脊髄脊椎腫瘍の診断と治療

Diagnosis and Surgical Treatment of Spinal Cord Tumors

寶子丸 稔

Minoru Hoshimaru, M.D.

Key words

metastatic spine tumor, intradural extramedullary tumor, intramedullary tumor

硬膜外腫瘍

ここでいう硬膜外腫瘍とは、脊柱管内硬膜外腔に主座を置いて発育する腫瘍のほか、脊椎骨に主座を置いて発育する腫瘍を含むが、実際に臨床の現場で遭遇することが最も多いものは脊椎骨へ転移する悪性腫瘍である。全癌患者の 5～10%において生存中に脊椎骨への転移巣が判明するとされているが、剖検時には実に 40%の癌患者に脊椎骨への転移が認められると報告されている¹⁾。原発巣で多いのは、乳癌、肺癌、前立腺癌であり、腎癌、消化器癌、肉腫、悪性リンパ腫、多発性骨髄腫などが続く。転移するレベルで最も多いのは胸椎（約 70%）であり、腰椎（20%）、頸椎（10%）と続く。脊柱管内硬膜外腔あるいは硬膜内に転移するものはわずかであり 5%以下であると報告されている²⁾。転移性脊椎腫瘍の症状として最も多いものは疼痛であるが、浸潤による局所痛のこともあれば脊髄や脊髄神経の圧迫による疼痛のこともある。脊柱管内への発育が進行すれば対麻痺などの脊髄症が発生する。その際、急激に対麻痺が進行して緊急手術の必要性に迫られることは誰でも経験することである。このように脊髄症などの症状が明らかになって初めて癌の存在が明らかになることはまれではなく、10%にそのようなことが起こると報告されている。転移性脊椎腫瘍の診断は単純 X 線撮影の読影から始まり、椎弓根消失像などの溶骨性変化や前立腺癌などにみられる骨硬化像を見逃さないことが大切であるが、その有用性は限られており、最終的な診断は MRI に頼ることになる。T1 強調

画像が有用であり、転移巣は正常骨髄と比較し低信号域を示す (Fig. 1 a)。これは、脂肪を含んだ正常骨髄が腫瘍に置き換わるため信号強度が低下することにより発生する。ガドリニウムによる造影効果を示すが、周囲の高信号域に邪魔されて注意深く観察しないと見逃しやすく、脂肪抑制画像を併用するなどの工夫が必要である³⁾。化膿性脊椎炎、結核性脊椎炎も T1 強調画像で低信号域を示しガドリニウムによる造影効果を示すため鑑別が必要になる。感染では椎間板が破壊され、転移巣では温存されることが重要な鑑別点となる。結核性脊椎炎は明らかな膿瘍を形成し一見すると腫瘍性病変と間違えられやすいが、腸腰筋などの傍脊柱筋に感染が進展していること、膿瘍辺縁の rim enhancement を示すことが鑑別点となる⁴⁾ (Fig. 1 b)。転移巣が椎体にとどまる場合には骨粗鬆症による圧迫骨折との鑑別が困難になる場合がある。両者ともに T1 強調画像で低信号域を示すが信号強度の変化が不均一で椎体の後方部分が侵されていないければ骨粗鬆症による圧迫骨折を疑ったほうがよいとされている³⁾。

転移性脊椎腫瘍の治療に関しては、多臓器や多椎体に転移している症例が多く外科的治療の対象になるものは比較的少ないが、1つの椎体に限局するものに対しては外科的治療を考慮してもよく、その方法として腫瘍とともに一塊として椎体を切除したのちに人工椎体と椎弓根スクリューなどを用いて脊椎固定を行う方法が提唱されており、良好な成績が報告されている⁵⁾。最近になり、転移性脊椎腫瘍に対して定位放射線治療の適応が考慮されるようになり局所の疼痛改善に有効であると報告され

大津市民病院脳神経外科／〒520-0804 大津市本宮 2-9-9 (連絡先：寶子丸 稔)

Address reprint requests to : Minoru Hoshimaru, M. D., Department of Neurosurgery, Otsu Municipal Hospital, 2-9-9 Motomiya, Otsu-shi, Shiga 520-0804, Japan

Fig. 1 硬膜外腫瘍のMRI

- a：甲状腺癌の転移性脊椎腫瘍（T1 強調画像）。
- b：結核性脊椎炎（造影MRI でリング状に造影される膿瘍が椎間板を巻き込み傍椎体部へ波及している）。
- c：原発性悪性リンパ腫（T1 強調画像）。
- d：硬膜外海綿状血管腫（T1 強調画像）。
- e：脊索腫（T2 強調画像）。

ている⁶⁾。

原発性の硬膜外腫瘍のなかで多いものは悪性リンパ腫であるが、転移性腫瘍と同様に T1 強調画像で低信号域を示す (Fig. 1 c)。上述したように悪性リンパ腫には転移性のものもあるが、原発性のものは転移性のものと比較して予後がよく、原発性のものでは、腫瘍摘出術のちに放射線治療・化学療法を行うと 5 年生存率が 69% であると報告されている⁷⁾。そのほかの腫瘍では海綿状血管腫、脊索腫などが知られている。海綿状血管腫は髄内に発生することが知られているが、まれに硬膜外に発生し神経症状を発生することが知られている (Fig. 1 d)⁸⁾。脊索腫は脊索の遺残より発生するまれな腫瘍であり、40% が頭蓋底に、15% が脊柱に、45% が仙骨尾骨部に発生し、脊柱に発生するものは非常にまれである (Fig. 1 e)。軟部組織に対しては比較的境界が明瞭であるが、骨に対しては破壊性に増殖し再発が一般的である。最近では重粒子線治療が試みられるようになり、96% という高い 5 年局所制御率が報告されている⁹⁾。

硬膜内髄外腫瘍

1. 硬膜内髄外腫瘍の特徴と放射線学的診断

硬膜内腫瘍は 3：2 の割合で硬膜外腫瘍より多く、硬膜内腫瘍では 1：2 ないし 1：3 の割合で髄内腫瘍より髄外腫瘍が多い。したがって、硬膜内髄外腫瘍は脳神経外

科医にとって最も遭遇することが多い腫瘍である。硬膜内髄外腫瘍のほとんどは神経鞘腫あるいは髄膜腫であるが、そのほかの腫瘍として類上皮腫、海綿状血管腫、胚芽腫、neurenteric cyst などが報告されている。欧米の論文では髄膜腫は全脊髄腫瘍の 25～46% を占めると報告されており最も多い脊髄腫瘍である¹⁰⁾、日本では神経鞘腫が髄膜腫の 3～4 倍多いと報告されており最も多い脊髄腫瘍である¹¹⁾。頭蓋内では髄膜腫と神経鞘腫の比率が 2：1 と髄膜腫のほうが多いのであるが、脊柱管内で比率が逆転するのは脊柱管内には多数の脊髄神経が存在するためと考えると理解しやすい。

神経鞘腫、髄膜腫ともに年齢分布では 40～50 歳代を中心に発生する。神経鞘腫では明らかな性差は認められないが、髄膜腫では 3：1 ないし 4：1 の割合で女性に多く¹²⁾、性ホルモンとの関連が示唆されている。発生部位でみると神経鞘腫は頸椎から腰椎までほぼまんべんなく発生するのに対し、髄膜腫は胸椎に最も多く発生し (67～84%)、特に上位および中部胸椎に好発する¹³⁾。髄膜腫が腰椎部に発生することはまれで、腰椎部の硬膜内腫瘍のほとんどは神経鞘腫である。神経鞘腫を含む硬膜内腫瘍の 10% 程度が脊髄の前方に存在すると報告されているが¹⁴⁾、髄膜腫ではその頻度は比較的多く 15～39% が脊髄の前方に存在すると報告されている。

神経鞘腫は 95% 以上が後根から発生する¹¹⁾。神経根のどの位置で発生するかにより、硬膜内にとどまるものと

Fig. 2 右 L2 神経根に沿って発生したダンベル型神経鞘腫

- a, b : T2 強調画像で腫瘍は高信号域を示した。
 c : 片側椎弓を棘突起の基部で縦方向に切断し、さらに椎弓根内側面に沿って切断し、椎間関節嚢を切開し、片側椎弓と下関節突起を一塊として除去して硬膜嚢と腫大した右 L2 神経根を露出した。
 d : 硬膜嚢を開放し腫瘍を露出した。
 e : 硬膜嚢内と硬膜嚢外の腫瘍を全摘出後、硬膜嚢と神経根は VCS クリップを用いて閉鎖した。
 f, g : 除去した骨片はもとに戻しミニプレートで固定した (CT および単純 X 線撮影正面像)。

ダンベル型（あるいは砂時計型）の発育を示すものに分かれる。上位頸椎ではダンベル型の発育を示すものが多い^{11,15)}。ほとんどの脊髄髄膜腫は硬膜に付着して硬膜嚢内に発生するために、硬膜内髄外腫瘍として分類されるが、4~13%の症例に硬膜外への伸展を認め¹²⁾、まれに硬膜外へのみ増殖し転移性腫瘍との鑑別が必要になる場合がある。

神経鞘腫、髄膜腫ともに神経根や脊髄圧迫に伴う疼痛で発症することが多く、進行すると運動麻痺を伴うようになる。髄膜腫の多くは胸椎部に発生するために背部痛あるいは肋間神経痛で発症し、脊髄症が明らかになって初めて MRI の検査が行われることが多く、発症から確定診断までの平均期間が 1~2 年と診断が遅れがちである。そのため確定診断時に 32%の症例が自力歩行不能であると報告されており、早期診断が課題である¹⁰⁾。両者ともに T1 強調画像で低信号域、T2 強調画像で高信号域を示し、両者の鑑別診断は必ずしも容易ではない。神経鞘腫

は神経根から発生するために、神経根に沿った発育を示す。したがって、椎間孔を通じて脊柱管内外に発育するダンベル型の腫瘍はまず神経鞘腫である (Fig. 2 a, b)。神経鞘腫のほとんどは後根から発生するために硬膜嚢内で脊髄の腹側に発育することは少ない。一方、髄膜腫は脊髄の腹側に発生することはまれではなく、硬膜との付着領域が広く硬膜と腫瘍がなす角度が鈍であり、造影 MRI で dural tail sign と呼ばれる腫瘍周囲の硬膜の造影あるいは肥厚を示すことある (Fig. 3 a, b)¹³⁾。髄膜腫に比較して神経鞘腫のほうが T2 強調画像でより強い高信号強度を示し、まだら状になる傾向にある。さらに、一般的に神経鞘腫のほうが強く造影されるが、造影のパターンが不均一なことが多く、髄膜腫は均一に造影されることが多い。神経鞘腫では嚢胞形成を認めることがあり、リング状の強い造影効果を認めればほとんどが神経鞘腫である。単純 X 線撮影での石灰化像は髄膜腫の画像診断に有用であるが、全脊髄髄膜腫の 2~5%にしか認められない

Fig. 3 脊髓腹側に発生した髄膜腫

- a : 造影 MRI では dural tail sign (黒矢印) を認める.
- b : 腫瘍は脊髓腹側に存在する.
- c : 術後の CT では片側椎弓切除の範囲が明らかであり硬膜閉鎖に使用した VCS クリップが認められる (黒矢印).
- d : 椎弓根内側面が直視できるまで十分に椎弓切除を行った.
- e : 脊髓の外側から腫瘍を露出したが、腫瘍の上にはクモ膜が覆われており剥離は容易であった.
- f : 腫瘍を全摘出した.
- g : 術後の造影 MRI で腫瘍の全摘出を確認した.

所見である¹⁶⁾。硬膜内髄外腫瘍のほとんどは髄内に変化を及ぼさないが、まれに髄内に T2 強調画像で高信号域を認めることがあり、その場合には腫瘍と脊髓の癒着が強かったり、腫瘍と脊髓の間に軟膜の介在がなかったりすることがあるので、手術操作に慎重を期す必要がある。髄膜腫は硬膜から血流を受け、脊髓血管撮影により栄養動脈を描出することが可能であるが、手技が侵襲的であり、術前検査としては必ずしも必要ではない。

2. 基本的手術手技

1) アプローチ：硬膜内髄外腫瘍に対しては基本的に後方からのアプローチにより摘出を行う。後方からのアプローチの場合、ほとんどの症例で腫瘍が偏在している側からの片側椎弓切除により腫瘍の摘出が可能である (Fig. 3 c)。片側椎弓切除では、脊柱の後方支持組織が概ね保たれるので術後の脊柱の変形の可能性が少ないこと、創部のデッドスペースが少なく髄液貯留の合併症の発生が少ないことなどの利点がある。方法としては、最初に

椎弓の上部を慎重にドリリングして硬膜を露出して深さを確かめたのちに、ドリリングを左右外側方向へ拡大する。対側方向への拡大は、棘突起の基部から対側の椎弓の下面をなぞるような形でドリリングして黄色靭帯を露出し切除するが、頸椎部では困難なことが多い。手前の外側部は椎弓根内側面を直視下に視認できるまで椎弓切除を拡大すると腫瘍の摘出が容易になる (Fig. 3 d)。

脊柱管外に伸展したダンベル型の神経鞘腫に関しては、どのアプローチを選択するかについて定まった見解はない。一般的に、頸椎のダンベル型神経鞘腫では前方アプローチのみで摘出するか、あるいは前方と後方のアプローチを併用することが多く、胸椎や腰椎のダンベル型腫瘍では後方アプローチを選択することが多い。後方アプローチの場合、脊柱管内と椎間孔内を同時に観察するために椎間関節を解体して椎弓と下関節突起を除去する必要がある。低侵襲的に行うためには、片側椎弓を棘突起の基部で縦方向に切断し、さらに椎弓根内側面に沿って切断

し、椎間関節嚢を切開し、片側椎弓と下関節突起を一塊として除去すると、片側の硬膜嚢から椎間孔を通じて脊柱管外まで露出できる (Fig. 2 c~e)。腫瘍摘出後に摘出した椎弓骨片を元の位置に戻しミニプレートなどで固定するとよい (Fig. 2 f, g)。下位腰椎など負荷がかかると予想される場合には椎弓根スクリューを用いて固定を行う。

2) 腫瘍の摘出：髄膜腫を疑っている場合には、硬膜を開ける前に、周囲から硬膜に入る血管を凝固切断しておくで内減圧時の出血が抑えられる。神経鞘腫では発生母地となった神経より血流が入るので、その神経根を内減圧の前に処理しておくことが理想的であるが、大きな腫瘍の場合、最初の段階で発生母地となった神経を同定するのは事実上不可能であるから、内減圧の段階で腫瘍内からの出血に悩まされることも多い。神経鞘腫の摘出にあたっては、小さな腫瘍では発生母地となった脊髄神経を温存できる場合があるが、ほとんどの場合、発生母地となった脊髄神経は腫瘍と一体となっており、腫瘍の頭側と尾側で凝固切断せざるをえない。しかしながら、発生母地となった脊髄神経の切断による神経症状の発生は少ないと報告されており、多くの場合、発生母地となった脊髄神経の機能はすでに廃絶しほかの脊髄神経により代償されているものと思われる¹⁷⁾。

ほとんどの硬膜内髄外腫瘍は脊髄と付着していることはなく剥離は容易であるが (Fig. e~g)、神経鞘腫の場合には、まれに腫瘍内出血をきたし脊髄と癒着していることがある。また、まれに軟膜下へ伸展していることがあり、脊髄との剥離に鋭的な操作を必要とすることがある。いずれも慎重に剥離操作を行えば摘出は可能である。脊髄との癒着はまれであるのに対して腫瘍と脊髄神経の癒着は高頻度であり、発生母地となっていない脊髄神経との剥離にしばしば鋭的な操作を必要とする。その明らかな理由は不明であるが、脊髄には頭蓋内の拍動が伝わり常に動いているのに対し、脊髄神経は腫瘍による圧迫により静止し癒着のメカニズムが発生しやすいのが原因ではないかと思われる¹⁴⁾。

3) 硬膜の閉鎖：脳脊髄液はある程度の圧力を持っているために脳脊髄液がまったく漏れないような完全な硬膜の閉鎖は困難である。特に、馬尾神経鞘腫の術後には髄液漏が発生しやすいと考えられている¹⁴⁾。なぜ腰椎部に発生した馬尾神経鞘腫の術後に著明な髄液漏が発生しやすいかに関しては不明であるが、腰椎部には立位で大きな静水圧がかかること、脊髄神経鞘腫にはクモ膜炎などによる髄液循環の異常が合併し腫瘍摘出後に頭蓋内圧亢進症状が発生する可能性があることなどが関係して

いるものと考えられる。VCS クリップを用いると硬膜の閉鎖は簡便であり、狭く深い術野でも容易に使用できる (Fig. 2 e)。また、術後 MRI において VCS クリップによるアーチファクトはほとんど認められない (Fig. 3 g)。さらに、フィブリン糊による硬膜閉鎖部の補強も有用である。特に永田ら¹⁸⁾により提唱された MAG 法 (フィブリンノーゲン液に浸した生体吸収性ポリグリコール酸フェルトを補強部にパッチしてからトロンビン液を添加して凝固させる方法) による補強は髄液漏の防止に非常に有用である。髄液漏が発生した場合には、その程度と状況に応じて、イソバイドの投与、スパイナルドレナージ、ブラッドパッチ、第 13 凝固因子の投与、髄液漏閉鎖術の適応を考慮していく¹⁴⁾。

髄内腫瘍

1. 概略

髄内腫瘍のおもなものは頻度の高い順に、上衣腫、星細胞腫、血管芽細胞腫、海綿状血管腫であるが、年齢により発生率は前後する。21 歳以下の若年者では髄内腫瘍の 80% が星細胞腫か神経節膠腫であるのに対し上衣腫は 10% 程度しかないと報告されている¹⁹⁾。これが 30 歳以上になると上衣腫は最も頻度の高い髄内腫瘍となり、若年者と成人を併せた全体では全髄内腫瘍の 35~40% を占める。上衣腫は境界明瞭な良性腫瘍であるが、発症の平均年齢は 40 歳前後であり、3 分の 2 は頸髄に発生する²⁰⁾。星細胞腫の多くは良性腫瘍であるが、全髄内腫瘍の 30% 前後を占め、頸髄部に最も多い²¹⁾。血管芽細胞腫は境界明瞭な良性腫瘍であるが全髄内腫瘍の 5~11% と報告されている。血管芽細胞腫の平均年齢は 35 歳前後であり、頸髄ばかりでなく胸髄にも比較的多く発生する²²⁾。血管芽細胞腫の症例の 30% 程度は von Hippel Lindau (VHL) 病に伴って発生すると報告されているが、VHL 病に伴う血管芽細胞腫は比較的若年者に発生し、多発する特徴がある。海綿状血管腫は出血により発症することが多い良性腫瘍であるが、成人の髄内腫瘍の 5% を占める。そのほか、まれな髄内腫瘍として脂肪腫、過誤腫、奇形腫、悪性リンパ腫、神経膠芽腫、乏突起神経膠腫、悪性黒色腫、転移性腫瘍などが報告されている。

硬膜外腫瘍、硬膜内髄外腫瘍と同様に初発症状として最も多いのが疼痛であり、60% が疼痛で発症すると報告されている。注目すべきは体軸に沿って痛みが発生する軸性疼痛である。軸性疼痛はありふれた症状で見逃されやすいが、髄内腫瘍では 30% が軸性疼痛により発症しており、そのうち約半数が重篤な脊髄症へと増悪したと報

Fig. 4 髄内病変の MRI

- a : 視神経脊髄炎 (造影 MRI).
 b : サルコイドーシス (造影 MRI).
 c : イヌ回虫による寄生虫症 (T2 強調画像).
 d, e : 圧迫性脊髄症 (T2 強調画像で髄内の高信号域を示し病変の一部は造影され, 病変部が脊柱管狭窄の部位と一致する).
 f : 悪性黒色腫 (T2 強調画像で低信号強度を示す).

告されており, 注意を要すると考えられる²³⁾. 頸髄上部の脊髄視床路では表面から順に仙髄, 腰髄, 胸髄, 頸髄からの神経線維が位置しているために, 脊髄の中心部から侵された場合, 仙髄からの神経線維は障害されにくく, sacral sparing と呼ばれる所見が認められることがある. また, 脊髄視床路を上行する神経線維は対側の後角から入り脊髄中心部を交叉するため, 脊髄中心部が障害されると宙吊り型感覚障害が発生することがある. 両者とも髄内腫瘍の特徴とされるが, 実際に遭遇することは少ない²⁴⁾.

2. 放射線学的診断

MRI は髄内病変を診断するためのほとんど唯一の手段である. 髄内病変の多くは T2 強調画像で信号強度の異常として描出され, そのほとんどは高信号域として描出される. MRI で髄内病変に遭遇した場合に非腫瘍性髄内病変である場合も多く, 髄内腫瘍と非腫瘍性髄内病変を鑑別することが非常に重要である. その鑑別点として脊髄に腫大が認められるか否かが最も重要であるとする報告があるが²⁵⁾, 脊髄の腫大を認める非腫瘍性髄内病変や腫大を認めない小さな髄内腫瘍に遭遇することもあり, 画像所見の経時的変化や全身所見などを合わせて総合的に鑑別診断することが重要である.

髄内腫瘍と鑑別を要する疾患のなかで最も遭遇することが多いものは多発性硬化症である. T2 強調画像で高信

号域を示すために病変が発見されるが, T1 強調画像では等信号域を示すことが多い. 白質主体の病変であること, 不均一な造影を示す場合もあるが脊髄の腫大は軽度であること, 空間的に多発性を示すのみならず時間的にも短期間のうちに変化を示すということから, 鑑別診断は比較的容易である. 90%の患者は脳内にも脱髄巣を認めるとの報告があり, 多発性硬化症が疑われたら脳 MRI の検査を行う必要がある. 視神経脊髄炎 (neuromyelitis optica ; NMO) は日本人に多い病気であり, 以前は Devic 病とも呼ばれ多発性硬化症の 1 亜型と考えられていたが, 現在ではアクアポリン 4 に対する自己免疫疾患と考えられている. 脊髄の病変が, 隣接する 3 椎体以上の広範囲に存在することを特徴とし, 急性期には脊髄の腫脹とガドリニウムによる造影効果を示すことが多い (Fig. 4 a). 早期発見が必要とされる疾患であるので常に念頭に置いておく必要がある²⁶⁾.

肉芽腫性病変のなかではサルコイドーシスが脊髄の腫大を示し, 腫瘍性病変と誤診されることが多い. サルコイドーシスではガドリニウムによる造影 MRI の所見が重要で, 軟膜下から Virchow-Robin 腔に沿って髄内に伸展する造影所見が認められればサルコイドーシスの疑いが濃厚であるが (Fig. 4 b), 病態が進行して脊髄実質内に結節性造影が認められるようになると髄内腫瘍との診断が困難になってくる²⁷⁾. 本疾患が疑われたら網膜や肺門

Fig. 5 胸髄上衣腫

- a : 腫瘍の一部は造影されるが境界は明らかなでない (造影 MRI).
 b : 腫瘍は脊髓中心部に存在する (T2 強調画像).
 c - e : 後正中中隔 (黒矢印) を切開して、腫瘍を露出し、全摘出した.
 f, g : 術後の造影 MRI (f) と T2 強調画像 (g) で腫瘍の全摘出を確認した.

部病変の検討に加えて血清 ACE やガリウムシンチグラフィなどの補助検査を行う必要がある。帯状疱疹や単純ヘルペスによる脊髄炎、回虫などによる寄生虫症 (Fig. 4 c), あるいは神経バーチエット病なども髄内の病変を発生することがあるが、ほとんどの場合神経内科で扱われ脳神経外科医が遭遇することはほとんどない。脳神経外科医が遭遇することの多い病態の一つに圧迫性脊髄症に伴う髄内の変化がある。変形性頸椎症などに伴い T2 強調画像での高信号域と髄内の造影効果を示し、髄内腫瘍あるいは肉芽腫性病変との鑑別に苦慮することがある (Fig. 4 d, e)。この場合、造影される領域が灰白質を中心に存在し、かつ狭窄部位に一致することを確認すれば圧迫性脊髄症に伴う髄内変化の診断が可能になるものと思われる。一見して狭窄が軽度のように認められることがあるが、後屈位で検査を行うと黄色靱帯のたわみが描出されて狭窄が明瞭となることがあり、動態的な MRI の検査が必要である。脊髄硬膜動静脈瘻も異常血管の描

出が明らかなでない場合に髄内腫瘍と誤診されることがある病変の一つである。脊髓円錐部における脊髄腫大、T2 強調画像での髄内の高信号域と淡い造影効果が認められれば、脊髄造影と血管撮影を施行することが必要である。

上衣腫は境界が明瞭な腫瘍であるが、星細胞腫は境界が不明瞭で全摘出が困難な腫瘍である。したがって、手術中に境界の剥離を試みるかどうかを決定するために術前に的確な鑑別診断を行っておくことが重要である。基本的に両者ともに T1 強調画像で等信号強度からやや低信号強度を、T2 強調画像で高信号強度を示す。上衣腫は境界が明瞭な腫瘍であるにもかかわらず、MRI 画像上境界が明瞭でない場合が多い (Fig. 5 a)。多くの場合造影されるが、部分的にあるいは不規則に造影されることが多い。逆に境界が明瞭に見える星細胞腫も存在する。したがって、上衣腫と星細胞腫の鑑別は容易ではないが、鑑別診断における最も有用なポイントは水平断において上衣腫のほとんどは中心に存在するが (Fig. 5 b)、星細胞

Fig. 6 頸髄海綿状血管腫

- a : T2 強調画像で高信号域の周囲に低信号域を認める.
- b : 腫瘍は軟膜下に存在した (T2 強調画像).
- c : 片側椎弓切除により腫瘍を摘出し, CT では硬膜閉鎖に使用した VCS クリップが認められる (黒矢印).
- d : 硬膜を開けると白濁肥厚した軟膜に覆われた腫瘍を認めた.
- e : 腫瘍を全摘出した.
- f : 術後の T2 強調画像で腫瘍の全摘出を確認した.

胞腫は偏在することが多いことである。また、腫瘍周囲に出血によるヘモジデリン沈着に伴う低信号域を認めれば上衣腫の可能性が高い²⁸⁾。また、上衣腫は圧倒的に中高年に好発するのに対し、星細胞腫は全年齢層にわたって比較的まんべんなく発生することも鑑別診断を行ううえで考慮する。

血管芽細胞腫と海綿状血管腫の画像診断は比較的容易である。血管芽細胞腫はガドリニウムにより強い一様な造影効果を受け, syrinx を伴うことが多いのが特徴である。基本的に軟膜下の腫瘍であり、脊髄表面に存在する²²⁾。海綿状血管腫は腫瘍内出血を認めることが多く、比較的新しい出血では腫瘍は T2 強調画像で低信号域と高信号域が混在した円形の領域として示され、古いものでは T2 強調画像で円形の高信号域の周囲に強い低信号域を認めるのが特徴である (Fig. 6 a, b)。そのほかの髄内腫瘍のなかでは、脂肪腫が T1 強調画像, T2 強調画像ともに高信号域を示し、悪性黒色腫が T1 強調画像で高信号域, T2 強調画像で低信号域を示し特徴的である (Fig. 4 f)。

3. 基本的手術手技

1) アプローチ：頸髄前面の軟膜下に存在する例外的なケースを除いて、後方からのアプローチにより摘出術を行う。後正中溝を開いて腫瘍を摘出する場合には、両

側椎弓切除（あるいは椎弓形成）術が必要であるが、脊髄表面近くに片側に偏って存在する腫瘍（特に軟膜下腫瘍）に対しては片側椎弓切除術で十分である (Fig. 6 c～f)。

2) 硬膜内の解剖：硬膜の直下には一層の半透明の薄いクモ膜を認めるが、このクモ膜の内側面に沿って有窓の intermediate leptomeningeal layer が存在し、この層が背側正中において折れ曲がり septum posticum と呼ばれる中隔を形成して脊髄背側正中部分の軟膜と付着している。脊髄背側正中を走行する静脈が蛇行している場合には、その蛇行している静脈の走行に一致して付着していることに注意して観察すれば、後正中溝の同定に役立つ場合がある²⁹⁾。後正中溝は脊髄背側表面の正中を覆う軟膜の掘れ込みにより形成され後正中中隔につながる。後正中中隔は 4～6 mm の深さを持ち左右の後索の境界となっている。後正中中隔は中心管由来の上衣細胞が正中に沿って脊髄後表面に突起を伸ばすことにより発生すると考えられているが、左右の後索を押し広げるような鈍的な操作で比較的滑らかな面が出現する。この後索内側面に沿って走行している longitudinal array of penetrating pial vessels と呼ばれる静脈は後正中中隔であることを示す重要な構造物である³⁰⁾。脊髄背側表面には後正中溝の

左右 1.5 mm ないし 2.5 mm 外側に後外側溝と呼ばれる溝があり、この溝の部分に後根が入る。この部分は Lissauer 路および脊髄後角 I ~ V 層と併せて後根進入部 dorsal root entry zone (DREZ) と総称されている。

髄内腫瘍の手術を行うにあたり脊髄は脳に比較して非常に小さいことを銘記しておかなければならない。C2 レベルで横径が 10.5 mm (断面積 52.9 mm²) であり、そののち徐々に大きくなり C6 レベルで 12.6 mm (断面積 58.5 mm²) と最大に達する。そののち徐々に小さくなり T9 レベルで 7.4 mm (断面積 27.6 mm²) となり、そののち再び L4 レベルまで大きくなって 8.7 mm (断面積 43.4 mm²) となり、そののち再び小さくなり終糸に終わる。脊髄が非常に小さいために手術操作に繊細さが要求されることは言うまでもないことである。

3) 上衣腫の摘出術: 脊髄上衣腫は頭蓋内上衣腫に比較して Mib-1 proliferating index が有意に低く良性であることが病理学的に示されている³¹⁾。肉眼的に全摘出後には再発率はきわめて低く放射線治療などの adjuvant therapy は必要ないものと考えられている。上衣腫のほとんどは脊髄の中心に位置するので、後正中溝・後正中中隔を通じてアプローチする。後正中溝は脊髄の腫大が著明でない場合には脊髄背側面正中に溝として同定できる。ほかに後正中溝を同定するために役立つ所見として、

- (1) 後正中溝を通じて髄内から表面へと流出する複数の静脈が認められること
- (2) 時々、後正中溝の上を真っ直ぐにあるいは横切りながら蛇行して縦走する太い静脈を認めること
- (3) 概ね左右の DREZ を結んだ線の中点に存在すること
- (4) septum posticum の脊髄への付着部位が概ね正中であること

などである (Fig. 5 c)。脊髄の肥大が著明な場合には溝が明らかでない場合があるが、その場合には静脈の流出点を結んで正中を同定するとよい。あるいは、正常部分の脊髄を露出して後正中溝を同定し、そこから正中線を延長して予測することも 1 方法であるが、後正中溝が変移していることもあるので注意する。後正中溝の上を走行する静脈は付着するクモ膜を切離し、細い流入静脈を凝固切断することにより遊離して移動可能であるが、周囲との側副血行路が発達しているので凝固切断しても障害が発生することはない。次に、後正中溝を覆う軟膜を鋭的に切開したのちに後索を鈍的に左右に押し広げるようにすると比較的滑らかな後索内側面が出現する。このようにして後正中中隔を開いていくと直下にやや赤味があった境界明瞭な腫瘍が露出される (Fig. 5 d)。腫瘍は

柔らかく、十分に内減圧をしたのちに小さなヘラなどを用いながら腫瘍と脊髄の境界を剥離していくが、周囲からの栄養動脈あるいは流出静脈は丹念に凝固切断しながら操作を行う。腫瘍を全摘出すると腫瘍摘出腔の底面には前正中裂の溝が認められる (Fig. 5 e)。腫瘍摘出後は止血を確認して、後正中溝を開く時に切開した軟膜の断端を縫合して閉鎖する。後正中溝経由のアプローチの場合、術後に一時的に後索の機能が障害されて下肢の位置覚の障害が発生し歩行障害が発生することがある。多くの場合、数カ月の理学療法により改善すると報告されている³⁰⁾。

上衣腫の手術成績は良好であるが (Fig. 5 f, g)。胸髄に存在する上衣腫の手術成績は不良である³²⁾。胸髄は脆弱な組織であるが、胸髄への血液供給が乏しいこと、そして胸髄自体が小さいことがその原因であると考えられている。術後に神経症状が悪化する例では術前の神経症状が重度で、術中にクモ膜下腔の癒着、軟膜の白濁肥厚、脊髄の軟化が認められる。クモ膜下腔の癒着と軟膜の白濁肥厚は長年の脊髄への機械的な刺激が顕著であったことを示す所見であると報告されており、脊髄の軟化を示唆する所見と考えられる。したがって、硬膜を開けた時点でクモ膜下腔の癒着と軟膜の白濁肥厚を認めた場合には慎重に操作を行い、さらに脊髄の軟化を認めた場合には腫瘍と脊髄の剥離を行わないで腫瘍の内減圧だけにとどめることを考慮すべきであると考えられる。

4) 星細胞腫の手術: 脳に発生する星細胞腫と異なり、脊髄に発生する星細胞腫の多くのものが良性であるが、上衣腫と異なり境界が明瞭でないものが多い。腫瘍の性状は脳に発生する神経膠腫と類似してねっとりとした感触を持ち脊髄実質とは明らかに異なっているが、周辺部にいくと脊髄実質との判別が困難となることが多い。術者が腫瘍内操作にとどめていると判断した場合でも組織切片には正常の軸索が腫瘍により取り囲まれている像を認めるとの報告もあり全摘出は困難である²¹⁾。星細胞腫は脊髄髄内の左右どちらかに偏って存在することが多いが、上衣腫と同様に後正中溝を通じてアプローチできることが多い。偏りが強く正中からのアプローチが困難な場合には DREZ 経由で摘出が可能であるが、DREZ のすぐ腹側には外側皮質脊髄路が走っており、注意して剥離する必要がある。

5) 血管芽細胞腫の摘出術: 血管芽細胞腫は境界が明らかで全摘出により治癒が可能な腫瘍であるが、ほとんどの腫瘍は軟膜下に存在し、脊髄背側面に露出していることが多く、クモ膜下腔を開放するとただちに腫瘍の剥離操作に入れる。非常に血流の豊富な腫瘍であり、腫

瘍内に切れ込みが入ると強い出血が発生して止血は困難であり、一塊として摘出することが肝要である。腫瘍を覆っている軟膜は多かれ少なかれ白濁肥厚しており、腫瘍と脊髄の境界部において白濁肥厚した軟膜が腫瘍の境界の同定を困難にしている。白濁肥厚した軟膜を鋭的に切離して脊髄実質と腫瘍の境界を明らかにすると、そののちの剥離は容易で一塊として摘出できる。その場合、白濁肥厚した軟膜はタフで鋭的に切開することが困難であるが辛抱強く切離することが肝要である。脊髄空洞症が合併している場合には、腫瘍を剥離していくと腫瘍に接している空洞が開放され剥離操作がより楽になる。腫瘍の切除により、周囲の脊髄への悪影響が消失して神経症状が改善する場合があります、血管芽細胞腫の摘出にあたっては慎重な剥離操作が求められる²²⁾。

6) 海綿状血管腫の摘出術：髄内海綿状血管腫はしばしば出血し、小さな腫瘍でもときに四肢麻痺などの重篤な神経症状を発生することがあるため全摘出が望まれる腫瘍である。髄内のいろいろな場所に発生するが軟膜下に存在するものと髄内に存在するものに大別できる。軟膜下に発生するものは血管芽細胞腫と同様に腫瘍と脊髄の境界が白濁肥厚した軟膜により覆われており (Fig. 6 d)、腫瘍の境界を露出するためには白濁肥厚した軟膜を切離する必要がある。髄内に発生する腫瘍では発生した場所に依じて摘出ルートを決定するが、多くの腫瘍は脊髄の表面から黒紫色の腫瘍が透見でき、同部の脊髄に切開を入れることで摘出できる。透見できない場合でも脊髄表面に微細な血管の集積を認め腫瘍の位置を同定できることがある。腫瘍ないしそれに伴う髄内の出血が中心管近傍に存在するときには後正中溝経由で摘出を行う。海綿状血管腫は境界が明瞭な腫瘍であるが、周囲のグリオースと癒着していることが多く、このような場合にはグリオースの剥離面を鋭的に切開して腫瘍を摘出するのが良いと思われる。慎重に操作すれば神経症状を悪化させることなく全摘出が可能である (Fig. 6 e, f)。

文 献

- 1) Barron KD, Hirano A, Araki S : Experiences with metastatic neoplasms involving the spinal cord. *Neurology* 9 : 91-106, 1959
- 2) Klimo P Jr, Kestle JRW, Schmidt MH : Treatment of metastatic spinal epidural disease : a review of the literature. *Neurosurg Focus* 15 : Article 1, 2003
- 3) 星地重都司, 近藤泰児 : MRI のすべて Up To Date, 各疾患の画像診断, 転移性脊椎腫瘍. 脊椎脊髄 14 : 477-480, 2001
- 4) 斉藤正史, 石川雅之 : MRI のすべて Up To Date, 各疾患の画像診断, 結核性脊椎炎. 脊椎脊髄 14 : 604-607, 2001
- 5) Kawahara N, Tomita K, Murakami H, et al : Total en bloc spondylectomy for spinal tumors : surgical techniques and related basic background. *Orthop Clin North Am* 40 : 47-63, 2009
- 6) 光田幸彦, 大西寛明 : 転移性脊椎腫瘍に対する定位放射線治療の試み. 脊椎脊髄 20 : 809-814, 2007
- 7) Monnard V, Sun A, Epelbaum R, et al : Primary spinal epidural lymphoma : patients' profile, outcome, and prognostic factors : a multicenter Rare Cancer Network study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 65 : 817-823, 2006
- 8) Zevgaridis D, Büttner A, Weis S, et al : Spinal epidural cavernous hemangiomas. Report of three cases and review of the literature. *J Neurosurg* 88 : 903-908, 1998
- 9) 今井礼子, 鎌田 正, 溝江純悦, 他 : 重粒子線を用いた仙骨脊索腫の治療. 脊椎脊髄 20 : 819-822, 2007
- 10) Gottfried ON, Gluf W, Quinones-Hinojosa A, et al : Spinal meningiomas : surgical management and outcome. *Neurosurg Focus* 14 : Article 2, 2003
- 11) Jinnai T, Hoshimaru M, Koyama T : Clinical characteristics of spinal nerve sheath tumors : analysis of 149 cases. *Neurosurgery* 56 : 510-515, 2005
- 12) Roux FX, Nataf F, Pinaudeau M, et al : Intraspinal meningiomas : review of 54 cases with discussion of poor prognosis factors and modern therapeutic management. *Surg Neurol* 46 : 458-463, 1996
- 13) De Verdelhan O, Haegelen C, Carsin-Nicol B, et al : MR imaging features of spinal schwannomas and meningiomas. *J Neuroradiol* 32 : 42-49, 2005
- 14) 寶子丸稔, 木原俊彦, 小泉 徹, 他 : 硬膜内髄外腫瘍の摘出術における問題点の検討. 脊椎脊髄神経手術手技 10 : 105-108, 2008
- 15) Ozawa H, Kokubun S, Aizawa T, et al : Spinal dumbbell tumors : an analysis of a series of 118 cases. *J Neurosurg Spine* 7 : 587-593, 2007
- 16) Solero CL, Fornari M, Giombini S, et al : Spinal meningiomas : review of 174 operated cases. *Neurosurgery* 25 : 153-160, 1989
- 17) Kim P, Ebersold MJ, Onofrio BM, et al : Surgery of spinal nerve schwannoma. Risk of neurological deficit after resection of involved root. *J Neurosurg* 71 : 810-814, 1989
- 18) 望月由武人, 永田和哉 : Modified Mesh & Glue 法 (MAG 法 2) 人工硬膜髄液漏れ防止の最新テクニック. *Pharma Medica* 23 : 109-114, 2005
- 19) Constantini S, Miller DC, Allen JC, et al : Radical excision of intramedullary spinal cord tumors : surgical morbidity and long-term follow-up evaluation in 164 children and young adults. *J Neurosurg (Spine 2)* 93 : 183-193, 2000
- 20) Hoshimaru M, Koyama T, Hashimoto N, et al : Results of microsurgical treatment for intramedullary spinal cord ependymomas : analysis of 36 cases. *Neurosurgery* 44 : 264-269
- 21) Cooper PR : Outcome after operative treatment of intramedullary spinal cord tumors in adults : intermediate and long-term results in 51 patients. *Neurosurgery* 25 : 855-859, 1989
- 22) 寶子丸稔, 小山素磨 : 脊髄髄内血管芽細胞腫の外科的治療 : 脊椎脊髄神経手術手技 6 : 23-26, 2004
- 23) 寶子丸稔 : 脊髄腫瘍における“偽性局在徴候”. 脊椎脊髄 22 : 948-953, 2009

- 24) Stein BM, McCormick PC : Spinal intradural tumor, in Wilkins RH, Rengachary SS (eds) : *Neurosurgery*. New York, McGraw-Hill, 1996, pp1769-1781
- 25) Lee M, Epstein FJ, Rezai AR, et al : Nonneoplastic intramedullary spinal cord lesions mimicking tumors. *Neurosurgery* **43** : 788-794, 1998
- 26) Wingerchuk DM : Neuromyelitis optica. *Int MS J* **13** : 42-50, 2006
- 27) Junger SS, Stern BJ, Levine SR, et al : Intramedullary spinal sarcoidosis : clinical and magnetic resonance imaging characteristics. *Neurology* **43** : 333-337, 1993
- 28) Koyanagi I, Iwasaki Y, Hida K, et al : Diagnosis of spinal cord ependymoma and astrocytic tumours with magnetic resonance imaging. *J Clin Neurosci* **6** : 128-132, 1999
- 29) 寶子丸稔 : 髄内腫瘍に必要な微小解剖 : 顕微鏡下手術のための脳神経外科解剖XV. 東京, にゅーろん社, 2003, pp55-60
- 30) McCormick PC, Torres R, Post KD, et al : Intramedullary ependymoma of the spinal cord. *J Neurosurg* **72** : 523-532, 1990
- 31) Iwasaki Y, Hida K, Sawamura Y, et al : Spinal intramedullary ependymomas : surgical results and immunohistochemical analysis of tumour proliferation activity. *Br J Neurosurg* **14** : 331-336, 2000
- 32) Hoshimaru M, Koyama T, Hashimoto N, et al : Results of microsurgical treatment for intramedullary spinal cord ependymomas : analysis of 36 cases. *Neurosurgery* **44** : 264-269, 1999
-