脊髄動静脈奇形の自然経過と治療予後

Natural History and Treatment Outcomes of Spinal Arteriovenous Shunts

高井 敬介

Keisuke Takai, M.D., Ph.D.

Key words :
spinal arteriovenous malformation
surgical treatment
endovascular treatment

Spinal Surgery 31 (1) 28-34, 2017

はじめに

脊髄の出血や虚血をきたす脊髄血管障害は、脳血管障害に対して頻度が低い。その主たる原因として脊髄動静脈奇形 (arteriovenous malformation : AVM) が知られているが、脳における脳動脈瘤や脳 AVM と比較してまれである¹⁾。日本脊髄外科学会と日本脳神経血管内治療学会の定期報告の集計では、2012 年時点で、全国で年間に約 300 件の脊髄 AVM の治療が行われ、内訳は外科手術と血管内治療が半数ずつであった。日本脳神経外科学会の会員数を考慮すれば、脊髄 AVM の診断と治療経験は、施設としても個人としても限られている。ゆえに、その自然経過と治療予後は明らかでない。本稿は、文献レビューと自験例から、脊髄 AVM の自然経過と治療予後をまとめ、治療適応を考察することを目的とした。

方 法

脊髄血管造影が導入された 1967～2016 年に報告された脊髄 AVM の症例シリーズについて、PubMed で関連文献を検索し、さらに著者の 54 例の治療経験から、脊髄 AVM の自然経過と治療予後を検討した。脊髄 AVM の分類は多数の分類法が報告されているが、今回はタイプ I～V を用いて (Table 1)、タイプごとに結果をまとめた (Fig. 1)²⁾。

結 果

脊髄 AVM の自然経過について詳しく記載した最初の報告は、英国・神経病国立病院の神経内科医の Aminoff と脳神経外科医 Logue の 1974 年の報告にさかのぼる³⁾。彼らは、脊髄 AVM 患者 60 例 (男 : 女 = 48 : 12) の神経

症状の変化について、歩行と排尿の状態に Grade をつけて (Table 2)、診断から 8 年間の長期予後进行分析した。脊髄 AVM の診断はミエログラフィーに基づいている。12 例で脊髄血管造影が行われているが画像所見は掲載されず、脊髄 AVM は分類分けされていない。当時は脊髄 AVM の有効な治療が確立していなかったため、次のように自然経過観察の結果が判明した。

歩行については、姿勢や歩行の異常は自覚しているものの、生活の制限がなかった患者 Grade 1 の割合は、診断から 6 カ月時点で 56% であったが 3 年後には 9% に下がった。一方、重度の身体障害を認めた患者 Grade 4, 5 の割合は、6 カ月時点で 19% であったが 3 年後には 50% となった。3 年以内に重度身体障害となった患者の約半数は 1 年以内に対麻痺が完成した。20% の患者は急性対麻痺を発症し、このうち半数は進行性に増悪したが残りの半数には発症後に進行がなかった。運動麻痺の進行形態はさまざまであった。排尿障害については、尿閉などの重度の障害 Grade 3 を 47% に認めた。尿閉となった 47% は、発症時から 21%、1 年以内 11%、2 年以内 7% であった。彼らは年齢による自然経過の差も記載している。41 歳未満、41～60 歳、61 歳以上に分けると、41 歳未満の群が急性発症で非進行性の経過が多かった (36%)。おそらく硬膜内出血の臨床経過を反映していると考えられる。くも膜下出血が全体の 10% の症例に起きたと記載されている。5% は初回症状で、5% は経過中に出血した。さらに再出血を 1 例に認めた。診断から 5～7 年の経過で、15% が脊髄 AVM の合併症で死亡した。内訳は、尿毒症 12%、気管支肺炎 2%、肺塞栓症 2%、くも膜下出血 2% であった。

東京都立神経病院脳神経外科 / Department of Neurosurgery, Tokyo Metropolitan Neurological Hospital

連絡先 : 〒183-0042 府中市武蔵台 2-6-1 東京都立神経病院脳神経外科 高井敬介 [Address reprint requests to : Keisuke Takai, M.D., Ph.D., Department of Neurosurgery, Tokyo Metropolitan Neurological Hospital, 2-6-1 Musashidai, Fuchu-shi, Tokyo 183-0042, Japan]

Table 1 脊髄動静脈奇形の分類

Type	Academic name	Subtype	Feeder, AVF, and venous drainage
I	Dural AVF		
II	Glomus AVM		
III	Juvenile AVM		
IV	Perimedullary AVF	IVa	A single feeder and small AVF
		IVb	Multiple feeders and medium AVFs
		IVc	Multiple feeders and a giant AVF
V	Extradural AVF	Va	with intradural venous drainage
		Vb	without intradural venous drainage

Fig. 1 脊髄 AVM の分類タイプ I～V
(文献 2 より引用)
それぞれの矢印は動静脈シャントを示す。

Table 2 Aminoff-Logue disability grades

Grade	Gait disturbance
1	Leg weakness, no restriction
2	Leg weakness, restricted activity
3	Need for a cane
4	Need for 2 canes
5	On wheelchair or in bed
Micturition disturbance	
1	Hesitancy, urgency, frequency
2	Occasional incontinence, retention
3	Total incontinence, retention

以上の結果をみると、特に発症から半年以内に重度の身体障害に陥る 2 割の症例が、まず治療を急ぐ症例と考えられる。残りの 3 割も 1～3 年で対麻痺が重篤化するので、可能な限り早期の治療を要する。無治療で経過観察すると、身体障害だけでなく、生命予後も悪くなることがわかる。

60 例の患者の 8 年のフォローアップ中に 3 例に 4 回の出血が起きたので、年間出血率は 0.8% の計算になる (4 出血/480 患者-年)。ただし、この分母には、dural AVF が半数以上含まれていると思われるので、硬膜内 AVF/

Table 3 発症から手術までの期間と神経症状
(東京大学附属病院症例)

発症～手術	6 カ月以下	7 カ月以上～ 3 年未満	3 年以上
症例数	4	17	6
歩行重度障害	1 (25%)	11 (65%)	5 (83%)
排尿重度障害	1 (25%)	8 (47%)	5 (83%)

AVM だけに限ると年間出血率は倍以上のもっと高い数字になると思われる。5～7 mm 径の未破裂脳動脈瘤の年間破裂率よりも高い可能性がある。

Type I : dural arteriovenous fistula (AVF)

Dural AVF とは、根髄膜動脈を栄養動脈とし、硬膜内表面で動静脈シャントを形成し、硬膜内の架橋静脈や根髄静脈に逆流するタイプである (Fig. 1)^{4,5)}。

1 自然経過

1984～2011 年に、東京大学附属病院で外科治療を行った dural AVF 27 例においては、平均年齢 64 歳で、男性が 19 例 (70%) であった⁴⁾。全例に脊髄鬱血を認め、対麻痺と膀胱直腸障害で発症した。発症から手術までの期間の中央値は 17 カ月であった。内訳は、発症から手術まで 6 カ月以下の症例が 4 例で、7 カ月以上～3 年未満が 17 例で、3 年以上が 6 例であった (Table 3)。

歩行障害については、重度障害 Grade 4, 5 の割合は、発症から手術まで 6 カ月以下の症例で 1 例 (25%)、7 カ月以上～3 年未満で 11 例 (65%)、3 年以上で 5 例 (83%) であった。排尿障害については重度障害 Grade 3 の割合は、それぞれ、1 例 (25%)、8 例 (47%) と 5 例 (83%) であった。これらの結果は Aminoff と Logue の報告と近い結果である。3 年未満で重度対麻痺となった 12 例の増悪時期は、1 年未満が 4 例、1 年以上 2 年未満が 3 例、2 年以上 3 年未満が 5 例であった。同様に 3 年未満で尿閉となり導尿となった 9 例の増悪時期は、1 年未満が 3 例、1 年以上 2 年未満が 2 例、2 年以上 3 年未満が 4 例であった。1 例は短期間に対麻痺の急性増悪と改善を繰り返した。

2011～2016 年に、東京都立神経病院で外科治療を行った dural AVF 14 例においては、平均年齢 68 歳で、男性が 12 例 (86%) であった⁵⁾。全例に脊髄鬱血を認め、対麻痺や膀胱直腸障害で発症した。発症から手術までの期間の中央値は 7 カ月であった。手術までの期間と歩行障害の重症度については、東京大学附属病院症例の結果に近かった (Table 4)。

2 治療予後

Dural AVF の治療予後については、まず、直達手術と

Table 4 発症から手術までの期間と神経症状
(東京都立神経病院症例)

発症～手術	6 カ月以下	7 カ月以上～ 3 年未満	3 年以上
症例数	6	8	0
歩行重度障害	1 (17%)	6 (75%)	0
排尿重度障害	1 (17%)	3 (38%)	0

血管内手術の治療成績を比較したメタアナリシスが挙げられる。2004 年に Steinmetz ら⁷⁾によって報告され (1979～2002 年出版の 19 報告 532 例)、さらに 2015 年に Bakker ら⁸⁾によって最近の文献の再調査が行われた (2008～2014 年出版の 18 報告 735 例)。いずれの報告においても、硬膜内静脈への逆流の遮断には、直達手術が血管内手術よりも初回成功確率の高さ (97～98% vs 46～72%) と再発の少なさにおいて優っていた。

東京大学附属病院の dural AVF 27 例では、22 例に直達手術、5 例に血管内手術で治療を行い、全例において初回手術で閉塞に成功しフォローアップ期間の再発は認めなかった (中央値 14 カ月)⁴⁾。術後のフォローアップにおいて、歩行障害は、改善 52%・不変 44%・悪化 4%であり、排尿障害は、改善 26%・不変 74%・悪化 0%であった。発症から手術まで 3 年以上経過した 6 例にも 3 例 (50%) で歩行障害に改善がみられた。排尿機能の改善は 1 例と乏しかった。

神経病院の dural AVF 14 例では、全例直達手術で治療を行い、全例において初回手術で閉塞に成功しフォローアップ期間の再発は認めなかった (中央値 23 カ月)。歩行障害は、改善 57%・不変 43%・悪化 0%であり、排尿障害は、改善 21%・不変 79%・悪化 0%であった。

日本脳神経血管内治療学会の後ろ向き多施設研究による解析 (JR-NET, JR-NET2) では、98 例の dural AVF において、完全閉塞率 54.2%、術後の神経症状は改善 50%、不変 46.9%、悪化 1%であった⁶⁾。

3 治療適応

Dural AVF の運動障害、膀胱直腸障害の自然歴を考慮すると、発症から 6 カ月以内に治療介入することが望ましいと結論づけられる。早期診断が鍵で、胸部脊髄症・円錐上部症候群・円錐症候群が混在した歩行障害をみた場合には、この疾患を鑑別するために胸椎 MR を行うことが重要である。一方で、発症から 3 年以上経過した群でも運動症状については改善例があるので、ケースバイケースで治療適応を判断するべきと思われる。治療方法については、AVF 閉塞の初回成功率の高さと再発の少なさから、外科手術が第一選択と思われる。もし、血管内治療を選択する場合は再発のチェックを行い、再発時に

は遅滞なく外科治療に紹介する体制が必要である。

Type II : glomus arteriovenous malformation (AVM)

Glomus AVM とは、前脊髄動脈からの溝動脈を主たる栄養動脈とし、脊髄内で糸球体状の動静脈シャントを形成するタイプである (Fig. 1)¹⁰。

1 自然経過

Glomus AVM は、出血発症が多いことが経験的に知られているが、自然歴は不明である。2013 年に、Gross と Du⁹ によって Glomus AVM の出血率と治療成績に関するメタアナリシスが発表された。2012 年までの 11 報告の 135 例について年間出血率が分析された。平均年齢は 29.1 歳で、性差はなく、50% が出血発症であった。発症時の Aminoff-Logue Gait Grade は 3.25 で、Micturition Grade は 1.26 であった。病変の脊椎レベルは、頸部 29%、胸椎部 51%、腰部/円錐部 20% であった。29% に動脈瘤の合併を認めた。治療前の観察期間における年間出血率は 4% であった (31 出血/774.8 患者-年)。出血発症 AVM の年間再出血率については 10% と高かった。出血発症 AVM の再出血のハザード比は 2.25 倍で、最初の 10 年間では 13 倍に跳ね上がった。出血のリスク因子は若年発症、出血発症、動脈瘤合併であった。

2 治療予後

このメタアナリシスでは、14 報告の 224 例について外科治療の術後成績が分析された。完全閉塞は 78% で、術後の年間出血率は 0.7% に下がった (5 出血/740.3 患者-年)。不完全閉塞例の術後の年間出血率は 3% であった。術後の年間再開通率は 0.9% であった。外科手術後の神経症状は改善 57%・不変 31%・悪化 12% であった。さらに、16 報告の 106 例について血管内治療の術後成績も分析された。完全閉塞は 33% で、術後の再出血は不完全閉塞例を含めて 1 例もなかった (240.7 患者-年)。血管内治療後の神経症状は改善 66%・不変 21%・悪化 13% であった。放射線治療については、2 報告の 15 例の成績が分析された。4 例でサイズが縮小し、術後の再出血は 1 例もなかった (53.6 患者-年)。術後の年間再開通率は 11% であった。

2011~2016 年に、東京都立神経病院で外科治療を行った Glomus AVM 3 例の経験では、2 例が出血発症、1 例は下肢痛発症であった。出血発症の 1 例は、頸髄内 glomus AVM の 48 歳症例で、初回脊髄出血で発症した¹⁰。この症例は前脊髄動脈から髄内ナイダスへの溝動脈が長かったので、外科手術を施行し、側方アプローチで溝動脈を遮断しナイダス摘出に成功した。術後、神経症状の

悪化は認めなかった。出血発症のもう 1 例は、頸髄内 glomus AVM の 34 歳症例で、16 歳時に初回の脊髄出血をきたした。初回出血時に栄養動脈遮断術が行われたが、髄内ナイダスのサイズ縮小が得られず経過観察を行っていたところ、18 年ぶりに 2 度目の出血が起きた。主たる栄養動脈が前脊髄動脈であったが、血管内アプローチによる閉塞試験後に外科的に栄養動脈を遮断しナイダスの閉塞が得られた。神経症状の悪化は認めなかった。2 症例ともに術後経過観察中に再出血はなかった (1~5 年)。下肢痛で発症した 1 例は、腰膨大部 glomus AVM の 44 歳男性であった。栄養動脈の遮断により髄内ナイダスが閉塞し下肢痛が軽減した。3 年の経過で、血栓化したナイダスが退縮し出血を認めなかった。

日本脳神経血管内治療学会の多施設研究による解析 (JR-NET, JR-NET2) では、23 例の髄内 AVM において、完全閉塞率 23.5%、術後の神経症状は改善 21.7%、不変 69.6%、悪化 8.7% であった⁶。

3 治療適応

Glomus AVM の年間出血率 (4~10%) と手術成績を考慮すると、若年者、出血発症例、動脈瘤合併例が治療適応になると考えられる。しかし、前脊髄動脈からの溝動脈が栄養動脈となることとナイダスが髄内に存在することから、外科的治療も血管内治療も術後神経症状悪化が 12~13% とリスクが高い。経験の多い専門施設に患者を集約することが望まれる。また、サイバーナイフ治療の長期予後の報告も待たれる。

Type III : juvenile AVM

Juvenile AVM とは、硬膜内脊髄動脈、硬膜外椎体枝を栄養動脈とし、脊髄内、脊髄辺縁部、硬膜外椎体部で動静脈シャントを形成するタイプである (Fig. 1)¹³。

1 自然経過

2014 年に、Gross と Du¹¹ によって Juvenile AVM の出血率と治療成績に関するメタアナリシスが発表された。2013 年までの 29 報告の 51 例が分析された。平均年齢は 15 歳で、男性 63% であった。出血発症が 31%、出血以外の進行性神経症状が 35%、急性神経症状が 22%、無症候が 12% であった。生下時から病変があったと仮定して年間出血率は 2.1% であった (17 出血/825.7 患者-年)。出血のリスク因子は、若年発症、腰部/円錐部病変、動脈瘤合併例であった。

自験例では保存治療の 1 例のみの経験である。下肢の軽度のしびれで発見され、神経症状が軽いために治療介入をせずに、経過観察を行った。3 年間のフォローアップ期間中は出血はなく、神経症状の変化もなかった。

2 治療予後

このメタアナリシスでは35例に治療が行われ、15例に血管内塞栓術と外科手術もしくは外科手術が単独で行われ、20例には血管内塞栓術が単独で行われた。術後血管造影での閉塞率は全体で32%、手術群で36%、血管内治療単独群で29%であった。術後血管造影が行われた25例中8例で術前に動脈瘤の合併があり、術後に閉塞が確認された。術後の再出血は1例もなかった(57.9患者-年)。外科手術後の神経症状は改善77%・不変8%・悪化15%で、血管内治療後は改善71%・不変12%・悪化18%であった。

3 治療適応

年間出血率(2.1%)と手術成績を考慮すると、若年者、出血発症例、動脈瘤合併例が治療適応になると考えられる。しかし、術後神経症状の悪化が15~18%と脊髄AVMの中で最も高い。

Type IV : perimedullary AVF

Perimedullary AVFとは、脊髄軟膜動脈を栄養動脈とし、軟膜表面もしくは軟膜下に動静脈シャントを形成するタイプである。栄養動脈の太さ、動静脈シャントの大きさと数でVa~Vcのサブタイプに分けられる(Fig. 5, 6)¹³⁾。

1 自然経過

2013年にGrossとDu¹²⁾によって、perimedullary AVFの出血率と治療成績に関するメタアナリシスが発表された。2012年までの28報告の213例が分析された。平均年齢は全体で32.4歳、サブタイプ別では、Vaが46.9歳、Vbが34.3歳、Vcが18.7歳であった。出血発症が36%で、うち75%がくも膜下出血で32%が髄内出血であった。治療前の観察期間における年間出血率は2.5%であった(10出血/394.2患者-年)。出血発症AVFの再出血については5.6%と高かった。非出血発症AVFの年間出血率は0.4%であった。AVFの脊椎レベルや、サブタイプVa~Vc間での出血率は差がなかった。

2 治療予後

このメタアナリシスでは、外科手術後のAVF閉塞率は88%であった。サブタイプ別の閉塞率はVaが93%でVcが71%であった。外科手術後の神経症状は改善68%・不変24%・悪化6%であった。このうち8%に一過性の悪化を認めた。外科手術後は、不完全閉塞例を含めても出血は1例もなかった。血管内治療後のAVF閉塞率は74%であった。血管内治療後の神経症状は改善75%・不変14%・悪化11%であった。このうち一過性の悪化が5%であった。血管内治療後は不完全閉塞例が1例出血した。

2002~2015年に4つの施設(東京都立神経病院神経病院・東京大学附属病院・埼玉医科大学国際医療センター・虎の門病院)で筆者が経験したperimedullary AVF 17例については、出血6例、虚血7例、急性血栓化2例、圧迫症状(痛み)2例であった¹³⁾。出血の内訳は、くも膜下出血3例と髄内出血4例であった。1例は初回くも膜下出血で発症し、治療待機中に髄内出血をきたした。全例手術治療を行い、術後は完全閉塞が16例、一部残存1例であった。術後の神経症状は改善11例、不変6例、悪化は認めなかった。術後の経過観察中に再出血は認めなかった。

日本脳神経血管内治療学会の多施設研究による解析(JR-NET, JR-NET2)では、43例のperimedullary AVFにおいて、完全閉塞率29%、術後の神経症状は改善34.9%、不変46.5%、悪化11.6%であった。

3 治療適応

年間出血率(0.4~5.6%)と手術成績を考慮すると、若年者、出血発症例が治療適応になると考えられる。術後神経症状の悪化は外科治療6%のほうで、血管内治療11%よりも優れていた。外科治療のアプローチとしては、Barrowら¹⁴⁾により後側方アプローチが、飛驒ら¹⁵⁾により前方アプローチが報告されている。血管内治療は、特にサブタイプVcに多く報告されている¹⁶⁾。

Type V : extradural AVF

脊髄硬膜外AVFとは、新しいタイプの脊髄動静脈シャント疾患で、椎体や椎弓に血流を供給する分節動脈の枝を栄養動脈とし、硬膜外腔で硬膜外静脈叢との間に動静脈シャントが存在するタイプである。硬膜外静脈叢の拡張の程度と、硬膜内への逆流の有無でサブタイプに分けられる(Fig. 1)^{17~19)}。

1 自然経過

Clarkeら¹⁷⁾によって2009年に6症例の外科治療シリーズが報告された。6例全例で拡張した硬膜外静脈叢から硬膜内静脈への逆流を認め、脊髄鬱血で発症した。その後、Rangel-Castillaら¹⁸⁾によって7症例の血管内治療シリーズが報告された。このシリーズでは、4例で硬膜内静脈への逆流による鬱血性脊髄症を認めタイプAと記載された。3例では硬膜内静脈への逆流を認めず、拡張した硬膜外静脈叢による脊髄症や神経根症を認め、タイプBと記載された。1例は無症状であった。

2012年に筆者らは、硬膜外AVFについて硬膜内静脈への逆流があるタイプとないタイプに分けてシステマティック・レビューを行った¹⁹⁾。全部で45症例が検索された。硬膜内逆流のあるサブタイプAは60代男性に多

く、腰仙部に多く、硬膜内静脈への動脈血の逆流により脊髄実質のT2高信号を認め、鬱血性脊髄症を呈していた。硬膜内逆流のないサブタイプBは30代発症で性差がなく、頸胸椎部に多く発症し、拡張した硬膜外静脈叢により硬膜管が圧迫され脊髄症を呈していた。サブタイプBには、9%に硬膜外出血の合併があり、さらに、22%にneurofibromatosis Iを合併していた。硬膜外AVFのサブタイプAの神経症状は、硬膜内静脈への逆流による脊髄鬱血によるので、dural AVFと同様の自然経過をたどる可能性が高い。サブタイプBの自然経過は明らかでない。

② 治療予後

Clarkeらの6症例の外科治療シリーズでは、外科手術による硬膜外静脈叢と硬膜内静脈の閉塞が行われ、全例でAVFが完全閉塞した。Niizumaら²⁰⁾の5例の外科治療報告では、硬膜内静脈の閉塞のみを行い全例で硬膜内逆流は閉塞した。さらに、5例中4例で硬膜外静脈叢の自然閉塞が得られ、フォローアップでは再発を認めなかった。また、Rangel-Castillaらの7症例の血管内治療シリーズの報告では、経動脈的にOnyxによる血管内塞栓術が行われ、全例で完全閉塞した。筆者らのシステムティックレビューの結果では、サブタイプAは全例で硬膜内逆流が完全閉塞したが、サブタイプBでは硬膜外静脈叢の完全閉塞は75%であった。

③ 治療適応

サブタイプAの硬膜外静脈叢の拡張は小さく限局しており、硬膜内静脈への逆流はdural AVFと同様の走行をとる。外科治療を行う場合は、大部分の症例では硬膜内静脈の遮断のみで治癒するが、硬膜外静脈叢が左右や上下のレベルまで広がっている場合は静脈叢の処置が必要な場合がある²⁰⁾。サブタイプAに血管内治療を行う場合は、硬膜外静脈叢のみならず硬膜内静脈まで塞栓物質を充填することが必須である²¹⁾。

硬膜外AVFのサブタイプBは頸部に多く、椎骨動脈、上行頸動脈、深頸動脈からの椎体枝を栄養動脈とし、硬膜外静脈叢が大きく拡大するため、外科治療は大量出血のリスクが高い。血管内治療を積極的に考慮すべきと思われる¹⁹⁾。

結 論

脊髄AVMはまれで、施設としても個人としても経験は限られている。情報が少ない中で、現在わかっている事実をまとめ治療適応を考察した。稀少疾患である脊髄AVMの自然歴と治療予後を明らかにするためには、前向き多施設共同研究が必要である。

利益相反開示

本稿に関して開示すべきCOIはありません。

文 献

- 1) Yasargil MG : Arteriovenous malformations of the spinal cord. *Clin Neurosurg* 17 : 257-265, 1970
- 2) Takai K : Spinal Arteriovenous Shunts : Angioarchitecture and Historical Changes in Classification. *Neurol Med Chir (Tokyo)* [in press]
- 3) Aminoff MJ, Logue V : The prognosis of patients with spinal vascular malformations. *Brain* 97 : 211-218, 1974
- 4) Takai K, Kin T, Oyama H, et al : Three-dimensional angioarchitecture of spinal dural arteriovenous fistulas, with special reference to the intradural retrograde venous drainage system. *J Neurosurg Spine* 18 : 398-408, 2013
- 5) Takai K, Komori T, Taniguchi M : Microvascular anatomy of spinal dural arteriovenous fistulas : arteriovenous connections and their relationships with the dura mater. *J Neurosurg Spine* 23 : 526-533, 2015
- 6) Tsuruta W, Matsumaru Y, Miyachi S, et al : Endovascular treatment of spinal vascular lesion in Japan : Japanese Registry of Neuroendovascular Therapy (JR-NET) and JR-NET2. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 54 : 72-78, 2014
- 7) Steinmetz MP, Chow MM, Krishnaney AA, et al : Outcome after the treatment of spinal dural arteriovenous fistulae : a contemporary single-institution series and meta-analysis. *Neurosurgery* 55 : 77-87, 2004
- 8) Bakker NA, Uyttenboogaart M, Luijckx GJ, et al : Recurrence Rates After Surgical or Endovascular Treatment of Spinal Dural Arteriovenous Fistulas : A Meta-analysis. *Neurosurgery* 77 : 137-144, 2015
- 9) Gross BA, Du R : Spinal glomus (type II) arteriovenous malformations : a pooled analysis of hemorrhage risk and results of intervention. *Neurosurgery* 72 : 25-32, 2013
- 10) Takai K, Taniguchi M : Microsurgical resection of an intramedullary glomus arteriovenous malformation in the high cervical spinal cord : retrograde dissection techniques of the nidus located between spinal tracts. *Acta Neurochir (Wien)* 157 : 1659-1664, 2015
- 11) Gross BA, Du R : Spinal juvenile (Type III) extradural-intradural arteriovenous malformations. *J Neurosurg Spine* 20 : 452-458, 2014
- 12) Gross BA, Du R : Spinal pial (type IV) arteriovenous fistulae : a systematic pooled analysis of demographics, hemorrhage risk, and treatment results. *Neurosurgery* 73 : 141-151, 2013
- 13) Takai K, Kurita H, Hara T, et al : Influence of indocyanine green angiography on microsurgical treatment of spinal perimedullary arteriovenous fistulas. *Neurosurg Focus* 40 : E10, 2016
- 14) Barrow DL, Colohan AR, Dawson R : Intradural perimedullary arteriovenous fistulas (type IV spinal cord arteriovenous malformations). *J Neurosurg* 81 : 221-229, 1994
- 15) Hida K, Iwasaki Y, Ushikoshi S, et al : Corpectomy : a direct approach to perimedullary arteriovenous fistulas of the anterior cervical spinal cord. *J Neurosurg* 96 (Suppl 2) : 157-161, 2002
- 16) Mourier KL, Gobin YP, George B, et al : Intradural perimedullary arteriovenous fistulae : results of surgical and endovascular treatment in a series of 35 cases. *Neurosurgery* 32 : 885-891, 1993
- 17) Clarke MJ, Patrick TA, White JB, et al : Spinal extradural arteriovenous malformations with parenchymal drainage : venous

- drainage variability and implications in clinical manifestations. *Neurosurg Focus* **26** : E5, 2009
- 18) Rangel-Castilla L, Holman PJ, Krishna C, et al : Spinal extradural arteriovenous fistulas : a clinical and radiological description of different types and their novel treatment with Onyx. *J Neurosurg Spine* **15** : 541-549, 2011
- 19) Takai K, Taniguchi M : Comparative analysis of spinal extradural arteriovenous fistulas with or without intradural venous drainage : a systematic literature review. *Neurosurg Focus* **32** : E8, 2012
- 20) Niizuma K, Endo T, Sato K, et al : Surgical treatment of spinal extradural arteriovenous fistula with parenchymal drainage : report on 5 cases. *Neurosurgery* **73** : E287-293, 2013
- 21) Kiyosue H, Tanoue S, Okahara M, et al : Spinal ventral epidural arteriovenous fistulas of the lumbar spine : angioarchitecture and endovascular treatment. *Neuroradiology* **55** : 327-336, 2013
-