

관절 연골의 자기 공명 영상

울산대학교 의과대학 서울중앙병원
김성문

Diarthrodial joint를 이루는 hyaline cartilage는 load distribution에 중요하며 얼음보다 낮은 friction coefficient를 가지며 강한 내구력이 있지만, 퇴행성 변화나 염증성 질환, 외상에 의해 연골이 파괴되면 관절의 기능에 영향을 미친다. 손상된 연골의 발견이 중요한데, 그 이유로는 손상된 슬관절 연골에 의한 증세와 증상이 임상적으로半月판 (meniscus)의 손상에 의한 것과 비슷하여 오인 될 수 있으며,半月판의 손상은 쉽게 치료할 수 있으나 연골의 치료에는 현재 논란이 많으나 hyaline cartilage는 재생되지 않으며 subchondral mesenchyma로부터 fibrocartilage가 형성되어 repair되는 제한된 복원력만 있지만, chondral degeneration을 지연시키고 chondral repair를 촉진시키는 수술 방법과 약물의 등장으로, 정확하며 비침습적인 검사가 필요하게 되었다. 관절의 상태를 알기 위한 방사선학적 검사로는 고식적인 단순 촬영이 있지만 이는 joint space가 좁아지는 소견으로 관절 연골이 얇아진 상태를 추측할 뿐이며 관절 연골을 직접 볼 수는 없다. 또한 초음파 검사와 computed tomography로도 관절 연골의 상태를 알기에는 많은 제약이 있다. 관절 조영술은 자기 공명 영상이 나오기 전에 관절 질환의 내부 구조적 병변을 확인하는 데에 이용되었으나 이 검사 또한 관절 연골의 병변을 발견하는 데에는 다소 무리가 있다. Multiplanar imaging과 삼차원 공간 영상이 가능한 자기 공명 영상은 spatial resolution과 연골과 주위 조직간의 contrast에 다소 제한된 점이 있지만 다양한 pulse sequence와 contrast를 높이는 방법 등으로 인하여 현재 다른 방사선과 검사 방법보다 많이 이용되고 있다.

1. 관절 연골의 조직학적 특성

관절 연골은 연골 세포(chondrocyte), 물(65-80%), 교원질(collagen, 5-10%)과 proteoglycan(10-30%) 등으로 구성되어 있으며, 조직학적으로 여러 개의 층으로 이루어졌다. 관절면 측인 가장 바깥 층은 superficial (혹은 tangential) zone은 관절면과 평행한 매우 밀착된 교원질 섬유로 구성되어 있으며, 그 아래에 transitional (혹은 intermediate) zone은 교원질 섬유가 비스듬하거나 불규칙하게 배열되어 있으며 shearing force에 저항한다. 세 번째 층인 deep (혹은 radial) zone은 연골의 가장 중요한 층으로서 교원질 섬유가 가장 크며 관절면과 수직으로 배열되어 있다. 가장 관절면과 먼, 안쪽에 위치한 층은 calcified cartilage zone이며 radial zone과 calcified cartilage zone과의 사이를 조직학적으로 tidemark region이라 한다.

물 성분은 articular surface에서 가장 많으며 subchondral bone으로 갈수록 감소하지만, proteoglycan 성분은 연골의 deep portion에서 가장 많으며 연골의 pump 작용을 한다.

2. 관절 연골의 자기 공명 영상 방법

1) T1-weighted spin echo image

Subchondral bone과 연골간의 contrast가 좋지만 관절액과 연골의 구별이 어려우며 저자들에게 따라 chondral lesion의 발견이 70-100%이다.

2) T2-weighted spin echo image

고신호 강도의 관절액에 의해 arthrogram effect를 보이므로 연골의 모양을 잘 볼 수 있고, 연골 자체의 signal intensity의 변화를 볼 수 있는 장점이 있는 반면에, signal-to-noise ratio가 떨어지며 subchondral bone과 연골의 contrast가 떨어진다.

3) 3D GRE sequence

다양한 면으로 reformatting이 가능한 thin contiguous slice를 얻을 수 있으며 signal-to-noise ratio가 높은 장점이 있지만 magnetic

susceptibility와 tissue contrast에 제한이 있으며 31-87%의 sensitivity로 보고되어 있다.

4) Fat-suppressed technique

조직간의 dynamic range를 넓힘으로써 연골의 contrast를 증대시키며 standard spin echo T1-, T2-weighted image보다 연골을 잘 볼 수 있으며 fat-suppressed 3D SPGR이 더 유용하다고 보고되었으나, 이 때에 나타나는 laminar appearance가 truncation artifact에 의한 것으로 보고되었다.

5) MR arthrography

Intraarticular contrast material을 이용하여 초기의 연골 병변을 발견하는 데에 유용하며 1mm의 연골 defect를 발견할 수 있다고 보고되어 있지만, 침습적 방법이며 검사 시간이 긴 단점이 있다.

6) Magnetization transfer contrast (MTC)

Water proton과 collagen의 macromolecule의 proton 사이의 서로 다른 magnetic transfer rate를 이용하여 연조직의 contrast를 얻는 방법으로 고신호 강도의 관절액과 저신호 강도의 연골 사이의 contrast가 증가하며 연골 내의 collagen에 의하여 주로 MTC가 결정된다.

7) Other technique

Siemens 기종에서 가능한 dual energy in the steady state (DESS) 방법도 연골을 관찰하는 데에 이용될 수 있다.

지금까지 나열한 여러 방법들을 이용하여 관절 연골을 자기 공명 영상으로 관찰할 수 있으며 각각의 방법들은 장점과 단점을 모두 지니고 있다.

3. 정상 관절 연골의 자기 공명 영상 소견

Hydrophilic proteoglycan molecule과 collagen의 anisotropic organization에 의해 water content가 달라지며 아직 많은 논란이 있지만 자기 공명 영상에서 zonal appearance를 보이는 것으로 알려져 있다. Radial zone에서는 rapid T2 decay가 일어나며 cartilage-bone interface에서 magnetic susceptibility effect가 생기므로 long TE에서 저신호 강도를 보이며, T2 relaxation이 낮은 속도로 일어나므로 short TE에서도 식별할 수 있을 정도의 intermediate signal intensity를 보인다. Radial zone의 upper portion은 T2 relaxation이 비교적 빨리 일어나므로 narrow band of low signal intensity를 보일 수 있지만 partial volume averaging과 magic angle phenomenon에 의해 보이지 않을 수 있다. Collagen fiber가 random arrangement를 보이는 tangential zone은 longer T2를 갖는다. Superficial zone은 densely packed collagen fiber에 의해 rapid T2 decay를 보인다.

정상 관절 연골의 자기 공명 영상 소견으로 lamina appearance를 이야기 하지만 저자에 따라 lamina의 수가 다르며 특히 3D fat-suppressed SPGR에서의 lamina는 truncation artifact에 의한 것으로 보고되기도 하였다. 따라서 이에 대하여 보다 깊은 연구가 필요하리라 사료된다.

4. 관절 연골 병변의 자기 공명 영상 소견

자기 공명 영상에서 보이는 연골 병변은 모양이나 신호 강도의 변화로 나타난다. 즉 초기의 퇴행성 변화는 관절 연골이 두꺼워지며, 진행되면 얇아진다. 또한 퇴행성 변화에 의하여 collagen이 소실되면, collagen에 의한 T2 shortening effect가 감소하여 hydration이 증가하며 이 부위에 신호 강도의 증가가 온다. 부위에 따라 이러한 변화가 superficial, transmural과 deep linear change로 올 수 있는데, 특히 deep linear signal intensity의 변화는 외상 후의 젊은 환자에게서 주로 나타나며 깊은 부위의 병변이기 때문에 arthroscopy로 발견하기 어렵다.

연골의 병변의 분류는 다양하지만 Outerbridge의 분류에 따르면, intact articular cartilage와 softening과 swelling이 있는 경우를 grade I, softened

area에 cartilage의 fragmentation, fissuring이 있는 경우를 grade II, articular surface의 fasciculation이나 breakdown이 subchondral bone level까지 extension되어 crabmeat appearance를 보일 경우를 grade III, subchondral bone의 exposure와 erosive change가 있는 경우를 grade IV라 한다.

참고 문헌

1. Frank LR, Brossmann JB, Buxton RB, Resnick D. MR imaging truncation artifacts can create a false laminar appearance in cartilage. *AJR* **1997**; 168:547-554
2. Recht MP, Piraino DW, Paletta GA, Schils JP, Belhobek GH. Accuracy of fat-suppressed three-dimensional spoiled gradient-echo FLASH MR imaging in the detection of patellofemoral articular cartilage abnormalities. *Radiology* **1996**; 198:209-212
3. Recht MP, Resnick D. MR imaging of articular cartilage: current status and future directions. *AJR* **1994**; 163:283-290
4. Disler DG, McCauley TR, Kelman CG, et al. Fat-suppressed three-dimensional spoiled gradient-echo MR imaging of hyaline cartilage defects in the knee: comparison with standard MR imaging and arthroscopy. *AJR* **1996**; 167:127-132
5. Reiser MF, Bongartz G, Erlemann R, et al. Magnetic resonance in cartilaginous lesions of the knee joint with three-dimensional gradient-echo imaging. *Skeletal Radiol* **1988**; 17:465-471
6. Leersum M, Schweitzer ME, Gannon F, Finkel G, Vinitzki S, Mitchell DG. Chondromalacia patellae: an in vitro study - comparison of MR criteria with histologic and macroscopic findings. *Skeletal Radiol* **1996**; 25:727-732