록 상에서 증상의 만성도 여부와 증상의 호전 여부, 단순방사선 사진 상 관상면상 대퇴경골각 및 시상면상 경골후방경사각을 측정하여서 SPECT/CT상 섭취양상과의 연관성을 조사하였다.



Figure 1. Kellgren–Lawrence osteoarthritis grading system.

Table 1. Grouping of medial meniscal tears.

Group	Definition
Group 1	Intact peripheral rim except root tear (horizontal tear, radial or oblique tear without peripheral extension, mild complex tear, free edge tear, etc)
Group 2	Destructed peripheral rim except root tear (severe degenerative complex tear, radial or oblique tear with peripheral extension, etc)
Group 3	Posterior root tear



Figure 2. MRI image of three groups of medial meniscal tears.

2. SPECT/CT촬영 및 판독

동위원소인 ^{99m}Tc -hydroxymethylene diphosphonate (HDP) 1,110 MBq (30 mCi)을 정맥으로 주사한 뒤 3시간 후 두 개의 검출기를 장착한 감마 카메라(Infinia™ Hawkeye® 4, GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) 를 통해 측상면, 관상면, 시상면의 SPECT/CT 영상을 얻었다.

SPECT/CT상 섭취 증가의 정도는 다음과 같이 4단계로 분류하였다(Figure 3).

0단계: 정상 뼈와 같은 섭취, 1단계: 관절면과 유사한 정도의 섭취, 2단계: 관절면에 비해 약간 강한 정도의 섭취, 3단계: 관절면에 비해 현저히 강한 정도의 섭취.

측상면으로는 경골대퇴 관절면 직하부의 경골고평부 연골하골 높이의 영상을 분석하였으며, 반월상 연골의 전장을 4구획으로 나누어서 각 부위별로 섭취의 강도를 조사하였다. 2단계 이상의 섭취 증가를 보이는 부분이 2구획 이하인 경우 국소상 양상, 3구획 이상일 경우 반월상 양상으로 구분하였다. 국소상 양상 중 강한 섭취가 나타나는 부분이 체부에 있을 경우 중간국소상, 후방에 있을 경우 후방국소상으로 세분하였다. 반월상 양상도 가장 강한 섭취가 나타나는 부분이 체부에 있을 경우 중간반월상, 후방에 있을 경우 후방국소상으로 세분하였다. 1단계 이하의 섭취 증가를 보이는

경우는 뚜렷한 섭취 증가가 없는 것으로 판단하였다(Figure 4). 국소상 양상이나 반월상 양상으로 섭취 증가가 보이는 경우 가장 강한 섭취 증가가 나타나는 부위가 후근부를 포함한 후각부인지 아니면 체부인지에 따라 세분하였다.

관상면 및 시상면으로는 대퇴골의 연골하골의 섭취 증가 여부를 조사하였다. 축상면에서 섭취증가를 보이는 부분에 대응하는 원위대퇴과의 연골하골에 섭취증가가 있는지 여부와 대퇴골 후과부의 섭취증가 여부를 조사하였다(Figure 5).

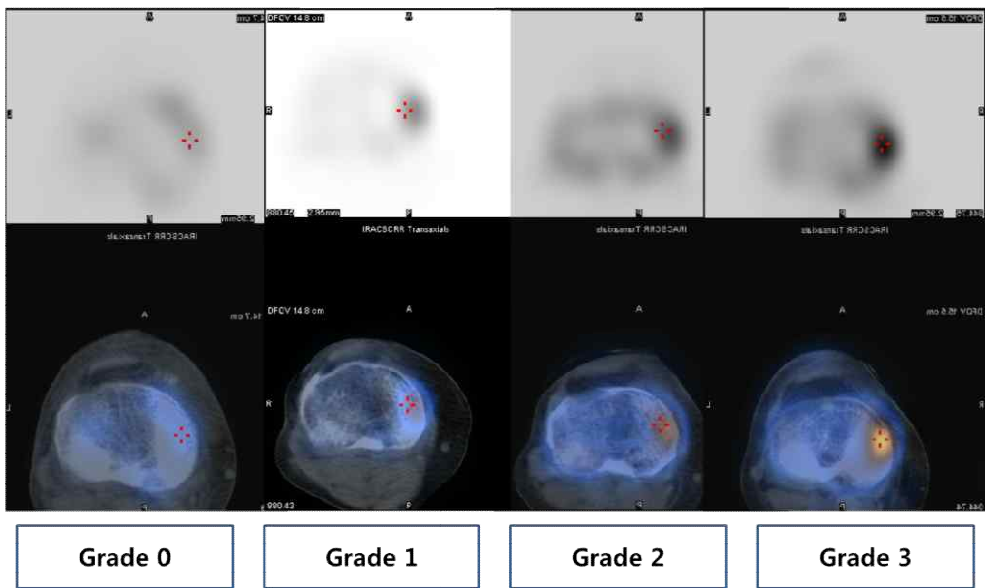


Figure 3. SPECT/CT uptake grading system.

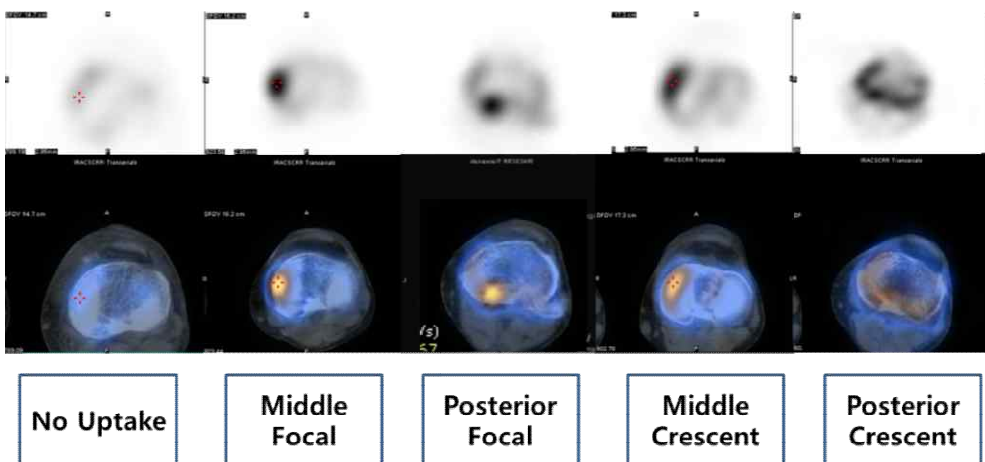
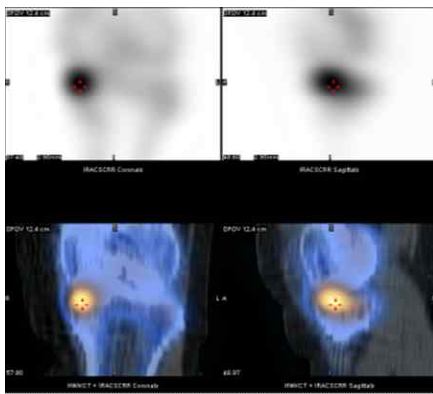
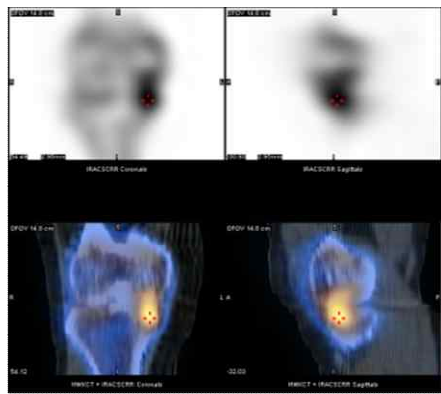


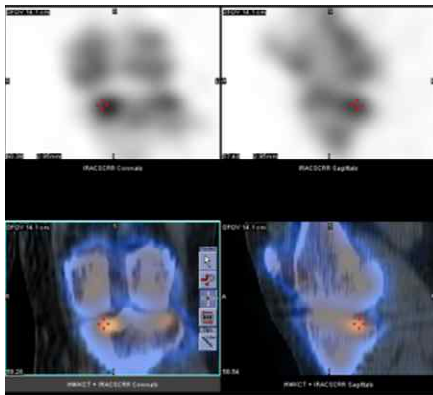
Figure 4. Uptake pattern of SPECT/CT in axial image.



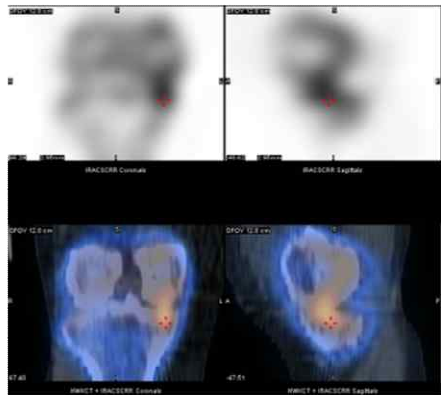
D(-), P(-)



D(+), P(-)



D(-), P(+)



D(+), P(+)

Figure 5. Uptake pattern of SPECT/CT in sagittal and coronal images (D—distal femoral condyle, P—posterior femoral condyle).

3. 통계 분석방법

통계적 분석은 SPSS version 18.0 (SPSS for Windows release 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다. 세 군의 환자군의 특성 분석에서는 기술통계량, 교차분석(crosstab analysis, chi-square test), 그리고 일원배치 분산분석(ANOVA)을 사용하였다. 세 군 사이의 SPECT/CT에서의 축상면상 섭취양상 비교에는 교차분석(crosstab analysis)을 사용하였다. 후근부 과열군 내에서의 SPECT/CT 결과와 임상양상과의 연관성 분석에서는 교차분석과 비모수 통계분석 방법 중 Mann-Whitney검정, Kruskal-Wallis검정을 사용하였다. 모든 통계적 검정에서 $p < 0.05$ 를 통계적 유의 수준으로 설정하였다.

결과

1. 환자군의 특성

전체 107례의 환자들의 평균 나이는 57.6세로 35세부터 76세의 분포를 보였다. 1군은 38명으로 평균 55.5세 \pm 8.3세, 2군은 30명으로 평균 59.2세 \pm 6.5세, 3군은 39명으로 평균 58.5세 \pm 8.8세로 세 군의 평균 연령은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p -value=0.124).

환자들의 성별은 남성이 36례, 여성이 71례였으며 1군은 남성 17명, 여성 21명, 2군은 남성 11명, 여성 19명, 3군은 남성 8명, 여성 31명의 분포를 보였다. 세 군의 성별 분포는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p -value=0.073).

마지막으로 Kellgren-Lawrence 등급의 분포는 0단계가 6명, 1단계가 59명, 2단계가 42명이었다. 1군은 0단계 4명, 1단계 23명, 2단계 11명이었다. 2군은 0단계 0명, 1단계 14명, 2단계 16명이었다. 3군은 0단계 2명, 1단계 22명, 2단계 15명이었다. 세 군의 Kellgren-Lawrence 등급의 분포는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p -value=0.165) (Table 2).

Table 2. General characteristics of study population (Group 1 – intact peripheral rim, Group 2 – destructed peripheral rim, Group 3 – posterior root tear).

Index	Group 1	Group 2	Group 3	p-value
Age	55.5 years (35–76)	59.2 years (43–70)	58.5 years (35–76)	0.124
Sex (M/F)	17/21	11/19	8/31	0.073
K-L Grade (0/1/2)	4/23/11	0/14/16	2/22/15	0.165

2. 세 군의 SPECT/CT 섭취양상 비교

연구대상 107명 중 축상면상 섭취증가를 보이지 않은 경우는 15례(14%)였으며 중간국소상 양상은 39례(36.4%), 후방국소상 양상은 12례(11.2%), 중간반월상 양상은 31례(29%), 후방반월상 양상은 10례(9.4%)였다. 섭취증가를 보이지 않은 경우 15례중 1군이 9례, 2군이 3례 3군이 3례로써 민감도(전체 증례 중 섭취증가를 보인 경우의 비율)는 전체가 85.9%, 세 군이 각각 76.3%, 90%, 72.3%였고 세 군 간에 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(p -value=0.098).

1군에서는 섭취증가를 보이지 않은 경우가 9례(23.7%), 중간국소상 양상이 18례(47.3%), 후방국소상 양상이 3례(7.9%), 중간반월상 양상이 8례(21.1%), 후방반월상 양상이 0례(0%)였다. 2군에서는 섭취증가를 보이지 않은 경우가 3례(10%), 중간국소상 양상이 11례(36.7%), 후방국소상 양상이 1례(3.3%), 중간반월상 양상이 11례(36.7%), 후방반월상 양상이 4례(13.3%)였다. 3군에서는 섭취증가를 보이지 않은 경우가 3례(7.7%), 중간국소상 양상이 10례(25.6%), 후방국소상 양상이 8례(20.5%), 중간반월상 양상이 12례(30.8%), 후방반월상 양상이 6례(15.3%)였다. 세 군의 분포는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p -value=0.017) (Table 3).

섭취양상을 섭취증가가 없는 경우, 국소상 양상(중간국소상과 후방국소상을 통합), 반월상 양상(중간반월상과 후방반월상을 통합)으로 재분류하여 분석한 결과 1군에서 국소상 양상이 많았고 2군, 3군에서 반월상 양상이 많았으며 이는 통계적으로 유의하였다(p -value=0.036) (Table 3).

Table 3. Comparison of SPECT/CT uptake pattern on axial image in three groups.

	Group 1	Group 2	Group 3
No Uptake	9 (23.7%)	3 (10%)	3 (7.7%)
Middle Focal	18 (47.3%)	11 (36.7%)	10 (25.6%)
Posterior Focal	3 (7.9%)	1 (3.3%)	8 (20.5%)
Middle Crescent	8 (21.1%)	11 (36.7%)	12 (30.8%)
Posterior Crescent	0 (0%)	4 (13.3%)	6 (15.3%)
Total	38 (100%)	30 (100%)	39 (100%)
p-value = 0.017			
No uptake	9 (23.7%)	3 (10%)	3 (7.7%)
Focal	21 (55.2%)	12 (40%)	18 (46.1%)
Crescent	8 (21.1%)	15 (50%)	18 (46.1%)
Total	38 (100%)	30 (100%)	39 (100%)
p-value = 0.036			

3. 후근부 파열군에서 SPECT/CT 섭취양상과

임상증상 및 방사선소견과의 관계

3군(후근부 파열군) 내에서 관상면 및 시상면상 대퇴원위과의 섭취증가가 있는 경우는 18례, 없는 경우는 21례였으며 SPECT/CT 축상면상 섭취증가 양상과 교차분석한 결과 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 대퇴후과의 섭취증가가 있는 경우는 13례, 없는 경우는 26례였으며 이는 원위대퇴과의 섭취증가 유무에 따라 유의하게 달라졌으나 축상면상 섭취증가와 무관하였다(Table 4-1, 2).

전자의무기록 상 증상의 지속 기간이 3개월 이내인 급성인 경우는 18례, 만성인 경우는 21례였으며 그 분포는 SPECT/CT 축상면상 섭취증가 양상과 무관하였다. 증상이 호전된 경우는 13례, 호전되지 않은 경우는 20례였고 나머지 6례에서는 증상 호전 여부가 뚜렷하지 않았으며 그 분포는 SPECT/CT 축상면상 섭취증가 양상과 무관하였다(Table 5).

단순방사선사진상 대퇴경골각과 경골후방경사각을 분석한 결과는 아래표와 같으며 이 역시 SPECT/CT 축상면상 섭취증가 양상과 무관하였다(Table 6).

Table 4-1. Analysis between SPECT/CT uptake patterns on axial, coronal and sagittal images in Group 3.

	No uptake	Middle Focal	Posterior Focal	Middle Crescent	Posterior Crescent
Distal(-) Posterior(-)	3	2	6	6	3
Distal(-) Posterior(+)	0	0	0	0	1
Distal(+) Posterior(-)	0	3	0	2	1
Distal(+) Posterior(+)	0	5	2	4	1
p-value = 0.220					

Table 4-2. Analysis between SPECT/CT uptake patterns on axial, coronal and sagittal images in Group 3.

	Posterior Condyle(-)	Posterior Condyle(+)
Distal Condyle(-)	20(51.3%)	1(2.6%)
Distal Condyle(+)	6(15.4%)	12(30.8%)
p-value = 0.000		

Table 5. Analysis between SPECT/CT uptake patterns on axial and clinical symptom in Group 3.

	No uptake	Middle Focal	Posterior Focal	Middle Crescent	Posterior Crescent
Acute	2	5	3	5	3
Chronic	1	5	5	7	3
p-value = 0.919					
Sx. Improve ment(-)	0	5	4	7	4
Sx. Improve ment(-)	2	3	3	4	1
p-value = 0.412					

Table 6. Analysis between SPECT/CT uptake patterns on axial and radiologic feature in Group 3.

	No uptake	Middle Focal	Posterior Focal	Middle Crescent	Posterior Crescent
T-F Angle	5.4° ±1.5°	2.0° ±2.1°	1.6° ±3.9°	2.3° ±2.9°	2.6° ±2.0°
p-value = 0.297					
Posterior Slope	11.3° ±2.0°	11.7° ±3.4°	12.9° ±3.4°	8.9° ±3.2°	9.9° ±3.3°
p-value = 0.189					

고찰

현재 사용되고 있는 비침습적인 검사 방법들 중 반월상 연골 파열의 진단에는 MRI가 가장 정확하다고 받아들여지고 있다. MRI가 널리 사용되기 이전 반월상 연골 파열의 임상적 진단의 정확도는 65%에 불과하다.¹² Crues 등은 144개의 무릎, 277개의 반월상 연골 증례에서 MRI와 관절경수술 소견을 비교한 결과 MRI가 수술 소견과 91.3%에서 일치하였다고 보고하였다.¹³ Reicher 등은 49례의 MRI 소견과 수술 소견을 분석한 결과 MRI에서 반월상 연골 파열로 판단한 예의 약 80%에서 실제로 파열이 있었고, 위양성을 보인 20% 대부분은 반월상 연골 후각부 파열이었다고 하였으나 후각부 파열의 경우 관절경 소견에서도 위음성이 흔히 나타나는 부위이다. 한편 MRI의 음성예측률은 거의 100%에 이른다고 하였다.¹⁴

MRI가 매우 정밀한 해부학적 정보를 제공하는 장점을 가지고 있기는 하지만, 이러한 방사선학적 정보와 실제 환자가 느끼는 통증 혹은 기능 제한은 비례하지 않는 경우가 흔하다. Lethbridge-Cejku 등은 방사선학적 검사 결과가 환자의 임상 증상과 연관성이 크다고 한 반면 비슷한 시기에 Dieppe 등은 방사선학적 검사와 임상 양상 사이에는 연관성이 없고 따라서 방사선학적 변화를 임상 결과의 지표로 사용할 수 없다고 하였다.^{15,16} 따라서 환자의 임상

양상을 보다 더 잘 반영하는 검사가 요구되고 있다. 최근에는 생리적인 변화를 매우 초기에 반영하는 장점을 가진 SPECT를 그 대안으로 제시하려는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

슬관절 병변의 평가에 핵의학 검사가 이용되기 시작한 것은 1980년대부터이다. 1983년에 Marymont 등은 임상적으로 반월상 연골 파열이 의심되는 젊은 운동선수들의 상태를 평가하는 데에 있어서 ^{99m}Tc 를 이용한 ^{99m}Tc 평면 섬광조영술(planar scintigraphy)와 관절조영술(arthrography)을 비교한 결과 두 검사가 반월상 연골 파열을 발견하는 데에 있어서 거의 동등한 결과를 보였다고 보고하였다.¹⁷ 수 년 후 Mooar 등은 104명의 환자를 대상으로 ^{99m}Tc 를 이용한 평면 섬광조영술과 관절경 수술을 시행한 전향적 연구에서 퇴행성 관절염, 반월상 연골 병변, 전층 연골 병변, 그리고 활액막염 네 가지 양상의 슬관절 질환에 있어서 평면 섬광조영술이 매우 높은 민감도와 특이도를 보였다고 보고하였다.¹⁸ 유사한 시기에 전통적인 평면 섬광조영술보다 단일광자방출 전산화단층촬영(SPECT)가 우수하다는 연구결과들이 보고되기 시작하여 SPECT가 널리 사용되게 되었다. Collier 등은 27명의 만성 슬관절 통증 환자를 대상으로 한 전향적 연구에서 전통적인 방사선검사, 방사성핵종 혈관조영술(radionuclide angiography), 평면 골 섬광조영술(planar bone scintigraphy) 그리고 SPECT를 비교한 결과 평면 섬광조영술과 SPECT가

반월상 연골 파열 환자에 있어서 매우 높은 민감도를 보였고 둘 중에서도 SPECT가 더 우수하였다고 보고하였다.¹⁹

반월상 연골 파열의 진단에 있어서 SPECT가 매우 효용성 있는 검사라는 결과를 발표한 연구들도 있다. Grevitt 등은 관절경수술이 계획된 60명의 환자에서 SPECT를 시행하고 반월상 연골 파열을 진단해 관절경 소견과 비교하여 분석한 결과 SPECT가 77%의 민감도, 74%의 특이도, 65%의 음성예측률, 83%의 양성예측률 및 76%의 정확도를 보였다고 하였다.²⁰ 또한 So 등은 내측 반월상 연골 파열에 대하여 73%, 외측 반월상 연골 파열에 대하여 76%의 양성예측률을 보고하였고 민감도는 54%에서 83%로 다양하게 보고한 바 있다.²¹ 또한 반월상 연골 파열의 진단에 있어서 MRI와 SPECT의 효용성을 비교한 연구도 있다. Ryan 등은 반월상 연골 파열을 발견하는 데에 있어서 이학적 검진, MRI, SPECT를 arthroscopy 소견과 비교한 전향적 연구 결과 민감도, 특이도, 양성예측률, 음성예측률이 이학적 검진은 각각 77%, 67%, 76%, 68%, MRI는 각각 80%, 71%, 84%, 71%, SPECT는 각각 84%, 80%, 88%, 76%로 보고하며 SPECT가 MRI에 비해 뒤지지 않는 효용성을 지닌다고 주장하였다.²² Mohammad-naghi Tahmasebi 등도 SPECT와 MRI가 양성예측률이 각각 93%와 94%, 음성예측률이 각각 79%와 88%로 두 가지 검사가 매우 대등하며 따라서 MRI가 불가능하거나 적절치 않은 상황에서 SPECT가

유용한 대체검사가 될 수 있다고 주장하였다.²³

SPECT에서 반월상 연골 파열의 진단 기준으로 Ryan 등은 경골고평부 변연부에서 반달모양의 절반 이상에서 섭취 증가 소견을 제시하였다. 또한 양동이 손잡이형 파열(bucket handle tear)에서는 반달모양의 전장에 걸린 섭취 증가가 나타난다고 하였다.²⁴ 한편 Grevitt 등은 다음의 두 가지 기준을 제시하였다. 첫째는, 축상면상에서 반달모양의 섭취 증가 소견이고 둘째는, 경골부위의 국소적인 강한 섭취 증가 소견과 인접한 대퇴과에서의 증가된 평형 활성(equilibrium activity)이다.²⁰ 첫번째 기준만으로 분석했을 때 SPECT의 민감도, 특이도, 음성예측률, 양성예측률, 정확도는 각각 77%, 74%, 65%, 83%, 76% 였으나 두번째 기준을 포함하여 분석하면 각각 90%, 74%, 81%, 85%, 84%로 향상된다고 보고하였다.

이처럼 SPECT는 반월상 연골 파열의 진단에 있어서 MRI와 유사한 효용성을 지닌 장점 외에도 검사 시간이 짧으며 검사 비용도 저렴하고 연골하 병변의 상태를 민감하게 반영하고 양측을 한번의 검사로 동시에 시행할 수 있는 다양한 장점을 지니고 있다.²⁵ 그러나 해부학적인 비선명성 때문에 특이도가 낮은 단점이 있으며 이는 많은 임상 의들이 SPECT의 이용을 주저하는 가장 큰 이유이다. 이러한 상황에서 해부학적 정확도를 지닌 CT와 SPECT를 병합시킨 SPECT/CT는 SPECT의 대안이 될 수 있다.

SPECT/CT는 기능적인 검사인 SPECT와 해부학적 검사인 CT를 동일 단층면상 이미지에서 병합한 것으로서 심장학, 핵의학, 종양학, 신경학, 정형외과학 등 다양한 분야에서 SPECT 소견을 명확하게 해석할 수 없는 상황에서 그 유용성이 입증되고 있다.²⁶ 마찬가지로 슬관절 분야에서도 최근 들어서 SPECT/CT의 효용성에 관한 연구가 제한적인 경우에 한해서 몇몇 보고되고 있다. 예를 들어 Hirschmann 등은 근위 경골 절골술, 내측 인공슬관절 반치환술, 인공슬관절 전치환술 후 통증을 호소하는 환자들에게 진단과 치료 방침을 제시하는 데에 있어서 SPECT/CT가 유용했다고 보고하였다.⁹ 또한 전방십자인대 재건술 후 통증을 호소하는 경우에도 3차원 CT에서의 터널 위치 정보와 SPECT/CT에서의 대사 정보를 결합하여 유용한 진단을 하였다고 증례 보고를 하기도 하였다.²⁷ Konala 등은 3등급의 박리성 골연골염 수술 후에 다른 모든 검사에서 정상적인 결과를 보임에도 불구하고 지속적으로 통증을 호소하는 환자에서 SPECT/CT를 통해 명확한 진단(골연골 조각의 불유합)을 내릴 수 있었다고 보고하였는데, 이 역시 증례 보고이다.²⁸ 한편 반월상 연골 파열에 있어서 SPECT/CT가 어떤 효용성을 가지고 있는지에 대한 연구는 아직 증례 보고조차 전무한 상태이다.

앞서 기술한 이론적 배경들에 근거해서, 본 연구에서는 반월상 연골 파열 환자에 있어서 변연부환의 온전성 여부에 따라

SPECT/CT에서의 섭취양상이 어떠한 차이를 보이는지 조사하였고 후근부 파열군과 변연부환 파괴군 사이의 유사성을 발견하였다. 또한 후근부 파열군 내에서 섭취양상은 임상증상의 기간이나 호전 여부에 따라 달라지지 않았다. 이전의 많은 SPECT 관련 연구들에서 연구대상이 여러가지 슬관절 질환을 포함하고 있는 경우가 많았고, 따라서 반월상 연골 파열 혹은 전방십자인대 손상 등 개개의 질환에 대해서는 연구 대상 수가 십여 레에 불과할 정도로 작았다. 그러나 본 연구는 이러한 단점을 극복하고자 여러 가지 슬관절 질환 중 내측 반월상 연골 파열로 질환 및 부위를 한정적으로 설정하여 비교적 동질적인 연구대상을 규정하였으며 이는 본 연구의 장점이라 할 수 있겠다. 그러나 모든 레에서 관절경 검사를 통해 확진을 내리지 못하였기에 MRI를 gold standard로 하여 해석할 수 밖에 없는 단점이 있었고 hoop stress 자체를 측정할 수가 없어서 변연부환의 온전성을 hoop stress 유지의 지표로 추정할 한계점이 있었다. 또한 후향적으로 진행된 본 연구의 특성상 많은 변수들이 적절히 통제되지 못하였고 또한 임상 자료가 충분히 확보되지 못하여서 SPECT/CT의 임상적인 효용성은 확인할 수 없었다.

결론

내측 반월상 연골 파열에 있어서 변연부환이 보존된 경우에는 SPECT/CT상 국소적인 섭취를 보이는 경우가 많았으며 변연부환이 파괴된 경우에는 SPECT/CT상 보다 광범위한 섭취를 보이는 경우가 많았다. 또한 후근부 파열의 경우에는 그에 따른 특이적인 섭취양상을 보이지는 않았으나 변연부환이 파괴된 경우와 유사한 섭취양상으로 보였다. 이는 SPECT/CT에서의 섭취양상에는 반월상 연골 파열의 해부학적 양상보다는 변연부환에 의해 hoop stress가 유지되는지 여부가 중요한 영향을 미친다고 해석할 수 있다.

참고문헌

1. Kidron A, Thein R. Radial tears associated with cleavage tears of the medial meniscus in athletes. *Arthroscopy*. Mar 2002;18(3):254-256.
2. Pagnani MJ, Cooper DE, Warren RF. Extrusion of the medial meniscus. *Arthroscopy*. 1991;7(3):297-300.
3. Brody JM, Hulstyn MJ, Fleming BC, Tung GA. The meniscal roots: gross anatomic correlation with 3-T MRI findings. *American journal of roentgenology*. May 2007;188(5):W446-450.
4. Marzo JM, Gurske-DePerio J. Effects of medial meniscus posterior horn avulsion and repair on tibiofemoral contact area and peak contact pressure with clinical implications. *The American journal of sports medicine*. Jan 2009;37(1):124-129.
5. Ahn JH, Wang JH, Lim HC, et al. Double transosseous pull out suture technique for transection of posterior horn of medial meniscus. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. Mar 2009;129(3):387-392.
6. Allaire R, Muriuki M, Gilbertson L, Harner CD. Biomechanical consequences of a tear of the posterior root of the medial meniscus. Similar to total meniscectomy. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. Sep 2008;90(9):1922-1931.
7. Bin SI, Kim JM, Shin SJ. Radial tears of the posterior horn of the medial meniscus. *Arthroscopy*. Apr 2004;20(4):373-378.
8. Boegard T, Rudling O, Dahlstrom J, Dirksen H, Petersson IF, Jonsson K. Bone scintigraphy in chronic knee pain: comparison with magnetic resonance imaging. *Annals of the rheumatic diseases*. Jan 1999;58(1):20-26.

9. Hirschmann MT, Iranpour F, Davda K, Rasch H, Hugli R, Friederich NF. Combined single-photon emission computerized tomography and conventional computerized tomography (SPECT/CT): clinical value for the knee surgeons? *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. Mar 2010;18(3):341-345.
10. Siegel Y, Golan H, Thein R. ^{99m}Tc-methylene diphosphonate single photon emission tomography of the knees: intensity of uptake and its correlation with arthroscopic findings. *Nuclear medicine communications*. Sep 2006;27(9):689-693.
11. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthritis. *Annals of the rheumatic diseases*. Dec 1957;16(4):494-502.
12. Ireland J, Trickey EL, Stoker DJ. Arthroscopy and arthrography of the knee: a critical review. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. Feb 1980;62-B(1):3-6.
13. Crues JV, 3rd, Mink J, Levy TL, Lotysch M, Stoller DW. Meniscal tears of the knee: accuracy of MR imaging. *Radiology*. Aug 1987;164(2):445-448.
14. Reicher MA, Hartzman S, Duckwiler GR, Bassett LW, Anderson LJ, Gold RH. Meniscal injuries: detection using MR imaging. *Radiology*. Jun 1986;159(3):753-757.
15. Lethbridge-Cejku M, Scott WW, Jr., Reichle R, et al. Association of radiographic features of osteoarthritis of the knee with knee pain: data from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Arthritis care and research*. Sep 1995;8(3):182-188.
16. Dieppe PA, Cushnaghan J, Shepstone L. The Bristol 'OA500' study: progression of osteoarthritis (OA) over 3 years and the relationship between clinical and radiographic changes at the

- knee joint. *Osteoarthritis and cartilage*. Mar 1997;5(2):87-97.
17. Marymont JV, Lynch MA, Henning CE. Evaluation of meniscus tears of the knee by radionuclide imaging. *The American journal of sports medicine*. Nov-Dec 1983;11(6):432-435.
 18. Mooar P, Gregg J, Jacobstein J. Radionuclide imaging in internal derangements of the knee. *The American journal of sports medicine*. Mar-Apr 1987;15(2):132-137.
 19. Collier BD, Johnson RP, Carrera GF, et al. Chronic knee pain assessed by SPECT: comparison with other modalities. *Radiology*. Dec 1985;157(3):795-802.
 20. Grevitt MP, Taylor M, Churchill M, Allen P, Ryan PJ, Fogelman I. SPECT imaging in the diagnosis of meniscal tears. *Journal of the Royal Society of Medicine*. Nov 1993;86(11):639-641.
 21. So Y, Chung JK, Seong SC, et al. Usefulness of 99Tcm-MDP knee SPET for pre-arthroscopic evaluation of patients with internal derangements of the knee. *Nuclear medicine communications*. Jan 2000;21(1):103-109.
 22. Ryan PJ, Reddy K, Fleetcroft J. A prospective comparison of clinical examination, MRI, bone SPECT, and arthroscopy to detect meniscal tears. *Clinical nuclear medicine*. Dec 1998;23(12):803-806.
 23. Tahmasebi MN, Saghari M, Moslehi M, Gholamrezanezhad A. Comparison of SPECT bone scintigraphy with MRI for diagnosis of meniscal tears. *BMC nuclear medicine*. Apr 14 2005;5(1):2.
 24. Ryan PJ, Taylor M, Grevitt M, et al. Bone single-photon emission tomography in recent meniscal tears: an assessment of diagnostic criteria. *European journal of nuclear medicine*. Aug 1993;20(8):703-707.
 25. Kim HR, So Y, Moon SG, Lee IS, Lee SH. Clinical value of

- (99m)Tc-methylene diphosphonate (MDP) bone single photon emission computed tomography (SPECT) in patients with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and cartilage*. Feb 2008;16(2):212-218.
- 26.** Bybel B, Brunken RC, DiFilippo FP, Neumann DR, Wu G, Cerqueira MD. SPECT/CT imaging: clinical utility of an emerging technology. *Radiographics*. Jul-Aug 2008;28(4):1097-1113.
- 27.** Hirschmann MT, Adler T, Rasch H, Hugli RW, Friederich NF, Arnold MP. Painful knee joint after ACL reconstruction using biodegradable interference screws- SPECT/CT a valuable diagnostic tool? A case report. *Sports medicine, arthroscopy, rehabilitation, therapy & technology*. 2010;2:24.
- 28.** Konala P, Iranpour F, Kerner A, Rasch H, Friederich NF, Hirschmann MT. Clinical benefit of SPECT/CT for follow-up of surgical treatment of osteochondritis dissecans. *Annals of nuclear medicine*. Oct 2010;24(8):621-624.

Abstract

Comparison of Bone SPECT/CT Uptake Pattern in Medial Meniscal Tears Grouped by Peripheral Rim Preservation

Sae Hyung Chun

Department of Orthopedic Surgery

College of Medicine

Seoul National University

Introduction

SPECT/CT is a noble method that represent the physiologic change of the tissue and its utilization is increasing recently. In this study, the medial meniscal tears were grouped in three different types based on whether the peripheral rim of the medial meniscus was preserved and SPECT/CT uptake pattern

was analyzed to investigate how SPECT/CT represent the biomechanical results of meniscal tear.

Methods

From January to November 2013, the patients with medial meniscal tear who were diagnosed by MRI and carried out SPECT/CT were included. Of those, the patients who had severe osteoarthritis of K-L grade 3, 4 or instability of the concerned knee were excluded. The cases were grouped in three different groups. Group 1 was the cases with intact peripheral rim. Group 2 was the cases with destructed peripheral rim. Group 3 was the cases of posterior root tear. SPECT/CT uptake pattern was investigated in these three groups according to five different types on axial image. In addition, Group 3 was investigated in the viewpoint on coronal and sagittal images, clinical symptoms and radiologic features.

Results

In Group 1, 9 cases(23.7%) showed no increased uptake, 18 cases(47.3%) showed middle focal pattern, 3 cases(7.9%) showed posterior focal pattern, 8 cases(21.1%) showed middle crescent pattern and there was no case of posterior crescent pattern. In Group 2, 3 cases(10%) showed

no increased uptake, 11 cases(36.7%) showed middle focal pattern, 1 cases(3.3%) showed posterior focal pattern, 11 cases(36.7%) showed middle crescent pattern and 4 cases(13.3%) showed posterior crescent pattern. In Group 3, 3 cases(7.7%) showed no increased uptake, 10cases(25.6%) showed middle focal pattern, 8 cases(20.5%) showed posterior focal pattern, 12 cases(30.8%) showed middle crescent pattern and 6 cases(15.3%) showed posterior crescent pattern. There was statistically significant difference between the three groups. When the uptake patterns were regrouped in no uptake, focal pattern and crescent pattern, focal pattern was more frequent in Group 1 and crescent pattern was more frequent in Group 2, 3. When the uptake patterns were regrouped in no uptake, middle pattern and posterior pattern, posterior pattern was more frequent in Group 3. There was no relation between SPECT/CT uptake pattern and clinical, radiologic features in Group 3.

Conclusions

Focal uptake pattern in SPECT/CT was more frequent in medial meniscal tear with intact peripheral rim and more extensive uptake pattern in SPECT/CT was more frequent in medial meniscal tear with destructed peripheral rim. In case of medial

meniscal posterior root tear, no unique pattern was found. However, the result of SPECT/CT uptake pattern of medial meniscal posterior root tear was similar to that of destructed peripheral rim. It could be interpreted that the peripheral rim, not the anatomical site, is important to maintain hoop stress of meniscus and consequently effect SPECT/CT uptake pattern.

Keywords: medial meniscal tear, peripheral rim, SPECT/CT, uptake pattern

Student Number: 2011-23757