

척추 질환의 CT 및 MRI 진단법

연세대학교 의과대학 진단방사선과

서진석

CT and MRI of the Spinal Disorders

Jin-Suck Suh, M.D.

Department of Diagnostic Radiology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

척추의 구성과 구조물

척추는 몸의 하중을 지지하는 중심축에 있는 골로서 분절(segment)로 이루어져 있으며 그 부위에 따라 경추(n=7), 흉추(n=12), 요추(n=5), 천추(n=5), 미추(n=4)로 되어 있다. 각각의 척추 분절은 관절과 주변 연부조직(인대)에 의해 연결되어 있다.

1) 척추체

척추의 앞부분으로 피질골과 망상골로 구성되어 있다.

2) 추간판

3) 외측와(lateral recess)

4) 신경공(neural foramen)

5) 척추인대(전척추종인대, 후척추종인대, 황색인대)

6) 경막과 척수

7) 척수신경

척추의 발생은 mesoderm으로부터 형성된다. Membrane 형성(precartilage stage: 22~29 day), chondrification(40~60 day), ossification(2 month 후)의 과정을 거쳐서 형성되며 vertebral column은 somite라는 segmented cellular mass가 성장과정중 resegmentation이 되면서 형성되고, 중심축에 있는 notochord도 변화하여 disc의 nucleus pulposus를 구성한다. Chondrification center는 좌, 우 대칭으로, ossification center는

vertebral column의 앞뒤에 있다. 앞 4개의 somite에서 skull base(occipital segment)가 형성된다. Odontoid process는 atlas의 body에서 발생되며, odontoid tip(ossiculum terminale)은 preatlantal somite의 caudal half에서 발생한다. Odontoid process는 2개의 lateral ossification center가 있으며 1세에 fusion되고 tip에 하나가 더 있는데 3살에 보이기 시작하여 12세에 완전히 fusion된다. Odontoid와 axis의 synchondrosis는 3~6세에 완성된다. 그 이후에는 경, 흉, 요, 천추에서 각각의 상이한 부분 발달로 인하여 척추체, 신경궁(neural arch), 횡돌기, spinous process, 등이 발달하여 다른 모양을 나타낸다.

CT 촬영법

축상영상을 얻는다. 추간판의 병변을 의심할 경우는 추간판과 평행한 면을 따라서 각각의 추간판의 부위별로 4~5 절편을 얻는다. 그 이외의 외상, 종양, 감염을 의심하는 경우는 축상영상을 병변부위를 포함하여 연속적으로 촬영한다. 종양이나 감염을 의심하는 경우와 수술후의 추적검사에는 조영제투여후 재촬영을한다. 천추 골절의 전위 등을 보기위하여 영상을 재구성(reconstruction)하여 시상 또는 관상면을 보거나, 단축된 구성을 하기도 한다.

척추의 자기공명 영상법

1) 적어도 두 평면을 촬영해야 한다.

대부분 축상(axial or oblique planes)과 시상영상을 얻는다. 또한, T1과 T2-강조영상을 포함하고 경우에 따라서 조영증강 T1 강조영상을 얻는 경우도 있다. 뇌척수액 박동에 의한 artifact를 줄이기 위해 ECG gating을 함께 시행하면 motion artifact를 줄일 수 있다. 영상 방법은 대부분 spin echo(SE)방법을 사용하고 경추부의 병변에서는 Gradient echo(GRE)방법을 병행하며, two dimensional(2D)방법을 사용하나 고해상력이 요구되는 경우에는 3D 방법을 사용하기도 한다. 최근에는 SE 방법보다 Fast SE 방법을 사용하는 경우가 있으나, 장단점이 있기 때문에 어느 방법을 사용하여도 무방하다. 질병의 종류에 따라서 Intervertebral disc 의증인 환자에게는 Disc level에, 기타 다른 space occupying lesion(SOL)이 의심되는 경우는 그 병소를 중심으로 단층영상을 얻는 것이 바람직하다.

2) 자기공명 영상의 가공물

Swallowing과 심박동과 뇌척수 박동에 의한 motion artifact가 경부 검사시 발생할 수 있다. axial T1 강조영상에서 CSF의 flow-in 때문에 epidural space에 고신호로 나타날 수 있으며 또한 CSF의 와류로 인하여 T2 강조영상에서 저신호 병소로 나타날 수 있기 때문에 시상 영상에서 마치 AVM과 유사하게 보인다. EKG gating을 하거나, Frequency-phase를 reversal 하여 가공물을 줄일 수 있다.

Intervertebral Disc

1) Intervertebral Disc와 주변부의 정상구조

Intervertebral disc는 척추체와 척추체 사이에 체중을 지탱하는 fibrocartilagenous 구조물로서 중심부에는 chondroid matrix로 구성된 nucleus pulposus와 변연부에 fibrous lamellae의 annulus fibrosus로 구성되며, 척추체와의 사이는 cartilagenous endplate로 분리되어 있다. Intervertebral disc의 횡단면을 보면 nucleus pulposus를

둘러싸고 있는 annulus fibrosus의 구조는 fibrous band로 형성되어 있고 앞보다 뒷부분의 폭이 얇다. nucleus pulposus는 OH-기가 많은 polysaccharide로 구성된 proteoglycan이 주 요소이다. 따라서 80%가 수분으로 구성되어 있다. annulus fibrosus는 internal & external annulus로 나누며 제일 바깥 부분은 Sharpey fiber라고 하며 이는 vertebral body의 모서리에 부착한다. 정상적인 intervertebral disc의 구조물의 모양과 그 성분은 나이의 증가와 더불어 변화하게 되며 즉, 출생시 water가 88%, 18세에 80%, 70세에 65%로 되며, central zone은 de-laminated 되고 cavity가 생길 수 있다. 따라서 자기공명영상에서 그 모양과 신호강도의 변화를 초래하게 된다. 30세 이상의 성인에서 대부분이 정상 disc에 intranuclear cleft

(low signal이 disc의 중심부위, T2WI에서 보이는 것)가 보일 수 있으며 이것은 collageneous fiber의 증가 때문이다¹⁾.

Annulus fibrosus의 바깥에는 전척추종인대와 후척추종인대가 감싸고 있으며 이는 두개골저의 clivus부터 천추까지 연장되어 있다. 특히 후척추종인대는 추체후면에는 폭이 좁고 intervertebral disc 부위에서는 폭이 넓어진다.

척추의 골 구조는 척추체와 pedicle, 횡돌기, neural arch, articular process, spinous process등으로 구성되어 있다.

2) Degenerated Disc(퇴행성 추간판)

Intervertebral disc의 퇴행성 변화는 나이의 증가와 더불어 mechanical imbalance에 의해 발생한다. 퇴행성 변화에 동반되는 Disc의 수분 함량의 감소로 인하여 T2 강조영상에서 신호강도의 감소현상이 나타나며 이는 Disc의 생화학적 현상을 나타내는 것이다. 퇴행성 변화에 동반되는 형태, 구조적인 변화는 nucleus pulposus의 수분 감소(dehydration)에 의한 크기의 감소와, external annulus의 central fiber의 radial infolding이 생기는 것과 myxoid degeneration이 생기는 것이다²⁻³⁾. 대부분의 성인의 intervertebral disc는 퇴행성 변화를 동반하고 있는데 이는 T2 강조영상에서 저신호강도로 나타나기 때문에 비교적 쉽게 진단할 수 있다.

3) Herniated Disc(추간판 돌출)

Disc의 병변은 annulus fibrosus와 nucleus pulposus로 구성된 구조물의 모양의 변화에 따라 다음과 같이 분류를 한다⁴⁾.

(1) **Bulging disc:** 인접한 척추체보다 환상으로 diffuse하게 튀어나와 있는 상태이며 anular tear는 없는 경우를 말한다.

(2) **Protruded disc:** Disc의 변연부위의 일부가 바깥으로 돌출된 상태이다. 이때, 해부학적 구조물인 inner annulus는 tear되나 outer annulus는 intact한 경우이다.

(3) **Extruded disc:** Disc의 변연부위의 일부가 disc 변연 바깥으로 튀어 나와 있는 상태이다. 모양으로는 protruded disc와 거의 동일하게 보인다. 그러나, 해부학적으로는 outer annulus까지 tear가 되어 nucleus pulposus가 튀어 나와 있는 상태이다. Nucleus pulposus의 돌출이 ① 후척추중인대 아래(subligamentous), ② 후척추중인대 관통(transligamentous)하는 형태로 보일 수 있다.

(4) **Sequestered disc:** 일부의 경우는 disc의 일부가 free fragment로 떨어져 나와 있기도 하다. Sequestered disc는 water content가 감소되지만, 시간이 경과함에 따라 Osmotic pressure가 높아져서 water content가 많아 질 수 있으며, 따라서 T2WI에서 고신호강도로 나타날 수 있다.

보존적 치료후 추적관찰하면 Disc herniation 자체의 감소 보다 nerve root edema의 감소를 보이며 증상이 호전되기도한다. Sequestered disc와 감별하여야 하는 질환으로는 synovial cyst(or ganglion), perineural cyst, arachnoid cyst, schwannoma가 있다.

상기와 같이 disc의 병변을 모양과 조직의 병변 부위에 따라 분류하나, Yu 등의 연구에 따르면⁵⁾ bulging disc는 annulus fibrosus가 stretching 되어 늘어나는 경우뿐 아니라, annulus fiber의 radial tears가 있는 경우가 많았다. 따라서, bulging disc와 protruded disc의 조직 소견은 유사할 수 있고 단지 모양만 차이가 있을 수 있다. 이러한 Anular tear는 T2 강조영상에서 고신호강도로 나타날 수 있으며 또한 요통의 원인이 될 수 있다고 보고하고 있다⁶⁾.

그러나, Disc의 병변을 진단하는데 있어서 간과하지 않아야 하는 것은 상기 구분한 형태적 변화와 환자의 증상과 일치 하는가를 항상 점검하여야 한다. 형태적으로 Disc의 병변이 자기공명영상에서 보일 지라도 증상이 없는 경우가 약 1/3이나 된다는 것이다⁷⁾.

4) Spondylosis(Intervertebral Osteochondrosis)

Disc의 herniation이 연골성골판(cartilaginous end plate)쪽으로 돌출되어 있는 것을 흔히 볼 수 있으며(약 38% of the spine studied), Schmorl's node라고 한다. Disc의 herniation이나 퇴행성 변화 모두 nucleus pulposus의 돌출과 수분감소로 disc의 높이가 줄어들게 된다. 이러한 구조적 변화는 주변 조직인 척추체, 주위인대, 후방신경궁과 facet관 절등의 기능적 변화를 초래하고, 이어서 형태적 변화를 유발 시킬 수 있다. 자기공명영상에서 end-plate의 불규칙한 경계를 보이고 골수의 신호강도가 T2와 T1 강조영상에서 매우 다양하게 나타난다(ref.8). 따라서, disc로 감염파급, 혹은 척추 골수염, 신경성 관절염(neuroarthropathy)과 감별하는데 주의 해야 한다.

5) Postoperative Spine

Intervertebral disc의 돌출 부분을 제거한 후에도 계속 back pain과 radiculopathy를 나타낼수 있다. 그 원인을 대별하면 재발성 혹은 residual herniation과 수술후에 발생하는 scar(granulation tissue)에 의한 주변조직의 압박에 의한 것이며, 기타 hematoma, serous fluid collection에 의해, 혹은 수술후의 감염 혹은 mechanical 불안정성을 유발하는 경우들이 있다. 그러나 임상적으로 혹은 MR imaging 검사를 하게 되는 주 요인은 재발성 disc herniation과 scar와의 감별이다. 수술후 6주 까지는 수술 손상에 대한 정상 조직 반응이 많이 나타나기 때문에(edema, hemorrhage)감염과, 혈종이 의심되는 경우를 제외하면 자기공명영상 검사 시기로는 적당하지 않다. 그 이후에는, 재발성 disc는 mass형성, 주위에 압박조건, parent disc와 연결(드물게는 free fragment)을 보이며 T1 강조영상에서는 disc와 동일 신호강도, T2 강조영상에서는 약간 낮은

신호강도로 보이며, 대부분 조영증강되지 않는다. Scar에 의한 변화는 주위 조직에 대한 압박 보다는 retraction을 보이며, disc와 연관성이 없는 경우, 특히 조영증강이 보일 경우가 많다⁹⁻¹⁰⁾.

Spinal Stenosis

Spinal stenosis는 lateral spinal stenosis와 central spinal stenosis로 나누어지며 lateral spinal stenosis는 lateral recess stenosis와 intervertebral foraminal stenosis로 나누며 central type은 congenital type과 degenerative type으로 나눈다. 방사선학적 검사 방법은 예전부터 사용하는 단순 촬영상에서 척추관을 측정하는 경우와 척추조영술 (myelography)을 사용하여 척수낭 (dural sac)의 압박을 판단하거나, CT 와 MRI 를 이용하여 척수관 거리를 측정하거나, 면적을 측정할 수 있다¹¹⁾.

Spondylolysis와 Spondylolisthesis

Spondylolysis는 pars interarticularis의 defect가 있는 것이며 spondylolisthesis는 pars interarticularis 의 defect의 존재 여부와 무관하게 어느 척추체가 바로 밑의 척추체에 비교하여 어긋나 있는(slippage) 것을 말하고 대부분이 앞쪽으로 드물게는 뒤쪽(retro-spondylolisthesis)으로 이동하는 것을 말한다.

Spondylolisthesis는 dysplastic, isthmic, degeneration, traumatic, pathologic등의 5종류로 나누며, 그 중에서 isthmic type이 가장 많은데 이는 pars interarticularis의 반복적인 stress에 의한 elongation, fatigue골절이 일어나서 척추의 척추체, pedicle, superior articular process가 posterior neural arch와 inferior articular process로 부터 분리가 되어 앞쪽으로 밀려나가는 것을 말한다. Pars defect가 급성골절로 인하여 발생하는 것은 매우 드물다.

Degenerative type은 pars defect가 없이 facet joint의 degeneration이 진행되면 joint 간격이 좁아지고 인대등의 주변 지지조직이 느슨해지기

때문에 instability가 초래된다. 이는 facet joint의 변화 뿐만 아니라 disco-vertebral joint에도 instability가 초래되며 척추체가 앞, 혹은 뒤로 이동할 수 있다. 반대로 discovertebral joint의 병변으로 시작되어 unstable해져 facet joint까지 unstable해지는 경우도 spondylolisthesis를 초래한다. 자기 공명 영상의 소견은 시상 영상에서 전방이동된 척추체를 발견하는 것은 매우 용이하다. 그러나 pars defect를 모두 발견할 수 있는 것은 아니다. 그 이유는 최소 3 mm의 절편두께에 의한 partial volume artifact 때문이다.

그리고, 또한 주의 해야 할 것은 disc level만 axial 영상을 얻는다면 pars defect가 있을 부위의 영상을 얻을 수 없기 때문에 임상적 의심이 되거나, plain film을 review 한후에 자기공명 영상을 시행할 부위를 설정할 필요가 있다.

Ischmic type의 spondylolisthesis인 경우 defect가 있는 부위의 척추체가 앞쪽으로 이동하기 때문에 척추관의 A-P 길이가 길어지며, lateral recess 간격은 좁아진다. 반면에 degenerative type인 경우는 척추관이 좁아져 보여 spinal stenosis의 소견을 보이고 두 경우 모두 disc의 pseudobulging 모양을 나타낸다. Pars defect만을 확인하기 위하여서는 CT가 MRI보다 나은 방법이나, 주변의 disc와 nerve root와의 관련성 여부 연조직의 병변을 보기 위해서는 MRI도 CT와 같은 역할을 하며, back pain의 원인을 찾기위해 일차적인 방법으로 MRI를 CT보다 선호하기 때문에 spondylolisthesis, lysis의 MRI영상도 익숙해 질 필요가 있다.

척추의 외상

척추의 외상은 그 외적 힘의 방향에 따라서 flexion, extension과 rotation 혹은 복합적인 힘에 의해 골절과 탈골로 나타날 수 있다. 골절 유무와 골절편의 발견에는 CT, 반면에 주변 인대 및 연조직과, 척수의 병변의 발견에는 MRI 검사가 좋다. 골절은 골편의 천위 정도를 파악하는 것이 중요한데 MRI는 항상 일반 촬영 사진과 함께 판독하는 것이 좋다. 연조직의 병변은 정상 조직의 형태적 파손과 종괴(혈종, 부종)의 형성으로 나타나며 임상적으로 중요한 것은

척수와 그 신경의 압박 유무와, 척수 내부의 손상 자체를 파악하는 것이다.척수의 손상은 **Blunt injury** 와 **penetrating injury**로 나뉜다. 척수의 부종이 올 수 있으며 출혈을 동반하기도 한다. 출혈이 되면 그 stage에 따라서 다양한 신호강도를 보일 수 있으며 특히 T2 강조영상에서 저신호강도로 나타날 수 있다. 이후 시간이 경과하면 부종과 출혈은 감소되고 척수의 **myelomalacia**나 **syrinx**를 보인다.

척추체의 압박 골절은 분명한 외상이 없는 경우에는 그 진단부터 외상에 의한 것인지, 골다공증이 심해서 발생한 것인지, 혹은 병적골절인지 단순 촬영으로는 매우 구별하기 어렵다. 그러나, 오래된 골다공증에 의한 압박골절인 경우에는 T1 강조영상에서 지방 신호강도가 유지되기 때문에 감별할 수 있으나, 급성 압박 골절은 다른 병적 압박골절과 감별이 용이하지 않다. 단지 골수내의 지방신호가 일부 유지되어 있으면 양성일 가능성이 있다는 보고는 있으나 좀더 좋은 결과를 얻어야 할 것이다.

Tumor of the Spine

척추의 골, 골수종양은 매우 흔하게 볼 수 있는 질환이며 **multiple myeloma**(다발성골수종)와 전이성 골암이 그 대표적인 예이다. 다발성 골수종은 골수가 **plasma cell infiltration**으로 대체되고 대부분 **single**(단수) 병소 보다는 **multiple**(다수)병소로 척추체에 주로 침범한다. 그러나, 후신경궁을 침범할 수도 있다. 일반 방사선 사진에서 초기에는 정상이거나 **osteopenia**로만 나타나기 때문에 주의를 요한다. 국소적 동통이 있다면 **Bone scan**이나 **MRI** 검사를 시행하는 것이 적절하며, **Bone scan**에서는 약 50%의 병소 발견율을 보인다. 정상 성인에서의 골수의 **fatty marrow**의 양이 연령 개개인에 따라 다르기 때문에 **MRI**의 신호강도도 다르게 나타난다¹²⁾. 따라서, 병적 골수 조직의 침윤에 의해 병변의 양상은 다양하게 나타나며, T1 강조영상에서 저신호, T2 강조영상에서 고신호, 특히 지방신호 억제 영상에서 고신호강도와, 조영증강 T1 강조영상에서 조영증강 소견을 보인다. 전이성 골암은 전이후 골형성과 골파괴 중 주된 작용에 따라 신호강도가 다르게 나타나나, 대부분은 T1 강조영상에서 저신호, T2강조영상에서는 고신호의 비

특이적 소견을 보인다. 척추를 침범할때 **pedicle**의 침범이 다른 질병과의 감별점이 될 수 있으나, 척추체의 침범을 흔하게 볼 수 있다. 병적 압박골절이 발생한 경우에는 양성 압박골절과의 감별이 임상적으로 매우 중요하나 영상소견이 유사하게 나타날 수 있으나, 일반적으로 병적 압박골절의 경우 **MRI** 에서 추체의 거의 전 부분의 신호강도의 변화를 보이며 **pedicle**의 침범이 있거나, 척추체 부위 밖으로 연조직 종괴를 보이는 경우가 많으며, 양성 압박 골절의 경우는 척추체의 변연을 제외한 일부에서 신호강도의 변화를 보이거나, 띠모양의 신호변화를 보이는 경우가 많다. 조영 증강은 다양하게 나타날 수 있다.

양성인 골병변으로 척추혈관종이 있으며, 이것의 조직적 구성은 혈관(**vessel**)과 **sinus**, 그 사이에 **fatty tissue**로 구성되어 있다. 조직 성분중 **fatty tissue**가 많으면 T1- & T2-강조영상에서 모두 고신호강도의 특징적인 소견을 보인다. 이때는 다른 **focal fatty deposit** 혹은 **hemorrhage**등과 감별해야 하나, 임상적 중요성은 없다. 그러나, **fatty tissue component**가 적을때는 비특이적으로 T1-강조영상에서 저신호강도와 T2-강조영상에서 고신호강도를 나타낼 수 있고 가끔은 골변연을 뚫고 연조직 종괴를 형성할 수도 있기 때문에 다른 질환과의 감별에 주의를 요한다.

Infection

척추의 감염은 척추체로 감염원이 혈행(동맥, 혹은 정맥 = **basivertebral venous plexus**=**Batson's plexus**)을 따라서 파급되며 특히 척추체의 **metaphyseal equivalent** 부위에서 번식되며, 감염부위에 방사선 이상소견을 보이게 된다. 가장 흔한 감염균은 **shaphylococcus aureus**이며 **bone destruction**을 초래하고 **bone**의 **reactive sclerosis**를 보이며, 증상기간에 비해 **rapid progression** 되어 나타난다. 주변의 **granulation tissue**가 보인다. 이에 반하여 우리나라에는 더욱 호발하는 결핵성 척추염이 있으나 일반 방사선사진에서는 화농성 척추염과 매우 유사하게 보인다. **MRI**에서는 두 종류의 척추염 모두 골파괴에 의한 T1 강조영상에서 저신호, T2 강조영상에서 고신호강도를 보이고, 발견당시 **disc**가 침범된 경

우가 더 많다. 감별점으로는 인대하농양의 파급, 농양의 크기가 매우 크고, 석회화 병변(dark signal)이 농양을 따라 전이되어 있으면 결핵성 척추염의 가능성이 높다.

Tumor and Infection of the Spinal Cord

지주막염(Arachnoiditis)은 감염, 외상, 수술후에 혹은 척수강내 약물주입후에 발생할 수 있다. CT와 MRI 소견은 척수의 신경다발(nerve root) 유착으로 신경다발이 뭉쳐있거나, 경막과의 유착으로 마치 작은 연조직 종괴 모양으로 보인다. 이차적으로 Syringx와 arachnoid cyst를 동반하기도 한다. 드물게 결핵성 지주막염이 발생한다. 그 이외에 여러 가지 원인에 의하여 비감염성 염증성질환이 intramedullary lesion으로 나타난다.

가장 흔한 종양은 전이암으로 intraarachnoid drop metastasis이며, MRI가 경추부터 천추까지 전장의 척수강을 볼 수 있고 척수강내의 조영제주입이 필요하지 않아서 CT 보다 병변의 발견이 유리하고 비침습적이다. Intramedullary tumor로는 Syringx가 가장 많으며 원발성 종양으로는 astrocytoma와 ependymoma가 있으며 이러한 원발성 종양이 있으면 종양의 근위부나 원위부에 syringx가 생길 수 있다. Intradural, extramedullary tumor로는 meningioma와 neurofibroma 등이 있다. 대부분의 cord tumor는 Gd-DTPA 투여후 조영증강이 된다.

참 고 문 헌

1) Yu S, Haughton VM, Ho PSP, Sether LA, Wagner M, HOKC. Progressive and regressive changes in the nucleus pulposus. Part II. The adult. *Radiology*, 1988; 169: 93-97.
2) Schiebler ML, Camerino VJ, Fallon MD,

Zlatkin MB, Grenier N, Kressel HY. *In Vivo and ex Vivo Magnetic Resonance imaging evaluation of early disc degeneration with histopathologic correlation. Spine* 1991; 16: 635-640.

- 3) Yu S, Haughton VM, Sether LA, et al. criteria for classifying normal and degenerative lumbar intervertebral disks. *Radiology* 1989; 170: 523-526.
4) Masaryk TJ, Ross JS, Modic MT, Boumpfrey F, Bohlman H, Wilber G. High-resolution MR imaging of sequestered lumbar intervertebral disks. *AJNR* 1988; 9: 351-358.
5) Yu S, Haughton VM, Sether LA, Wagner M. Annulus fibrosus in bulging intervertebral discs. *Radiology* 1988; 169: 761-763.
6) Aprill C, Bogduk N. High intensity zone: a diagnostic sign of painful lumbar disc on MRI. *Br J Radiol* 1992; 65: 361-369.
7) Boden SD, Davis DO, Dina TS, Patronas NJ, Wiesel SW. Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg* 1990; 72-A: 403-408.
8) Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, Masaryk TJ, Carter JR. Degenerative disk disease: assessment of changes in vertebral bone marrow with MR imagin. *Radiology*, 1988; 166: 193-199.
9) Ross JS, Masaryk TJ, Schrader M, Gentili A, Bohlman H, Modic MT. MR imaging of the postoperative lumbar spine: assessment with gadopentetate dimeglumine. *AJNR* 1990; 11: 771-776.
10) Hoeflter MG, Modic MT, Ross JS, et al. Lumbar spine: postoperative MR imaging with Gd-DTPA. *Radiology* 1988; 167: 817-824.
11) Kim NH, Kim HK, Suh JS. A computed tomographic analysis of changes in the spinal canal after lumbar interbody fusion. *Clin Orthop* 1993; 286: 180-191.
12) Ricci C, Cova M, Kang YS et al. Normal age-related patterns of cellular and fatty bone marrow distribution in the axial skeleton: MR imaging study. *Radiology* 1990; 177: 83-88.