

## 이중에너지컴퓨터단층촬영을 이용한 통풍의 진단

이창훈<sup>1</sup> · 이명수<sup>1</sup> · 안선호<sup>1</sup> · 이유민<sup>1</sup> · 김현정<sup>1</sup> · 송주홍<sup>1</sup> · 정선관<sup>2</sup>

원광대학교 의과대학 내과학교실<sup>1</sup>, 영상의학교실<sup>2</sup>

### Dual-Energy CT as a New Diagnostic Tool for Gout

Chang Hoon Lee<sup>1</sup>, Myeung Su Lee<sup>1</sup>, Sun Ho Ahn<sup>1</sup>, Yu Min Lee<sup>1</sup>, Hyeon Jeong Kim<sup>1</sup>,  
Ju Hung Song<sup>1</sup>, Seon-Kwan Juhng<sup>2</sup>

Departments of Internal Medicine<sup>1</sup>, Radiology<sup>2</sup>, Wonkwang University College of Medicine, Iksan, Korea

Gout is the most common crystal-associated arthropathy. Gout is caused by deposition of monosodium urate crystals within the joints, and it is often associated with hyperuricemia. Acute gout involves the first metatarsophalangeal joint (podagra) in approximately 50% of cases and its peak incidence occurs in middle age. Although the clinical features can help with making the diagnosis of gout, many inflammatory diseases such as cellulitis, pseudogout and septic arthritis can mimic or coexist with it. The definitive diagnosis requires polarized light microscopy of the fluid aspirated from the involved joint and this shows needle-shaped, negative birefringent mono-

sodium urate crystals. However, joint aspiration can be technically difficult, and none of the conventional imaging modalities for gout specifically identifies the chemical composition of uric acid. The advent of Dual-Energy CT (DECT) is a noninvasive method that has the potential to confirm gout and monitor the response to treatment. DECT scan can show monosodium urate deposition by using color coding. The authors performed DECT scans for detecting uric acid deposition and confirming the gout noninvasively.

**Key Words.** Gout, Dual-Energy CT, Noninvasive

### 서 론

통풍은 요산 결정이 관절에 침착하여 생기는 염증성 관절염으로 주로 소수관절을 침범한다. 침범한 관절에서 관절액을 천자한 후 편광현미경을 통해 음성 이중 굴절성 바늘 모양의 요산 결정이 보이면 확진할 수 있다. 그러나 통풍이 강력히 의심되더라도 침범 관절에서 관절액을 천자하기가 어렵고 천자하더라도 요산 결정을 편광현미경으로 확인하지 못하는 경우가 많다. 또한 통풍은 임상증상만으로 화농성 관절염, 가성 통풍 및 연부 조직염과 감별하기

어렵다.

이중에너지컴퓨터단층촬영(Dual-Energy CT)은 조직특이 영상 감소법을 이용하여 연부 조직과 요산 결정을 구분하여 컬러 영상으로 나타낼 수 있다. 이를 이용하여 비침습적인 방법으로 요산 결정을 영상화시켜 관절 및 연부조직 내의 요산 침착을 확인할 수 있게되었다. 이에 저자들은 이중에너지컴퓨터단층촬영을 이용하여 비침습적으로 통풍을 진단한 증례를 소개하고자 한다.

### 증례

#### 증례 1

환자: 30세, 여자

주소: 양쪽 제1중족지 관절(podagra) 및 오른손 1~5번 째 근위 및 원위지간 관절 통증 및 홍반을 동반한 부종

현병력: 3일 전 약물 과다 복용으로 소화기내과에 입원 치료 중 의뢰 당일 아침 생긴 양발 제1중족지 관절과 오른

<접수일: 2011년 1월 4일, 수정일 (1차: 2011년 2월 7일, 2차: 2011년 2월 28일), 심사통과일: 2011년 2월 28일>

통신자: 정선관

전북 의산시 신용동 344-2번지  
원광대학교 의과대학 영상의학교실  
E-mail: juhngsk@wonkwang.ac.kr



**Figure 1.** The images visualize multiple tophi around the proximal interphalangeal joints of the right hand and the 1<sup>st</sup> metatarsophalangeal joint of the left foot.



**Figure 2.** The dual energy computed tomography images demonstrate uric acid deposits (green color) on multiple joints of the right hand and both feet.

손 1~5번째 근위 및 원위지간 관절에 흰색의 다발성 통풍 결절과 함께 홍반을 동반한 부종 및 압통을 주소로 의뢰되었다.

**과거력:** 약 7년간 하루 소주 1~2병을 마시는 만성 알코올 중독자로 2년 전 원발 5번째 중족지관절에 통풍을 진단 받고 간헐적으로 프레드니솔론 10 mg/일, 비스테로이드성 소염진통제와 콜킨 1.2 mg/일 및 알로퓨리놀 100 mg/일을 복용 중이었으며 알코올성 간경변 및 요산염 신장병을 진단받은 환자이다.

**신체검사:** 의뢰 당시 혈압 120/80 mmHg, 맥박수 분당 74회, 호흡수 분당 20회, 체온은 36.4°C이었다. 양 발 제1중족지 및 오른손 1~5번째 근위 및 원위지간 관절에 부종과 열감 및 홍반이 관찰되었고 압통이 있었으며 하얀색의 통풍 결절이 다발성으로 있었다(그림 1).

**검사실 소견:** 말초 혈액 검사에서 백혈구 14,090/mm<sup>3</sup> (과립구 90.8%, 림프구 3.8%), 혈색소 12.8 g/dL, 혈소판 193,000/mm<sup>3</sup>, 적혈구 침강 속도 78 mm/hr, C-반응단백 49 mg/L (0~5 mg/L)이었으며, 생화학적 검사에서 AST 48

IU/L, ALT 90 IU/L, ALP 422 IU/L, LDH 381 U/L, BUN 30.8 mg/dL, Cr 1.48 mg/dL이었다. 총 콜레스테롤/중성지방/HDL 콜레스테롤은 각각 312, 186, 50 mg/dL 이었으며 LDL 콜레스테롤은 150 mg/dL로 상승하였다. 류마티스 인자는 19.6 IU/mL (정상: 0~10 IU/mL)로 상승하였고 항핵 항체, 항dsDNA 항체, B형 간염, C형 간염, HIV 항체는 모두 음성이었다. 의뢰 당시 혈중 요산 수치는 7.0 mg/dL (정상치: 3.5~7.2 mg/dL)로 정상이었다. 소변 검사에서 백혈구, 적혈구, 단백뇨는 검출되지 않았다.

**방사선학 소견:** 내원 당시 단순 방사선 사진에서 양발 제1중족지 관절에 연부 조직 음영 증가 외에 골미란은 없었고 오른손에도 연부 조직 부종을 나타내는 음영 증가만 보였다. 급성 통풍 여부를 확인하기 위해 실시한 이중에너지 컴퓨터단층촬영 결과 초록색의 요산 침착이 통풍 결절 부위와 일치하게 양쪽 제1중족지 관절과 오른손 1~5번째 근위 및 원위지간 관절(그림 2)에서 관찰되었다.

**천자액 검사:** 환자 병력 청취에서 최근 1주일 간 과음하였고 양 발 제1중족지 및 오른손 1~5번째 근위 및 원위

지간 관절에 하얀색의 통풍 결절이 다발성으로 관찰되고 이중에너지컴퓨터단층촬영결과 초록색의 요산 침착이 통풍 결절 부위와 일치하여 관절액 천자는 실시하지 않았다.

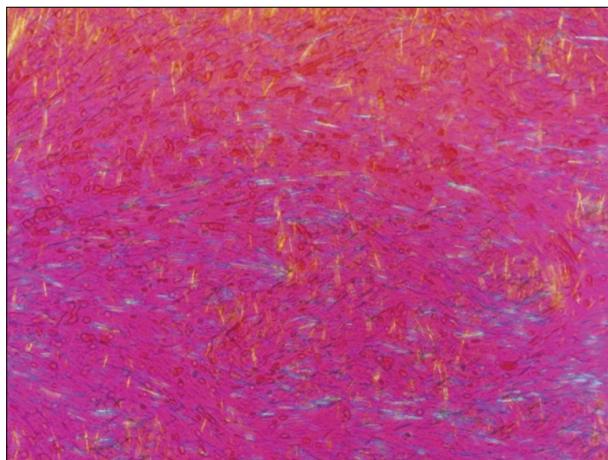
**치료 및 경과:** 환자는 이 전에 비스테로이드성 소염제, 콜킨 및 프레드니솔론과 알로퓨리놀을 병용 투여하고 있어 프레드니솔론은 메틸프레드니솔론(30 mg/일)으로 증량하여 정맥투여하고 나머지 약제는 유지후 증상 호전되면서 스테로이드 감량하여 급성 악화 없이 외래 추적 관찰 중이다.

## 증례 2

환자: 41세, 남자

주소: 왼쪽 무릎 통증, 부종 및 열감

현병력: 내원 전날 아침 갑작스럽게 발생한 왼쪽 무릎의 부종과 열감 및 통증을 주소로 내원하였다.



**Figure 3.** Repolarizing microscopy of the aspirated fluid from the left knee shows negative birefringent needle-shaped crystals, indicating monosodium urate crystals.

**과거력:** 5년 전부터 양측 발목 통증으로 통풍 진단받고 6개월 전 오른쪽 외측 복사 부위 통풍 결절 제거술을 받은 자로 간헐적으로 소염진통제와 콜킨, 알로퓨리놀을 복용하고 있었다.

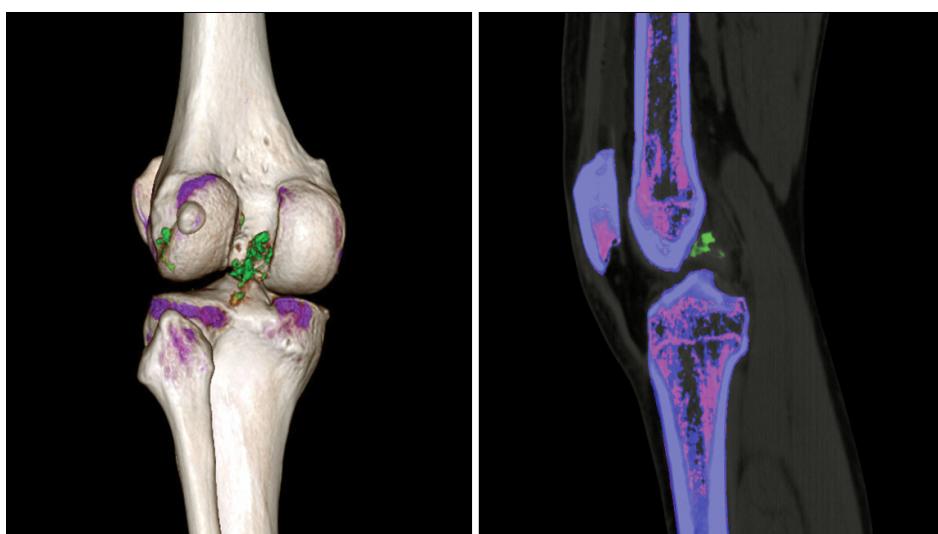
**신체검사:** 내원 당시 혈압 120/80 mmHg, 맥박수 분당 95회, 호흡수 분당 18회, 체온은 37.1°C이었다. 왼쪽 무릎에 부종과 열감 및 홍반이 관찰되었고 압통이 있었으며 무릎의 신전(extension)이 되지 않았다.

**검사실 소견:** 말초 혈액 검사에서 백혈구 6,120/mm<sup>3</sup> (과립구 46.2%, 림프구 41.3%, 호산구 5.9%), 혈색소 16.5 g/dL, 혈소판 255,000/mm<sup>3</sup>, 적혈구 침강 속도 12 mm/hr, C-반응단백 0.77 mg/L (0~5 mg/L)이었으며, 생화학적 검사에서 AST 27 IU/L, ALT 54 IU/L, ALP 274 IU/L, LDH 275 U/L, BUN 6.2 mg/dL, Cr 0.95 mg/dL이었다. 총 콜레스테롤, 중성지방, HDL 콜레스테롤은 각각 230, 148, 57 mg/dL 이었으며 LDL 콜레스테롤은 140 mg/dL로 상승하였다. 항핵항체 음성, 류마티스 인자 음성, 항dsDNA 항체 음성이었고, B형 간염, C형 간염, HIV 항체는 모두 음성이었다. 내원 당시 혈중 요산 수치는 9.8 mg/dL (정상치: 3.5~7.2 mg/dL)로 상승하였다. 소변 검사에서 백혈구, 적혈구, 단백뇨는 검출되지 않았다.

**방사선학 소견:** 내원 당시 촬영한 단순 방사선 사진에서 양쪽 슬관절에 특이소견은 없었다. 급성 통풍 여부를 확인하기 위해 실시한 이중에너지컴퓨터단층촬영에서 왼쪽 슬관절 후방십자인대에 초록색의 요산 침착이 관찰되었다(그림 3).

**천자액 검사:** 왼쪽 무릎에서 관절액 10 cc를 흡인한 결과 WBC 16,000/mm<sup>3</sup> (중성구 90%)이었고, 편광현미경 검사에서 음성 이중 굴절을 보이는 바늘 모양의 결정들이 다수 관찰되어 통풍으로 진단하였다(그림 4). 관절액 염색 및 배양 검사는 모두 음성이었다.

**치료 및 경과:** 환자는 급성 증상 완화를 위해 비스테로이드성 소염제, 콜킨 및 프레드니솔론(10 mg/일)을 경구 투



**Figure 4.** The dual energy computed tomography images demonstrate uric acid deposits (green color) on the posterior cruciate ligament of the left knee.

여하기 시작하였고 왼쪽 슬관절관절강 내로트리암시놀론 50 mg을 투여하였다. 이 후 임상 증상 호전되어 알로퓨리놀(200 mg/일)을 병용 투여하였고 프레드니솔론을 감량하며 재발이 없는 상태로 외래 추적 관찰 중이다.

## 고 쳤

통풍은 대표적인 대사 질환의 하나로써 purine 대사의 최종 산물인 요산의 축적으로 고요산혈증이 발생하여, 요산 염이 관절 활액막, 연골, 연골하 골 및 관절 주위 조직과 피하 조직에 침착되면서 염증을 일으키며, 심한 경우 전신적인 장애가 생기고 통풍결절(tophus)이 피하에 나타날 수 있다 (1). 하지만, 고요산혈증은 반드시 통풍을 일으키는 것은 아니며, 통풍 발작이 있더라도 혈중 요산 수치가 정상일 수 있다 (2).

전형적인 급성 통풍은 약 50%에서 엄지발가락의 중족지 관절(metatarsophalangeal joint)을 침범하며 흥반성 부종 및 압통을 동반한다. 소수 말초 관절을 주로 침범하나 어떤 관절이든 침범할 수 있으며 통풍이 지속되면 축골격(axial skeleton)도 침범할 수 있다. 다발성 통풍 관절염은 흔하지 않으나 나타날 수 있으며 대부분 중년 이상의 여성에서 나타난다 (3).

통풍은 임상 증상이 확실하더라도 화농성 관절염 및 다른 결정 유발성 관절염과의 감별이 어렵고 감염을 쉽게 배제할 수 없으며 침범한 관절에서 관절액을 천자한 후 편광 현미경을 통해 음성 이중 굴절의 바늘 모양 요산 결정이 보이면 확진 할 수 있다. 본 증례에서는 30대 초반의 여성에서 양 발의 제1중족지 관절을 포함한 다발성 통풍 관절 염이 온 경우로 이는 알코올 중독증이라는 특수한 환경에 의해 생긴 것으로 생각되며 흰색의 통풍 결절이 통증을 호소하는 모든 말초 관절에 나타나 통풍을 쉽게 진단할 수 있었고 41세 남성 환자는 관절 흡입액을 편광현미경으로 검사한 결과 요산 결정을 찾아 진단 할 수 있었다. 하지만 임상 증상으로 통풍이 매우 의심되더라도 침범 관절에서 관절액을 천자하기가 어렵고 천자하더라도 요산 결정체를 편광현미경으로 확인 하지 못하는 경우가 많다. 따라서 비침습적으로 통풍을 확진하고 방사선적 변화가 오기 전에 치료에 대한 반응을 모니터링 할 수 있는 방법이 필요하다.

통풍을 확진하고 모니터링 할 수 있는 영상학적 기법으로 단순 방사선 사진 (3), 초음파 (3,4), 컴퓨터단층촬영 (3) 그리고 자기공명영상 (3,5)이 소개되고 있다. 초음파는 염증성 관절 질환을 감별진단 하기가 어렵고 자기공명영상은 방사선 노출없이 통풍 결절 진단에 유용하고 임상증상만으로 구별이 어려운 화농성 관절염, 가성 통풍 및 연부 조직염과 구별이 가능하다. 이중에너지컴퓨터단층촬영은 통풍 결절 진단이 가능하며 자기공명영상과 같이 고가의 검사가 아니나, 다른 질환과의 감별진단이 용이하지 않고 소량이지만 방사선 노출이 된다는 단점이 있다. 결국, 방

사선 노출을 최소로 하고 비침습적이면서 요산결정체에 특이적인 영상을 나타낼 수 있는 것이 가장 이상적인 영상학적 기법이 될 것이다.

최근에 심혈관 내 석회화 발견에 있어 확실한 자리를 잡은 영상기법인 이중에너지컴퓨터단층촬영이 요산 결정체를 칼슘 및 연부 조직과 분리시켜 영상화 할 수 있다고 소개되었다 (6). 이중에너지컴퓨터단층촬영은 1~2개의 X-ray tube 와 상응하는 탐지기로 구성되어 동시에 서로 다른 에너지 준위에서 영상을 얻을 수 있고 2개의 서로 다른 정보 묶음을 후처리 소프트웨어에 넣어 바로 처리할 수 있다 (7,8). 따라서 서로 다른 에너지 준위에서 2번 촬영하였을 때 환자 움직임과 실수로 등록된 자료에 의해 생길 수 있는 오류를 차단한 후 조직 특이 영상 감쇠법으로 요산결정과 칼슘을 분리하여 컬러 영상으로 나타낼 수 있다.

조직 특이 영상 감쇠법은 원자번호와 광양자 에너지 준위에 따라서 광양자의 감쇠 변화가 달라진다는 물리학 법칙을 기초로 요산과 칼슘의 원자번호에 따른 감쇠 변화를 CT 값으로 바로 전환하여 영상화 하는 것을 말한다 (7,8). Single-energy threshold-based technique에 비교하여 이중에너지컴퓨터단층촬영은 전환된 컴퓨터단층촬영 값이 조직의 밀도나 농도에 영향을 받지 않아 각각의 조직을 색으로 영상화하는 데 특이적으로 나타낼 수 있다는 장점이 있다 (9). 이런 이중에너지컴퓨터단층촬영을 이용한 신장결석 in vivo와 in vitro 연구에서 요산 결석을 칼슘 함유 결석과 정확하게 분리하여 영상화시켰다 (8,10). Choi 등은 변형 신장 결석 이중에너지컴퓨터단층촬영 protocol을 이용하여 20명의 통풍 결절 환자와 10명의 정상인의 관절 내 요산 결정을 영상화 한 실험에서 통풍 결절 환자에서 모두 요산 침착을 영상화하였고 신체 검진을 통해 확인한 통풍 침범 면적보다 4배 이상 넓은 요산 침착을 확인하였다 (10). 또한 혈중 요산 수치가 정상이면서 편광 현미경을 통해 관절 천자액에서 요산 결정을 확인한 경우에도 이중에너지컴퓨터단층촬영을 통해 요산 침착을 영상으로 볼 수 있었다 (9). 본 증례에서는 다발성 통풍 결절이 있는 환자에서 동일 부위의 요산 침착을 초록색 영상으로 볼 수 있었고, 무릎 관절 천자액으로 요산 결정을 확인한 급성 통풍 환자에서 통풍 결절이 육안으로 관찰되지 않은 후방 십자 인대에서 요산 침착을 영상으로 확인하여 이중에너지컴퓨터단층촬영이 임상적으로 통풍이 의심되는 경우 문제 해결형 진단적 도구로 유용할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

이러한 이중에너지컴퓨터단층촬영은 최근 통풍 진단 뿐만 아니라 통풍 결절 부피를 구하는데 이용되고 있다. 지금까지 부피 측정에 이용된 MRI는 통풍 결절 부피를 계산하는데 수작업을 통한 연속적인 영상 추적이 필요하지만, 이중에너지컴퓨터단층촬영은 자동 부피 측정 과정을 통해 각각의 임상적 또는 비증상 통풍 결절의 부피를 합하여 말초 관절의 요산 결정 침착 부위의 총 부피를 구할 수 있다

(11). 본 환자들은 부피 측정 소프트웨어가 완성되기 전에 촬영하여 결절 부피를 구할 수 없었다.

그리고 이중에너지컴퓨터단층촬영은 말초 관절을 영상화하는데 필요한 방사선 노출이 최소로 측정된다. 이중에너지컴퓨터단층촬영 방사선 노출양은 각 스캔 부위당 0.5 mSv이고 모든 말초 관절을 스캔할 경우 총 2~3 mSv로, 이는 1년 평균 자연 방사선 노출양인 2.4 mSv와 유사하다 (12). 국제방사선방호위원회에서 발표한 방사선 mSv당 사망률은 30~40대에서 10만명 당 3.5명이며 통풍 진단에 필요한 영상은 방사선에 둔감한 말초 관절이고 환자들 대부분은 중년 또는 고령이므로 최소한의 방사선을 방출하는 방법이 필요하므로 이런 점에서 이중에너지컴퓨터단층촬영이 통풍 진단에 적합한 방법이 되겠다. 다만 지금까지 요산 결절이 많지 않은 초기 통풍 진단에는 대규모 연구가 없는 실정이다. 따라서 이중에너지컴퓨터단층촬영의 정확성과 유용성을 확인하기 위해 처음으로 급성 통풍 발작이 일어난 환자를 대상으로 한 대규모 연구가 필요하겠다.

본 증례로 이중에너지컴퓨터단층촬영이 급성 통풍 진단에 매우 정확한 방법임을 알 수 있었다. 현재까지 정확하게 통풍을 확진 할 수 있는 영상학적 기법은 이중에너지컴퓨터단층촬영이 유일하다. 이중에너지컴퓨터단층촬영은 요산 결정을 정확하게 찾을 수 있어 조직흡인이나 관절천자 등의 침습적인 술기를 피할 수 있고 통풍 및 신장 요산 결석은 약물 요법에 반응이 좋으므로 불필요한 비약물적 치료를 피하는 데 유용하겠다. 또한 향후 무증상 통풍 결절 환자 진단과 요산 결정 침착 부위의 용적 측정을 이용한 요산 저하 표준 약물 및 신약을 모니터링하는데 중요한 영상기법이 될 수 있겠다. 가장 중요한 것은 시각적으로 분명한 3차원적인 영상을 제공하여 통풍에 대한 이해하기 쉽고 정확한 정보 전달을 환자에게 할 수 있다는 것이다.

## 요약

이중에너지컴퓨터단층촬영은 급성 통풍이 의심될 경우 관절 천자와 같은 침습적인 술기를 피하면서 통풍을 정확하게 진단 할 수 있는 문제 해결형 도구이며 통풍 결절의 치료 반응과 요산 저하 표준 약물 및 신약의 효과를 모니터링 하는데 유용하게 쓰일 수 있겠다.

## 감사의 글

이 논문은 2009년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수

행됨.

## 참고문헌

1. Choi IY, Whang KS, Ahn SC, Kim YH. A clinical study on gouty arthritis. J Korean Rheum Assoc 1994;1: 169-74.
2. Choi HK, Mount DB, Reginato AM; American College of Physicians; American Physiological Society. Pathogenesis of gout. Ann Intern Med 2005;143:499-516.
3. Monu JU, Pope TL Jr. Gout: a clinical and radiologic review. Radiol Clin North Am 2004;42:169-84.
4. Thiele RG, Schlesinger N. Diagnosis of gout by ultrasound. Rheumatology (Oxford) 2007;46:1116-21.
5. Schumacher HR Jr, Becker MA, Edwards NL, Palmer WE, MacDonald PA, Palo W, et al. Magnetic resonance imaging in the quantitative assessment of gouty tophi. Int J Clin Pract 2006;60:408-14.
6. Reimann AJ, Rinck D, Birinci-Aydogan A, Scheuering M, Burgstahler C, Schroeder S, et al. Dual-source computed tomography: advances of improved temporal resolution in coronary plaque imaging. Invest Radiol 2007;42:196-203.
7. Johnson TR, Krauss B, Sedlmair M, Grasruck M, Bruder H, Morhard D, et al. Material differentiation by dual energy CT: initial experience. Eur Radiol 2007;17:1510-7.
8. Graser A, Johnson TR, Chandarana H, Macari M. Dual energy CT: preliminary observations and potential clinical applications in the abdomen. Eur Radiol 2009;19: 13-23.
9. Nicolaou S, Yong-Hing CJ, Galea-Soler S, Hou DJ, Louis L, Munk P. Dual-energy CT as a potential new diagnostic tool in the management of gout in the acute setting. AJR Am J Roentgenol 2010;194:1072-8.
10. Choi HK, Al-Arfaj AM, Eftekhari A, Munk PL, Shojania K, Reid G, et al. Dual energy computed tomography in tophaceous gout. Ann Rheum Dis 2009;68: 1609-12.
11. Schumacher HR Jr, Becker MA, Edwards NL, Palmer WE, MacDonald PA, Palo W, et al. Magnetic resonance imaging in the quantitative assessment of gouty tophi. Int J Clin Pract 2006;60:408-14.
12. Anonymous. Report of the united nations scientific committee on the effects of atomic radiation to the general assembly 2000.