

근골격계 영역에서 다중검출전산화단층촬영의 임상응용

MDCT Application in Musculoskeletal Imaging

조 재 현 | 아주의대 영상의학과 | Jaehyun Cho, MD
 Department of Rradiology, Ajou University School of Medicine
 E-mail : choj@ajou.ac.kr

J Korean Med Assoc 2007; 50(1): 18 - 24

| Abstract |

Multidetector computed tomography (MDCT) has been developed for the purpose of reducing the scan time and enlarging the scan coverage. In benefit of multiple arrays of detectors along with faster gantry, MDCT has now become an inevitable diagnostic tool for various kinds of musculoskeletal diseases. Three-dimensional reconstruction images are the basic method in all kinds of musculoskeletal images. Multiplanar reformat, surface rendering, and maximum intensity projections are frequently used techniques. Occult fractures in complex anatomic regions, joint disease evaluations including internal derangement of the joints, and cartilage lesions can be assessed accurately with MDCT. Indirect intravenous contrast enhanced angiographic images are much improved from the previous version of CT or MRI in terms of differentiating individual phases of contrast filling. MDCT is a 3D-oriented diagnostic tool, and one must acknowledge appropriate scan parameters in order to obtain the best 3D results. MDCT is one of the hottest imaging tool in the field of diagnostic radiology. Sixty-four detector CT is now popular, and 512 and more advanced detectors such as 2-dimensional fat panel CT are expected to appear in the near future. A thorough knowledge on the application of MDCT is necessary in order to use this state-of-the-art imaging equipment efficiently in our daily practice.

Keywords : Musculoskeletal radiology; Multidetector computed tomography;
 Three dimensional reconstruction imaging diagnosis

핵심용어 : 근골격계 영상의학; 다중검출기 전산화단층촬영; 삼차원 재구성 영상진단

MDCT의 개략적 설명

다중검출기 전산화 단층촬영기기(multidetector computed tomography, MDCT) 이전의 기기는

갠트리(gantry) 라고 부르는 둥근 원의 한쪽에 엑스선 발생기 1개, 반대편에 검출기가 1줄로 배열된 형태로서 갠트리가 1회전하는 동안 한장의 2차원 영상을 생성하는 방식이었다. 나선식 전산화단층촬영기기는 기존의 방식

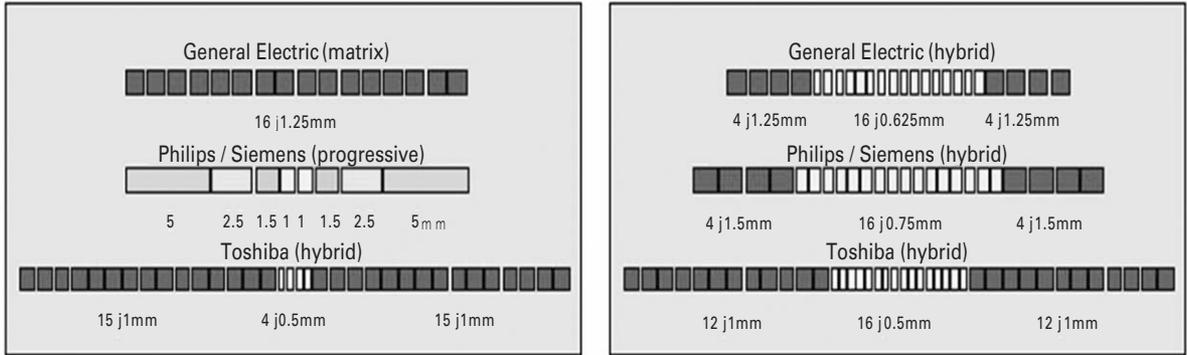


Figure 1. Arrangement of detectors of multidetector computed tomography machine of major vendors. The diagram on the left is four slice scanners, and on the right is 16 slice scanner. Minimum 0.625 mm sized detector elements are used in the center of the array

이 갠트리가 회전하는 동안 테이블이 고정되어 있던데 반하여 갠트리는 갠트리대로, 테이블은 테이블 대로 움직여 얻는 영상 데이터가 2차원이 아니라 나선형의 3차원 데이터를 얻는 방식이었다. MDCT는 기존의 한줄로 된 검출기의 기기에서 발전하여 테이블 진행방향으로 여러줄의 검출기를 배열함으로써 갠트리가 1회전 할 동안 여러개의 평면영상을 동시에 얻게 되는 방식으로 기본적으로는 영상획득의 속도의 향상을 목표로 한 기기이다 (Figure 1).

그러나 최근 개발된 장비는 단순히 여러개의 검출기를 장착한 것이 아니라, 검출기의 크기가 절반으로 줄어들어 기존의 절반 정도 두께의 검사가 가능해졌으며, 갠트리의 회전속도는 기존의 2배 이상 빨라졌다.

엑스선 발생장치에서 나오는 빔의 균질도도 향상되었으며, 산란선으로 인해 선량이 증가하는 것을 효과적으로 차단하여 방사선 조사량을 줄이는 효과도 큰 발전을 이루었다.

그러므로 MDCT의 대두는 단순히 촬영속도의 증가만이 아니라 속도와 해상도를 한꺼번에 향상시킴으로써 진정한 삼차원 영상시대를 열게 되는 계기를 제공하는 사건이라 할 수 있다.

근골격계 삼차원 영상을 위한 영상조건 및 삼차원 영상의 종류

삼차원 영상이란 엄밀히 말하자면 보는 방향에 따라 구조가 달라져 보이는 삼차원 영상표시장치(3D display terminal)가 있어야 가능한 것이다. 이차원 영상표시장치인 현재의 모니터로 보는 것은 삼차원의 사물을 2차원으로 재구성하여 표시하는 것이다. 그러나 실제로 이 재구성 작업을 위하여 다루는 데이터는 이미 삼차원적 좌표와 밝기값을 가진 완벽한 삼차원 객체이다. 임상적 의미에서의 삼차원 영상이란 어느 방향으로 절편영상(slice image)을 재구성하든지 같은 영상의 질을 유지하는 것을 말한다. 이를 위하여는 등간격복셀(isovoxel)이라는 개념이 필요하다. 디지털 영상은 픽셀이라고 하는 기본단위로 구성된다. 픽셀이란 일정한 밝기 값을 가진 영상을 구성하는 사각형 모양의 기본단위로서 가로와 세로의 길이가 같을 경우 등간격복셀이 된다. 복셀이란 픽셀에 깊이가 더하여진 개념으로 가로, 세로 높이가 모두 같을 경우 등간격복셀이 되며 삼차원 영상의 기본단위가 된다. 등간격복셀이 확보되지 않으면 삼차원 영상은 원래의 영상 방향에서 벗어난 새로운 방향으로 절편영상을

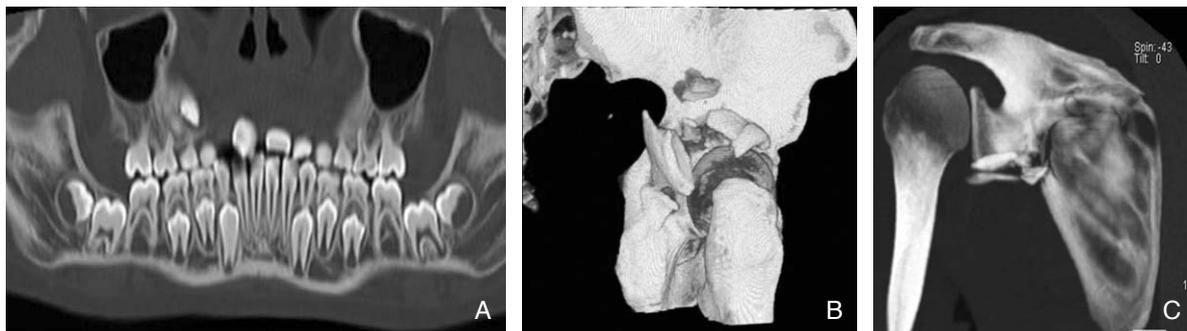


Figure 2. Types of three dimensional reconstruction

- (A) Multiplanar reformat image of mandible reformatted along the curve of axis of mandible. Like panorama view, all mandibular structures are displayed in one plane
- (B) Surface rendering image of acetabular fracture. Fracture fragments are visualized efficiently with this technique
- (C) Maximum intensity projection image of ankle fracture. Evaluation of fracture anatomy is more easy with this view

구성할 경우, 해상도의 심각한 저하를 가져오며 심한 경우 계단현상을 보이게 된다. 등간격복셀을 만들기 위하여는 FOV(field of view)/matrix 수가 절편두께와 같아야 한다. 예를 들면 256mm의 크기의 영상을 512matrix의 해상도로 얻을 경우, 얻어야 하는 절편의 두께는 0.5mm가 되어야 한다.

삼차원 재구성 영상의 종류는 다면 재구성(multiplanar reformat, MPR), 표면 재구성(surface rendering), 최대 밝기투사/최소밝기투사영상(maximum intensity projection/minimum intensity projection) 등이 있다 (Figure 2). 다면 재구성은 복잡한 해부학적 구조를 가진 객체를 분석하는 데 유용하다. 거의 모든 근골격계 촬영에서 기본적으로 사용되는 검사법이며 관절의 평가, 척추 신경공의 평가에 특히 유용하다. 표면 재구성은 삼차원 정보 중 표면에 보이지 않는 정보는 삭제하고, 물체의 경계면만을 선택하여 표시하는 방법으로 마치 실물을 보는 것같은 느낌의 영상을 제공한다. 그러므로 수술 전 평가 등에서 유용히 사용되며, 조영제 투여 후 혈관영상을 얻는 데에도 유용하다. 최대밝기투사는 마치 평면 엑스

선 영상을 얻는 것과 유사한 영상을 삼차원으로 가능하게 하여 복잡한 골절의 평가를 좀 더 용이하게 한다.

근골격계 영상진단에서의 응용

1. 골 절

MDCT 이전에도 근골격계 질환 중 가장 많은 CT 촬영의 빈도를 기록했던 질환은 골절이었다. 단순한 골절은 CT의 적응증이 되지 않으나 관절을 포함한 골절이나, 해부학적으로 복잡하여 골절의 양상을 단순촬영으로 쉽게 파악할 수 없는 경우가 CT의 적응증이 되었으며, 이는 MDCT에서도 그대로 적용된다(Figure 3)(1, 2). 앞서 서술한 대로 등간격 복셀영상이 가능해짐으로 말미암아 축상면의 기초영상을 가지고 시상면, 관상면 또는 경사면의 영상을 자유자재로 재구성하게 되었으며 또는 곡면을 따라 절편영상을 얻을 수도 있게 되었다.

Memarsadeghi M 등은 MRI와 MDCT로 숨은 주상골 골절의 경우를 비교하면서 피질골의 골절평가는 MDCT가 우월하다고 보고하였다.



Figure 3. (A) Fracture dislocation is noted in midlumbar spine. Fragment is not clearly seen in plain radiography
 (B) Sagittal reformat image of the same patient shows posterior displacement of fracture fragment into the spinal canal



Figure 4. (A) CT arthrographic image of the knee. Cartilage surface is clearly identified
 (B) MR image of same patient show metallic artifact due to surgical materials

입하여 이중조영영상을 만들어내어 관절연골이나 관절내 구조물의 손상을 진단하였으나, 자기공명영상의 출현으로 관절내 주사 없이 관절내 구조물의 평가를 효과적으로 수행할 수 있었기 때문에 CT를 이용한 관절의 평가는 뒷전으로 물러날 수밖에 없었다. 그러나 자기공명영상은 촬영시간이 오래 걸리고, 작은 관절의 경우 해상도의 한계가 있었으며, 절편두께도 주어진 시간에 충분히 얇게 얻는 데에는 한계가 있었다. 그리하여 자기공명영상에서도 다시 관절내 조영제 주사 후 촬영이 다시 시도되었고, 특히 견관절과 주관절의 경우에는 관절내 조영제 주사 후 검사의 우월성이 증명되기도 하였다(3). MDCT의 경우 짧은 시간에 고해상도의 영상을 얻음으로 인해 한 시간 가량 좁은 통속에 소음이 심한 자기공명영상 검사 없이도 효과적으로 관절내장증 검사를 수행할 수 있게 되었으며(4, 5) 특히 연골의 두께의 평가나(6~9) 반월판 손상(4, 5) 작은 인대 파열 등의 평가에 효과적인 것으로 보고되고 있다. 그 외에도 다양한 인대

나 건의 파열의 진단에 응용되고 있다(Figure 4)(10, 11).

2. 관절내장증

(Internal Derangement of the Joint)

자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)의 출현 이전에도 CT를 이용한 관절내장증의 진단이 시도되었다. 조영제를 관절강 내로 주입하고, 다시 공기를 주

3. 간접혈관조영술

정맥조영제주사를 통한 간접혈관조영술은 기존의 CT와 MRI에서 모두 시도되어 오던 기법이었다. 기존의 방

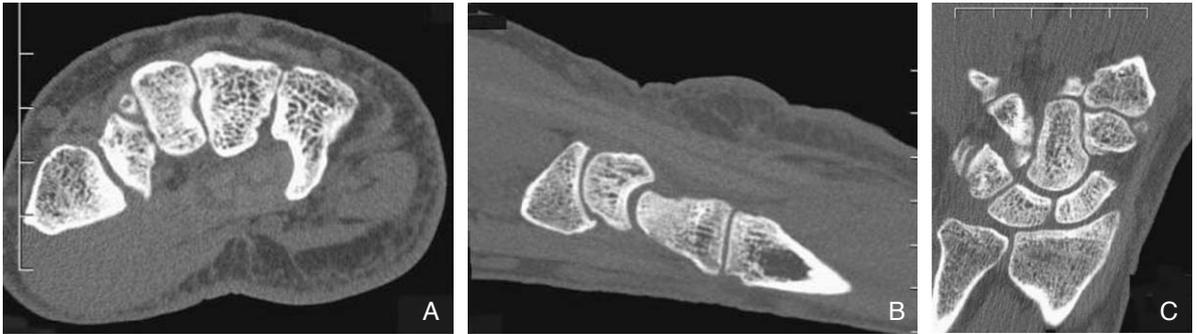


Figure 5. Three plane reformatted image from Isovoxel images. Resolution of images are not so different between axial, coronal and sagittal images

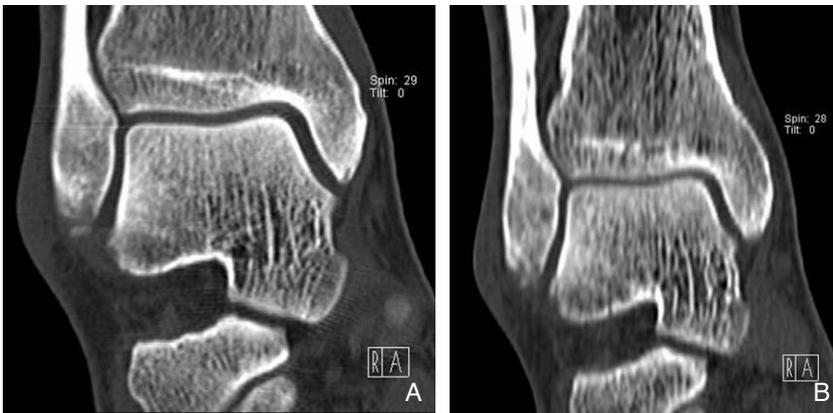


Figure 6. (A) Coronal reformat image of ankle with small focal spot.
(B) same patient with large focal spot. Image with small focal spot show more clear boundary

법들의 한계는 동시에 얻을 수 있는 검사 부위가 너무 좁아 혈관조영시 동맥기, 모세혈관기, 정맥기 등 각 시기별로 충분히 분리되지 않는 것이었다. MDCT에 와서는 이 문제가 거의 해결되어서 인젝터를 사용하여 일시에 정맥으로 조영제를 주사하면 각 시기별 영상을 얻게 되었다(12).

좋은 영상을 얻기 위한 설정 조건

삼차원 재구성을 염두에 둔 검사일 경우 좋은 재구성

영상을 얻기 위한 몇가지 조건들이 있다. 첫째는 서두에도 언급한 등간격복셀을 얻는 것이다. 이를 통해 어떤 원하는 방향으로 영상을 재구성해도 동등한 해상도를 유지할 수 있다. 둘째로 검출기 초점을 작게 설정하는 것이다. 일반적으로 작은 검출기 초점은 영상의 선예도를 증가시킨다. 셋째, 경사 영상을 얻는다. 두가지 직각 방향의 재구성영상을 염두

에 두는 경우 두 방향의 중간 정도의 경사를 가진 영상을 기초영상으로 얻으면 보다 나은 재구성영상을 얻을 수 있다.

결론

MDCT는 근골격계 진단에 있어서 이미 중추적인 역할을 담당하고 있다. 특히 골관절의 외상에 있어서는 필수적인 검사가 되었으며, 점차 그 응용이 확대되어 가고 있다. 검출기의 숫자는 초기에 2개, 4개에서 현재는 64개

가 보편화 되어 있으며 향후 256,512개까지 출시를 목전에 두고 있다. 또한 아예 검출기를 2차원평면으로 구성하는 평판 CT(flat panel CT)가 가시화 되고 있어 다가올 4~5년 내에 CT의 응용의 폭은 극대화 될 것으로 보인다. 그러므로 발전하는 기기의 기능을 잘 숙지하여 효과적으로 임상에 응용하는 것이 중요하다고 하겠다.

참고 문헌

1. Ohashi K, El-Khoury GY, Abu-Zahra KW, Interobserver Agreement for Letournel Acetabular Fracture Classification with Multidetector CT: Are Standard Judet Radiographs Necessary? *Radiology* 2006; 241: 386 - 391.
2. Memarsadeghi M, Breitenseher MJ, Schaefer-Prokop C, Weber M, Aldrian S, Gabler C, Prokop M. Occult Scaphoid Fractures: Comparison of Multidetector CT and MR Imaging—Initial Experience. *Radiology* 2006; 240: 169 - 176.
3. Waldt S, Bruegel M, Ganter K, Kuhn V, Link TM, Rummeny EJ, Woertler K. Comparison of multislice CT arthrography and MR arthrography for the detection of articular cartilage lesions of the elbow. *Eur Radiol* 2005; 15: 784 - 791.
4. Mutschler C, Vande Bera BC, Lecouvet FE, Poilvache P, Dubuc JE, Maldague B, Malghem J. Postoperative meniscus: assessment at dual-detector row spiral CT arthrography of the knee. *Radiology* 2003; 228: 635 - 641.
5. Vande Berg BC, Lecouvet FE, Poilvache P, Dubuc JE, Maldague B, Malghem J. Anterior cruciate ligament tears and associated meniscal lesions: assessment at dual-detector spiral CT arthrography. *Radiology* 2002; 223: 403 - 409.
6. Rand T, Brossmann J, Pedowitz R, Ahn JM, Haghigi P, Resnick D. Analysis of patellar cartilage. Comparison of conventional MR imaging and MR and CT arthrography in cadavers. *Acta Radiol* 2000; 41: 492 - 497.
7. El-Khoury GY, Alliman KJ, Lundberg HJ, Rudert MJ, Brown TD, Saltzman CL. Cartilage thickness in cadaveric ankles: measurement with double-contrast multi-detector row CT arthrography versus MR imaging. *Radiology* 2004; 233: 768 - 773.
8. Schmid MR, Pfirrmann CW, Hodler J, Vienne P, Zanetti M. Cartilage lesions in the ankle joint: comparison of MR arthrography and CT arthrography. *Skeletal Radiol* 2003; 32: 259 - 265.
9. Vande Berg BC, Lecouvet FE, Poilvache P, Jamart J, Materne R, Lengele B, Maldague B, Malghem J. Assessment of knee cartilage in cadavers with dual-detector spiral CT arthrography and MR imaging. *Radiology* 2002; 222: 430 - 436.
10. Sunagawa T, Ochi M, Ishida O, Ono C, Ikuta Y. Three-dimensional CT imaging of flexor tendon ruptures in the hand and wrist. *J Comput Assist Tomogr* 2003; 27: 169 - 174.
11. Nakamae A, Deie M, Yasumoto M, Adachi N, Kobayashi K, Yasunaga Y, Ochi M. Three-Dimensional Computed Tomography Imaging Evidence of Regeneration of the Semitendinosus Tendon Harvested for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Comparison With Hamstring Muscle Strength. *J Comput Assist Tomogr* 2005; 29: 241 - 245.



12. Abdelmoumene Y, Chevallier P, Barghouth G, Protier F, Qanadli SD, Doenz F, Schnyler P, Denys A. Optimization of Multidetector CT Venography Performed with Elastic Stock-

ings on Patients' Lower Extremities: A Preliminary Study of Nonthrombosed Veins. Am J Roentgenology 2003; 180: 1093 - 1094.



Peer Reviewer Commentary

하 두 회 (포천중문의대 영상의학과)

논문은 최근 영상의학과 검사로 재조명받고 있는 다중검출기 전산화단층촬영기기에 대한 소개와 근골격 영상 분야의 적용에 대한 것이다. 필자가 밝힌 바와 같이 다중검출기의 발달로 인하여 전산화단층촬영이 다시 근골격 영상 분야에서 많은 연구가 진행중이며, 그동안의 한계였던 여러 단면의 영상을 3차원 구성으로 고해상도의 영상을 얻을 수 있게 되어서 여러 분야에서 다양하게 활용하고 있다. 자기공명영상은 협소 공포증이나 심장박동기 등의 환자에서는 금기사항 이고 검사시간이 긴 반면, 이 검사는 이런 환자에게서 빠른 시간 내에 검사할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 환자에게 방사선 피폭의 위험이 있고, 조영제 검사를 하는 경우의 부작용에 대한 고려를 하여야 한다.