

総説

脊髄のMRI診断

宮坂 和男

北海道大学医学部 放射線科

1. 脊髄画像診断の概略

脊髄疾患の診断では、

- ①病変がどの脊髄レベルに存在するのか高位診断、
- ②病変が硬膜外、硬膜内、髄内、髄内であれば髄内のどこに存在するのか横断診断、

そして、

- ③病変によっては動態機能診断、

が求められる。高位診断は、MRIにより非侵襲的且つ適確に可能となった。硬膜外・内共に、診断のポイントとなる解剖学的指標があり、それらは特にMRIにて明瞭に観察される。

硬膜外疾患においては、CTとMRIは相補的な関係にある。一方硬膜内疾患では、MRIの診断的価値はCTを凌駕し、多くの疾患でgold standardとなっている。任意断面の撮像が可能で、コントラスト分解能に優れ、生理・生化学的情報をもたらすMRIは非侵襲的に脊髄髄内病変の描出を可能とした。椎間板変性疾患において脊柱動態機能検査が必要な場合、特殊な囊腫性病変、或いは脊髄動静脈奇形における血管解剖の同定など以外に、脊髄腔造影や血管造影のような侵襲的検査法が必要無くなって来ている。ここではMRI上の解剖学的指標をキーとした病変の存在診断と、診断上のピットフォールを中心に概説する。

2. 硬膜外

(1) 解剖学的指標

1) 脂肪

硬膜外あるいは傍脊柱脂肪組織はT1、およびT2強調画像で高信号を呈し、硬膜外疾患の診断においては最も重要な解剖学的指標である。

図1は、下肢運動障害を呈した20才女性悪性リンパ腫例の胸椎矢状面T1強調画像である。腫瘍性病変により硬膜囊及び胸髄は前方に圧排され、くも膜下腔は同部でtaperingし狭小化している。腫瘍上下の硬膜外脂肪腔はむしろ拡張し、腫瘍を取り囲むように存在する(epidural fat cap sign)。硬膜外腫瘍が脂肪組織によりコントラスト良好に描出されており、脂肪組



図1 胸椎硬膜外悪性リンパ腫

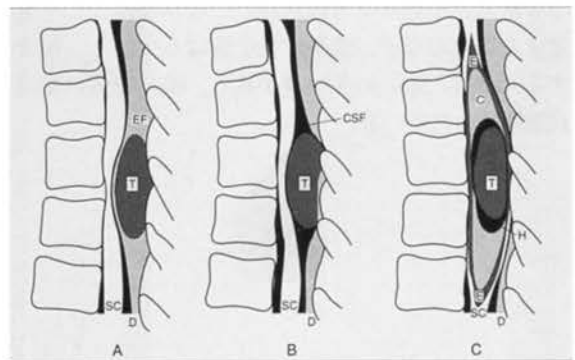


図2 脊髄腫瘍局在診断のkey所見

SC:脊髄, D:硬膜, EF:硬膜外脂肪, CSF:クモ膜下腔脳脊髄液, T:腫瘍, C:腫瘍周囲囊腫ないし空洞, E:浮腫, H:腫瘍周囲出血(ヘモジデリン沈着)

織は体内に存在する天然の造影剤といって良い。図2に硬膜外、内腫瘍の特徴を模式化した。

硬膜外脂肪組織は、脊柱カーブの凸側、椎間孔、



図3 硬膜外脂肪腫症

傍脊椎軟部組織に多い。胸椎には生理的なkiphosisがあるので、正常でも背側硬膜外腔が広い。しかし、ステロイド投与例、あるいは特発性に硬膜外脂肪が過剰となり、脊髄あるいは馬尾神経を圧迫し、神経症状を呈する事がある（硬膜外脂肪腫症epidural lipomatosis）。図3は41才男性で約半年前から歩行障害、脊髄後索症状、下肢痙性麻痺が出現した例の胸髄T1強調像である。中下位胸椎（T7-T9）レベルで背側くも膜下腔は狭小化し、胸髄前後径が短縮している。すなわち、脊髄は硬膜外脂肪にて圧迫されている事を示す所見である。椎弓切除にて除圧を行い、突発性の硬膜外脂肪腫症が確認された。

2) 椎間板、靭帯

椎間板は中央部の髄核と、周辺部の線維輪からなる。図4に模式化した。

椎間板髄核と線維輪内層はT2強調像で高信号を示す。T1強調像では、椎体と比し相対的に信号が低、等、高など様々である。これは、脊椎脂肪髄の多寡により、椎体信号が変化するためである。椎間板線維輪外層（Sharpey fiber）と後縦靭帯は、いずれの撮像法でも共に低信号を示す。椎間板の変性（脱水、線維輪の亀裂）が起ると、椎間板の信号は低下し、

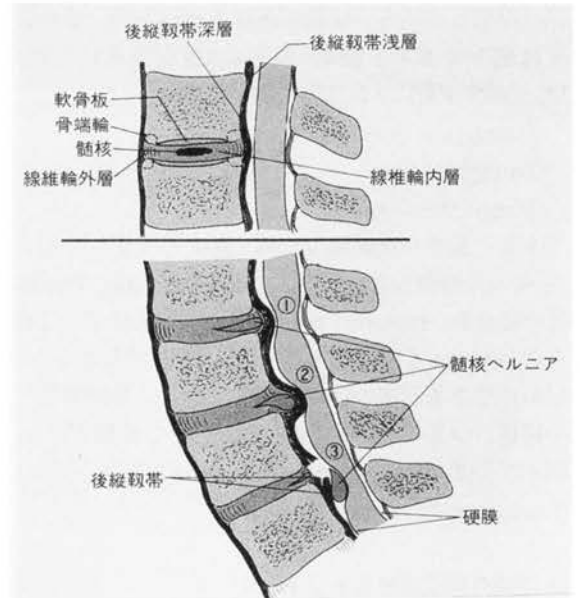


図4 椎間板の構成と髄核ヘルニアの程度

椎間腔の高さは減じ、椎間板辺縁は全周性に突出する（線維輪膨隆）。髄核は線維輪を穿破して局所的に突出する（髄核ヘルニア¹⁾。後縦靭帯をも貫通すると、その低信号帯が断裂する²⁾。図5は52才男性、坐骨神経痛を来した症例の腰椎T1強調像（左図）、及びT2^{*}強調像（右図）である。L5/S1椎間板は後方へ突出し、椎間腔は狭小化している。椎間板後縁の低信号帯（矢頭）は断裂し同部を椎間板髄核が貫通し、硬膜外腔に腫瘤を形成し、massは頭側へ移動している。（extrude disc migration, or sequestered disc herniation）。硬膜囊への圧迫が強く、くも膜下腔は

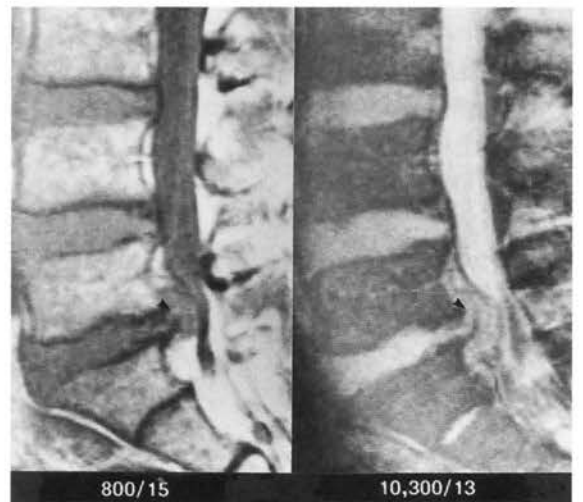


図5 腰椎椎間板髄核ヘルニア

完全閉塞している。椎間板髄核の脱出方向、脱出程度は様々である。図4におもな3型を模式化した。Macnabの分類によれば³⁾、図4の頭側から、

- ① prolapsed type、
- ② extruded type、
- ③ sequester type

である。髄核が線織輪の一部を越えて突出した場合(①よりも軽度な場合)を、protruded type、模式図③の場合を、extruded disc migrationとも呼ぶ。これらのsubtypeを必ずしも明確には鑑別できないが、MRIにてある程度の区別は可能である。後縦靭帯との関係、つまりそれを穿破したか否かで分類すると、図4の①②はsubligamentous typeであり、③はtransligamentous typeである⁴⁾。

(2) 硬膜外病変のピットフォール

1) 椎間板病変の頻度と病変の多彩さ

腰痛のない無症候98例の腰部MRIで、その2/3に何らかの椎間板病変を認めたとの報告がある⁵⁾。つまり、腰椎のMRIを行って、椎間板病変が認められても、それはたまたまcoincidentalに発見されたに過ぎない。

一方で特定の腰仙神経根が圧迫障害される可能性は多彩である。

- ① 髄核ヘルニア (後外側、外側型)、
- ② superior facet syndrome、
- ③ pedicular kinking、
- ④ facet impingement

などが代表的な病態である⁶⁾。CTやMRIでは、病変自体と共に、硬膜外や椎間孔脂肪組織の圧排、消失、神経根の偏位に注目する。頸椎ではMRIでも動態観察可能であるが、腰椎では脊髓腔造影での動態変化の観察が必要な例がある。

椎間板髄核ヘルニア診断のpitfallは、

- ① 脱出髄核の遊離移動、
- ② 外側型髄核ヘルニア、
- ③ 脊柱管狭窄における髄核脱出、
- ④ 骨erosion、
- ⑤ 異常増強像、
- ⑥ 術後scarと再発ヘルニア、
- ⑦ 自然縮小

である。

2) 増強効果

硬膜外病変の造影MRIにおけるpitfallは、増強効果が正常組織にもある事と、病変に非特異的な事である。

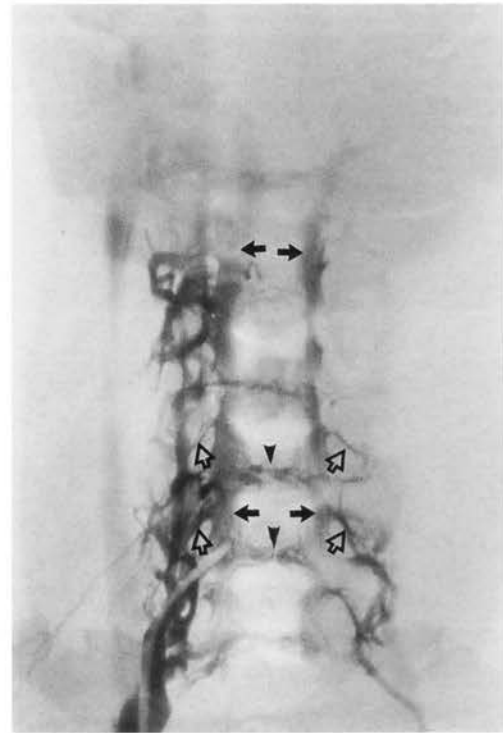


図6 逆行性頸部椎骨静脈造影

a. 正常組織

硬膜外静脈は腹側で大きく、背側のものは痕跡的である。脊柱管内腹側で椎体および椎間板背面の、傍矢状面を対をなして縦走する。単に硬膜外静脈、或いは、前硬膜外静脈、前内椎骨静脈叢、Batson's veinなどと呼ばれる。腰仙椎では叢状であるが、頸胸椎では、静脈洞様に大きい。従って頸椎ではlongitudinal epidural sinusとも呼ばれる。且つ、頭蓋脊椎移行部から上位頸椎で大きい。

図6は、逆行性頸部椎骨静脈造影正面像である。本検査法はCTが登場して以来行われなくなったが、静脈解剖を示す為に呈示した。カテーテル先端は右椎骨静脈に挿入されている。脊柱管内を縦走する一対の硬膜外静脈(矢印)は椎体後部静脈(矢頭)で左右吻合し、側方は椎間静脈(中空の矢印)を経て外椎骨静脈叢と交通する。硬膜外静脈は、硬膜外の圧迫病変、特に椎間板病変の近傍で怒張う。図7は、右手の根性疼痛(radicalopathy)を主訴とした39才女性である。矢状面頸椎T1強調像(A:左図)と造影後(B:右図)で、C5/6、C6/7椎間板は後方へ突出している。造影後、椎体背面の硬膜外静脈が増強される。突出した椎間板とそれに遮られた硬膜静脈との識別が明瞭となる。本来上位頸椎でより大きい同



図7 A,B 矢状面

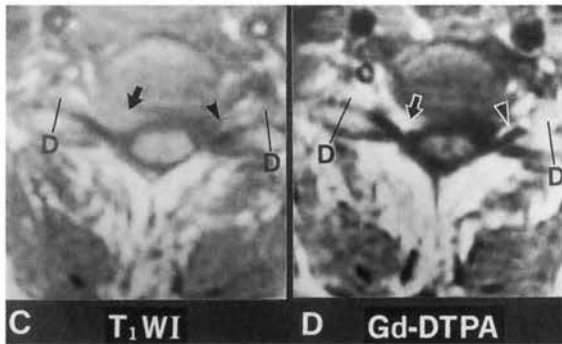


図7 C,D 横断軸面

図7 頸椎椎間板ヘルニアと硬膜外静脈

静脈が、下位特に椎間板突出の強いC5-C7で拡張している。C6/7レベル横断軸面のT1強調像 (C:左図)では、右椎間孔内に軟部腫瘍があり(矢印)、正常の脂肪組織は消失している。(正常の左椎間孔内脂肪組織は良く観察され狭窄はない)。造影後 (D:右図)における右椎間孔の増強像は拡張した硬膜外静脈と椎間静脈を示している。対側での正常の椎間静脈が増強されている(矢頭)。

静脈を主とした血管構造は、正常でも増強されて良いが、疾患により拡張すると明瞭に増強される。背側神経節は、その支配動脈が有窓の毛細血管であり、従って血液神経関門を持たない為、正常でも増強される⁷⁾(図7C、D図中のD)。又、年齢や造影剤投与方法により増強効果に変化する。7才以下の小児特に、2才以下の乳幼児では椎体が増強され豊富な赤色骨髄と血管床を反映する⁸⁾。通常の3倍量投与では椎

間板、椎間関節腔が増強される⁹⁾。とくに造影剤注入直後よりも時間を経た方が増強効果が明瞭である。

b. 病変組織

病変の増強像は腫瘍性病変、非腫瘍性病変両者において認められる。前者には転移性腫瘍、悪性リンパ腫、近傍臓器腫瘍の浸潤などがあるが、造影MRIで時として不明瞭になることがある。骨髄や傍脊椎組織が脂肪を含みT1強調像では造影される病変部と正常脂肪組織が類似の信号強度を呈するからである。後者として、椎間板病変に伴う線維組織や術後 scar、硬膜外膿瘍や脊椎炎・椎間板炎に伴う肉芽組織、鬱滞・拡張した硬膜外静脈が代表的なものである。椎間板病変に関し、髄核は増強効果が無いか乏しいが、その周囲の線維化組織、鬱滞した静脈、あるいは術後scarは強い増強像を示す。

3. 硬膜内

(1) 解剖学的指標

1) 脳脊髄液

くも膜下腔(脳脊髄液:CSF)はT2強調像で高信号、T1強調像で低信号を呈し硬膜内疾患の診断においては、重要な解剖学的指標となる。Fast SE法 T2強調像では、SCF腔の拡張、狭小化、充盈欠損はあたかも脊髓腔造影の像である。図2に硬膜内腫瘍の所見を模式化した。図8は50才男性、進行性の脊髓症(myelopathy)を来した例の冠状断面の胸椎T1強調像(左図)と造影後(右図)である。第2胸椎レベルで胸髄は左に変位し、その右側に腫瘤性病変がある。

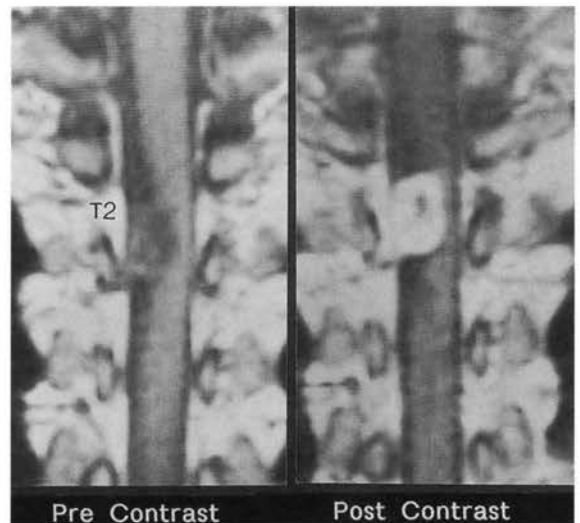


図8 胸髄硬膜内髄外腫瘍(神経鞘腫)

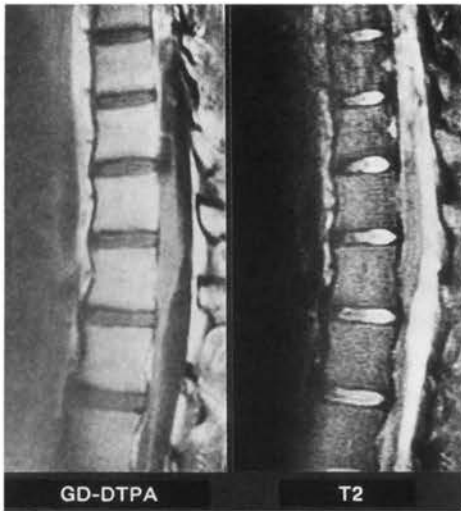


図9 A：胸腰椎移行部矢状面

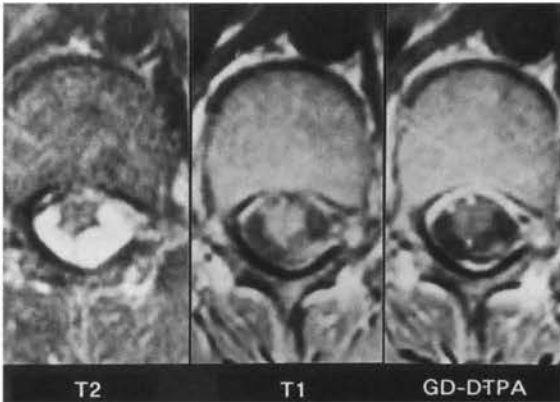


図9 B：横断軸面

図9 癒着性くも膜炎

腫瘍の上下くも膜下腔は拡張し腫瘍上下の輪郭を隔どっている (CSF cap sign)。造影後良く増強されるが、内部に一部増強像を欠く。神経鞘腫に典型的な像である。

(2) 硬膜内病変のピットフォール

1) CSF類似病変及び小病変

MRIにて見逃す可能性がある硬膜内髄外病変は、小さなAVM、癒着性くも膜炎、くも膜嚢腫、播種性腫瘍、神経炎などが挙げられる。

図9は、数ヶ月前より進行性のmyelopathyを示す20才女性のMRIである。胸腰椎部の矢状面造影後T1強調像 (図9A左図) 及びT2強調像 (右図) で、脊髄腫大や異常増強像はないが、脊髄の変形を認める。腰膨大部の横断軸面T2強調像 (図9B左図) で、脊髄は”

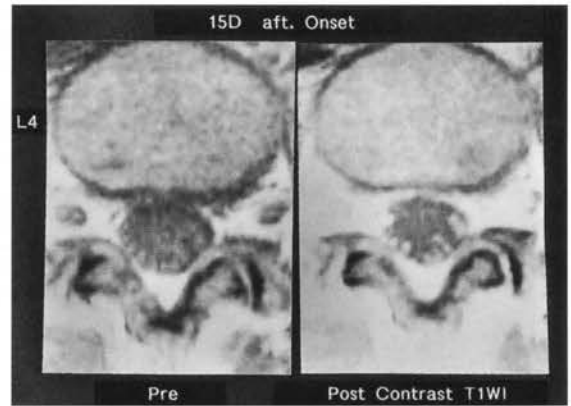


図10 慢性炎症性脱髄性神経炎

星型”に変形し、その周辺には、隔壁構造で境界された囊腫性病変がある。造影前後のT1強調像 (図9B中、右図) で、脊髄血管構造以外に異常増強効果はない。癒着性くも膜炎であり、虫垂炎の手術を腰椎麻酔で行った既往があった。癒着性くも膜炎は馬尾神経が塊となって脊柱管背側にへばりついた像、くも膜腔内の多房性cyst、髄内syrix形成など多彩な像を呈する。

脊髄AVMは硬膜内AVMと硬膜AVMに大別される。その最終的確認方法 (gold standard) は脊髄血管造影であり、人口塞栓術など治療法を選択する上でも必須である。高磁場MRIで検索された自験32例のMRI所見は、flowによるsignal void88%、髄内T2高信号81%、脊髄腫大59%、脊髄圧迫変形25%であった。造影MRIを施行した11例中5例に髄内異常増強像を認めた。従って、AVM診断のpitfallは、signal void欠如例、髄内異常増強像である。又、臨床的に慢性進行性の臨床経過をとる例が多い事である (自験例では75%)。

2) 増強効果

硬膜内病変における造影MRIのpitfallは、血液神経関門 (blood nerve barrier:BNB) の存在、増強効果が非特異的である事、量依存性がある事である。

a. 正常組織

正常組織として脊髄動静脈が点状の増強像として認められる以外、硬膜内正常構造は増強されない。脊髄神経の栄養支配動脈は、内皮細胞がtight junctionを有したcontinous typeの毛細血管である。すなわちBNBを有している。従って脊髄神経は増強されない。しかしながら、3倍量の造影剤を投与すると正常の馬尾神経が増強される。この点はBNBが

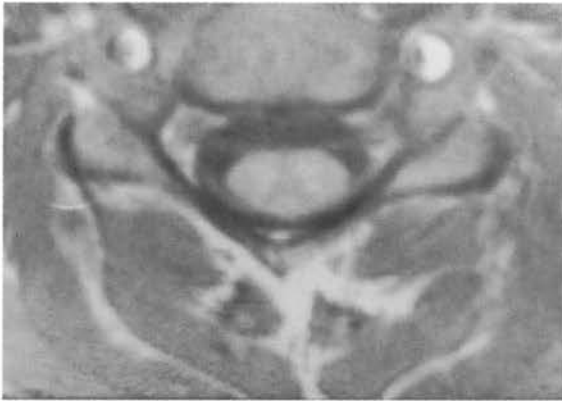


図11 正常頸椎T1強調像

blood brain(cord) barrier(BBB)ほど完全なものではない事を示している⁹⁾。

b. 病変組織

硬膜内神経根自体或はそれに沿った増強像が認められる。後者の代表は播腫性腫瘍である。馬尾神経の増強像は、圧迫病変を主として様々な病態で認められる。自験219例の腰仙部造影MRIにて、椎間板ヘルニア84例中22%、脊柱管狭窄症56例中2%、炎症、血管障害、外傷など79例中19%に馬尾神経の異常増強像を認めた。図10は15才女性、15日前より下肢表剤知覚低下、下肢脱力、神経生理学的検査にて末梢神経伝達速度の遅延がある患者のMRIである。慢性

炎症性脱髄性神経炎 (chronic inflammatory demyelinating neuropathy:CIDP) と診断された。造影後のT1強調像で馬尾神経前後根共に異常増強像を示している。尚本症例では、脳MRIで散在性の白質病変を認めた。

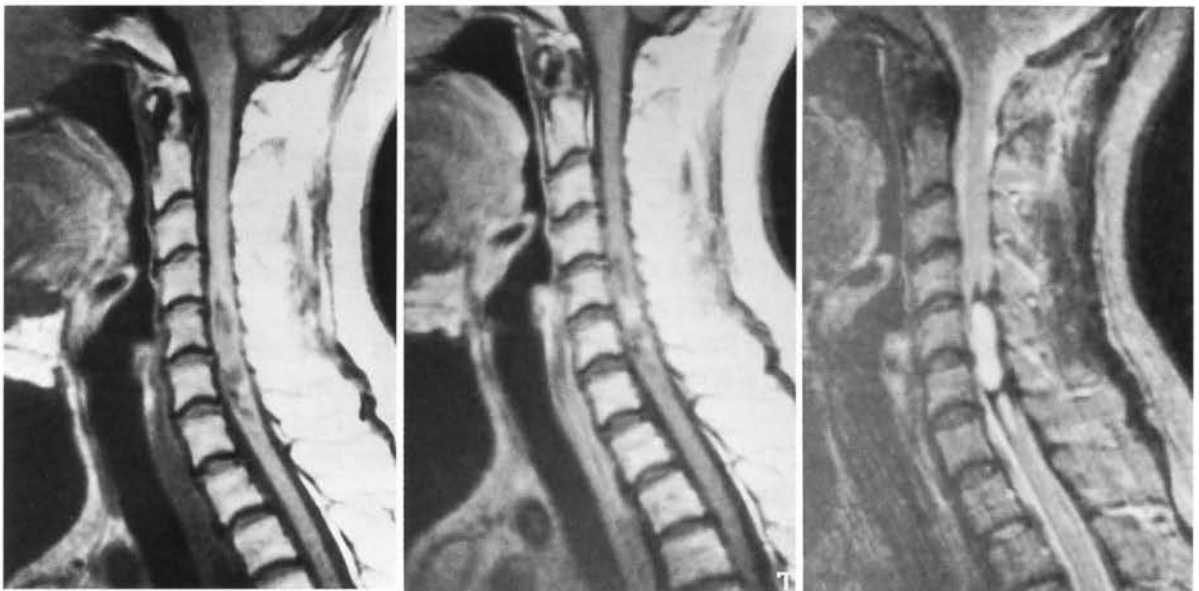
4. 髄内

(1) 解剖学的指標

1) 脊髓

脊髓髄内白質と灰白質が識別される。どの撮像パルス系列でも、白質は灰白質より低い信号を示す¹⁰⁾(図11)。脊髓径と髄内灰白質・白質が髄内病変診断における解剖学的指標である。灰白質・白質の識別の有無は破壊性病変か浮腫性変化かの鑑別の一助ともなる。

図12は57才女性、慢性進行性の脊髓症を示した。T1強調像(図12A)でC4-C7の頸髄腫大がある。造影後(図12B)C5-6髄内に限局した異常増強像を認める。増強される腫瘍結節の上下はT1強調像で低信号、T2強調像(図12C)では高信号であり、囊腫の存在を示す。T2強調像では更に囊腫の頭尾側へペンシル状に無信号が伸びヘモシデリン沈着を示唆する。増強され境界明瞭な腫瘍結節、囊腫の合併、出血の既往は上衣腫に良く認めるMRI所見である。図2に髄内腫瘍のMRI所見を模式化した。



A: 頸椎矢状面 T1 強調像

B: 造影後

C: T2 強調像

図12 髄内腫瘍(上着腫)

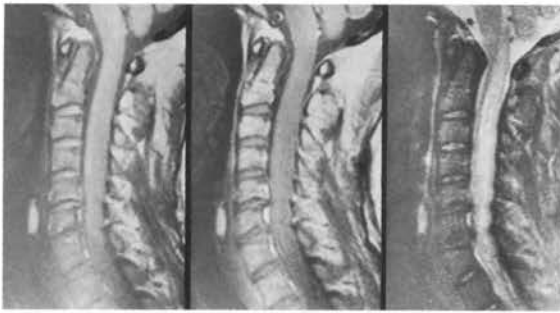


図13 A：頸椎矢状面

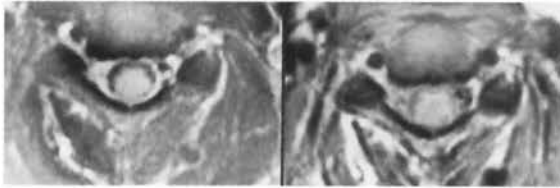


図13 B：横断軸面

図13 横断性脊髄炎

図13は、50才女性で、5日前より両下肢脱力、無尿、胸髄レベル以下の知覚低下をきたした。頸椎MRIの矢状面（図13A）T1強調像（左図）で頸髄は腫大するが、造影後異常増強像はない（中図）。T2強調像で髄内は広範な高信号を呈する。横断軸面（図13B）のT2強調像（左図）で、頸髄は辺縁部を除き高信号を示している。しかしながら、プロトン密度像（右図）を見ると、灰白質と白質の高信号域が明瞭に識別される。すなわち、髄内高信号は破壊性病変よりも、浮腫性変化である事が示唆される。ステロイド投与2週後には、症状の改善と共に脊髄腫大と髄内高信号域は縮小した。横断性脊髄炎の症例である。

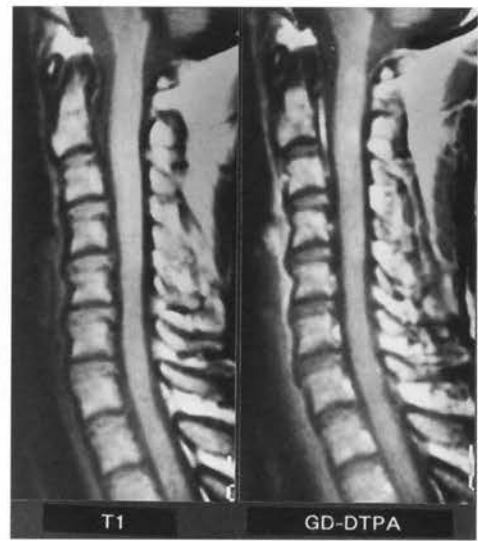


図14 A：頸椎矢状面

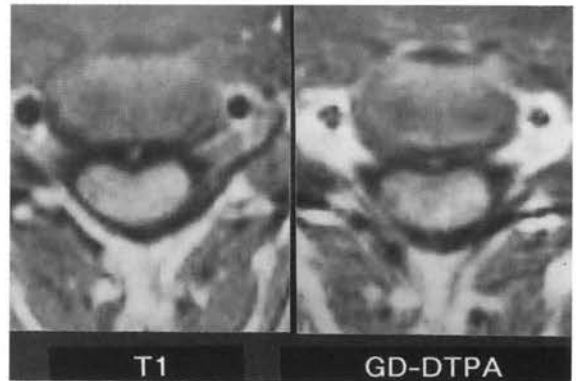


図14 B：同横断軸面

図14 多発性硬化症

(2) 髄内病変のピットフォール

1) 多彩な髄内病変

髄内には腫瘍と腫瘍類似疾患が多彩である。前者には、上衣腫、星細胞腫、血管芽腫が代表的なものであり、その他 ganglioglioma 脂肪腫、転移性腫瘍、悪性リンパ腫、神経鞘腫、上皮性嚢腫、などがある。後者には脱髄疾患、脊髄炎、変性疾患、動脈性／静脈性梗塞、髄内 AVM がある。

2) 増強効果

腫瘍では上衣腫、血管芽腫で強い、且つ境界明瞭な増強像を示す。星細胞腫では脳の星細胞腫に比し異常増強像を示す頻度が高い。増強されない脊髄星細胞腫は数%しかないとの報告もある¹¹⁾。しかし、増強像が不明確であったり、一部のみ増強されるの

は決して稀ではない。又、増強部位の境界が不明瞭な事は一般的である。

腫瘍以外に、脊髄炎や肉芽組織のような炎症性疾患、脱髄性疾患、動脈性梗塞、静脈性梗塞（亜急性壊死性脊髄炎：Foix-Alajouanine 症候群）、外傷、頸椎症性脊髄症、など様々な病態で異常増強像が見られる¹²⁻¹⁶⁾。

図14は37才女性で多発性硬化症である。頸椎矢状面（図14A）のT1強調像（左図）頸髄の腫大あり、造影後（右図）C1、C2-3、C4-5など主に脊髄背側に境界不明瞭で斑状の増強像を示している。横断軸面（図14B）で、異常増強像の主座は頸髄側索、後索にある。

非腫瘍性疾患の増強パターンを図15に示した。前脊髄動脈症候群では、本動脈が脊髄髄内前2/3を栄養するので、同部に増強像が観察される¹⁵⁾。動脈性梗

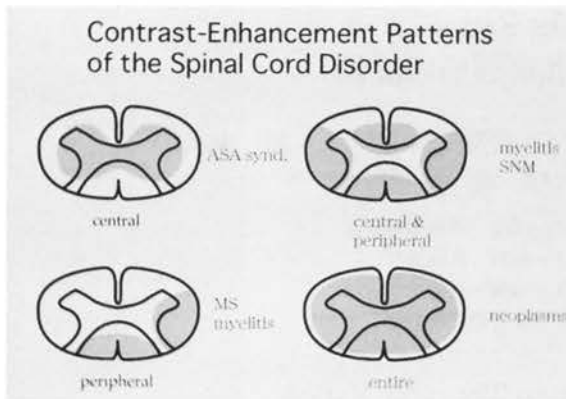


図15 髄内病変の増強パターン
(ASA: anterior spinal artery syndrome, CNM: subacute necrotizing myelopathy, MS: multiple sclerosis)

塞以外の非腫瘍性病変の可能性を示唆する増強像として、

- ①斑状、
- ②脊髄辺縁部に強い、
- ③ skip lesion

が挙げられる。増強されない髄内病変では、非腫瘍性病変を先づ考えた方がよい。更にCSFや血液所見などの臨床検査データ、臨床経過、治療への反応を見る事が大切である。

参考文献

1. Modic MT, Pavlicek W, Weinstein MA, et al: Magnetic resonance imaging of intervertebral disc disease. Clinical and pulse sequence considerations. Radiology 152: 103-111, 1984
2. Masaryk TJ, Ross JS, Modic MT, et al: High resolution MR imaging of sequestered lumbar intervertebral disks. AJNR 9: 351-358, 1988
3. Macnab I, McCullough JA, Weiner DS, et al: Chemonucleolysis. Canad J Surg 14: 280-289, 1971
4. Isu T, Iwasaki Y, Miyasaka K, et al: Areappraisal of the diagnosis in cervical disc disease: The posterior longitudinal ligament perforated or not. Neuroradiology 28: 215-220, 1986

5. Jensen MC, Bradley Jr WG, Modic MT, et al: Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain. New Engl J Med 331: 69-73, 1994
6. 宮坂和男: 椎間板疾患の画像診断。神経進歩 36: 622-629, 1992
7. Kobayashi S, Yoshizawa H, Hachiya Y, et al: Vasogenic edema induced by compression injury to the spinal nerve root. Distribution of intravenously injected protein tracers and gadoliniumenhanced magnetic resonance imaging. Spine 18: 1410-1424, 1993
8. Sze G, et al: Developing spinal column: Gadolinium-enhanced MR imaging. Radiology 180: 497-502, 1991
9. Jinkins JR, et al: Lumbosacral Spine: Early and delayed MR imaging after administration of an expanded dose of gadolinium dimeglumine in healthy, asymptomatic subjects. Radiology 197: 247-251, 1995
10. Carvlin MJ, Asato R, Hackney DB, et al: High-resolution MR of the spinal cord in human and rats. AJNR 10: 13-17, 1989
11. Sze G: MR imaging of the spinal cord: Current status and future advances. AJR 159: 149-159, 1992
12. Larsson EM, Holtas S, Nilsson O: Gd-DTPA-enhanced MR of suspected spinal multiple sclerosis. AJNR 10: 1071-1079, 1989
13. Gero B, Sze G, Sharif H: MR imaging of intradural inflammatory diseases of the spine. AJNR 12: 1009-1019, 1991
14. Nesbit GM, Miller GM, Baker Jr. HL, et al: Spinal sarcoidosis: A new finding at MR imaging with Cd-DTPA enhancement. Radiology 173: 839-943, 1989
15. Friedman DP, Flanders AE: Enhancement of gray matter in anterior spinal infarction. AJNR 13: 983-985, 1992
16. Mirich DR, Kucharczyk W, Keller MA, et al: Subacute necrotizing myelopathy; MR imaging in four pathologically proven cases. AJNR 12: 1077-1083, 1991

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体)と包括複写許諾契約を締結している場合にあつては、その必要はございません(社外頒布目的の複写については、許諾が必要です)。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F FAX: 03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp

複写以外の許諾(著作物の引用、転載、翻訳等)に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619