

症例報告

Selective 3D-DSA と kick turn method を応用した塞栓術が有用であった Spinal dural AVF の 1 例

松原功明 宮地茂 泉孝嗣 霽見有史
細島理 錦古里武志 大島共貴 吉田純

Usefulness of Three-dimensional Digital Subtraction Angiography and Technique of 'Kick Turn Method' for Endovascular Treatment of Spinal Dural AVF : A Case Report

by

Noriaki Matsubara, M.D., Shigeru Miyachi, M.D., Takashi Izumi, M.D., Arihito Tsurumi, M.D.,
Osamu Hososhima, M.D., Takeshi Kinkori, M.D., Tomotaka Ohshima, M.D., and Jun Yoshida, M.D.

from

Department of Neurosurgery, Nagoya University School of Medicine

Abstract : Three-dimensional digital subtraction angiography (3D-DSA) provides better comprehension of vascular lesion architecture. We report the usefulness of 3D-DSA for endovascular treatment of spinal dural arteriovenous fistula and present the catheterization technique called 'kick turn method'.

Case : A 60-year-old male patient with a one-year history of bilateral leg hypesthesia presented with gait disturbance and urinary hesitation three months before treatment. Spinal angiography revealed a dural arteriovenous fistula fed by radicular artery branching from the left T10 intercostal artery and a draining vein proceeding superiorly along the perimedullary veins. Endovascular embolization was performed. Selective T10 3D-DSA clearly demonstrated a feeding artery, fistula point and draining vein.

3D-DSA rotational imaging demonstrated the tortuous course of the feeder and the relationship among the feeding artery, fistula and draining veins. This information was useful for manipulating the microcatheter and NBCA injection. Since the radicular artery branched off at a sharp angle from the intercostal artery, the ventral branch was embolized by coils and the microcatheter was made to turn with that coil mass and guided into the target feeder (kick turn method). Successful obliteration of the fistula was achieved.

Conclusion : Selective spinal 3D-DSA helps the interventionalist to better understand the complex spinal vascular architecture and to select good working angles. The usefulness results in good operative and clinical outcomes. The 'kick turn method' is useful for manipulating the microcatheter into the sharply-angled vessel branch.

(Received August 1, 2007; accepted September 11, 2007)

Key words : spinal dural arteriovenous fistula, three-dimensional digital subtraction angiography, endovascular embolization, working angle, kick turn method

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 17 : 395-401, 2008

名古屋大学医学部脳神経外科／〒466-8550 名古屋市昭和区鶴舞町 65 [連絡先：松原功明]

Address reprint requests to : Noriaki Matsubara, M.D., Department of Neurosurgery, Nagoya University, 65 Tsurumai-cho, Showa-ku, Nagoya-shi, Aichi 466-8550, Japan

はじめに

Three dimensional-digital subtraction angiography (3D-DSA) は立体的に血管走行や血管病変の構造が把握でき、脳血管内治療における有用性が多く報告されている。主には頭蓋内病変における報告であり、その中でも脳動脈瘤塞栓術での有用性に関するものが多い¹⁾²⁾⁴⁾⁹⁾。しかしこの疾患での報告は少なく、特に脊髄血管病変に関しての報告は少ない。今回、spinal dural arteriovenous fistula (spinal dAVF) に対して 3D-DSA を行い、明瞭な画像を得ることができアプローチに有用であった症例を経験したので、文献的考察を加えて報告するとともに、急峻に分岐する血管への「kick turn method」によるカテーテリゼーションについても紹介する。

症例提示

患者：60 歳、男性

主訴：歩行障害、排尿障害

既往歴：甲状腺機能亢進症

現病歴：2004 年頃より両下肢のしびれを自覚していた。2007 年 1 月より下肢のしびれが悪化し、3 月になると歩行困難となった。また、排尿困難も出現した。その

ため近医を受診し、精査のために胸椎 MRI を施行された。Spinal dAVF と診断され、2007 年 4 月当科紹介となつた。

入院時現症：意識清明で脳神経症状に異常は認めなかつた。また上肢に異常所見はなかつた。両下肢全般にしびれを認め、対麻痺 (4/5) のため歩行困難であった。排尿障害が強く自己導尿を必要とした。

神経放射線学的所見：胸椎 MRI T2 強調画像にて、第 6 から 10 胸椎レベルに脊髄の髓内高信号と腫大を、脊柱管内後方に flow-void を示す低信号域を認めた。ガドリニウム造影 T1 強調画像にて、同部は不均一に造影された (Fig. 1A, B)。脊髄血管撮影では、左第 10 肋間動脈撮影にて、肋間動脈より分岐する根動脈 (radicular artery) から feeding される spinal dAVF の所見を認め、draining vein は脊髄背側を上行していた。他の肋間動脈からの feeder は見られず、Adamkiewicz 動脈は左第 9 肋間動脈撮影にて描出され、dAVF との関与はみられなかつた (Fig. 1C, D)。

治療：本症例の spinal dAVF は single feeder であり、血管内塞栓術による治療を行うこととなつた。

局所麻酔下に右大腿動脈を穿刺し 4 Fr. シースを挿入。ガイドティングカテーテルは 4 Fr. シェファードフックタイプを使用した。選択的にカテーテルを第 10 肋間動脈

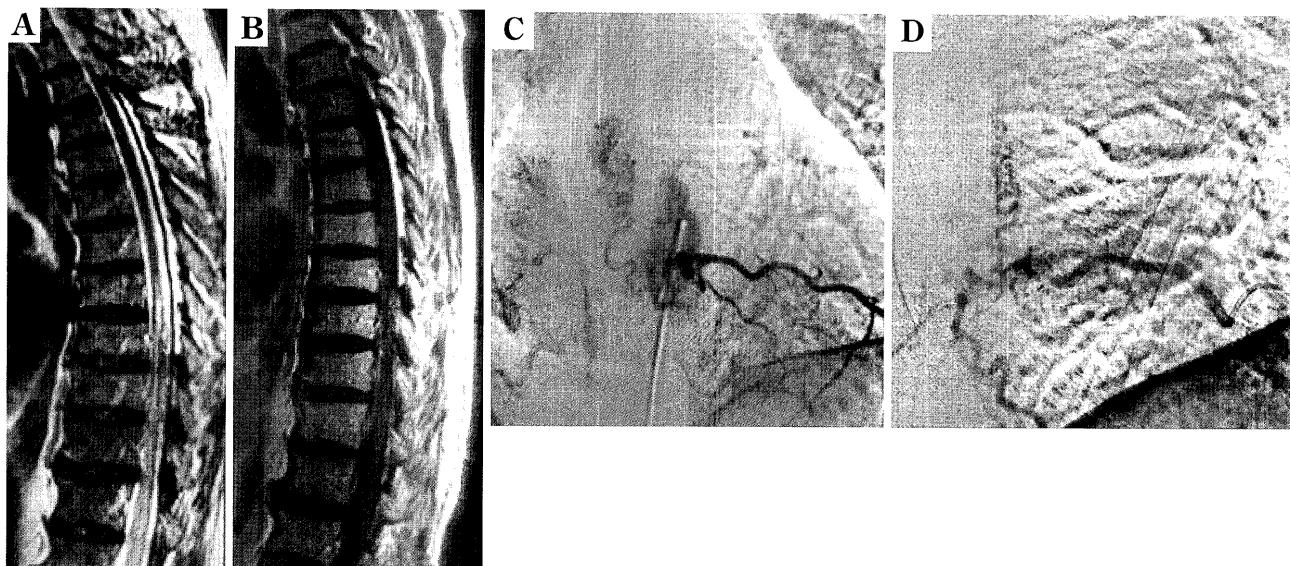


Fig. 1 A : MRI T2-weighted sagittal image revealed intramedullary high-intensity change and swelling on T6-T10 spinal cord and low-intensity signal on dorsal side of spinal cord which indicates a flow-void.
B : Gadolinium-enhanced T1-weighted sagittal image revealed heterogeneous enhancement of the lesion.
C, D : Left T10 intercostal angiogram revealed a spinal dural arteriovenous fistula. (C: A-P view, D: lateral view)

に挿入し造影を行ったが、心拍動や呼吸性変動により画像は不明瞭であったため、回転撮影（造影剂量 4.1 mL、注入速度 0.7 mL/s、遅延時間 0.5s）による 3D-DSA 画像を作製した（Fig. 2A, B）（AXIOM Artis dBA/SIEMENS AG, Erlangen, Germany）。また、rotation data から得られる MIP 画像により、fistula 部と脊柱管との位置関係を確認した（Fig. 2C~E）。

得られた 3D-DSA 画像をワークステーション（syngo

X Work place, SIEMENS AG, Erlangen, Germany）内で回転させ、的確な working angle を決定し、それを基に、マイクロカテーテルを誘導した。3D-DSA で的確な working angle を得ることにより、肋間動脈の ventral branch と dorsal branch の分岐部や、dorsal branch が radicular artery と posterior vertebral branch に分岐する部の立体的解剖が明瞭に描出された（Fig. 3）。3D-DSA で示されるように、肋間動脈から dorsal branch へは急峻な分

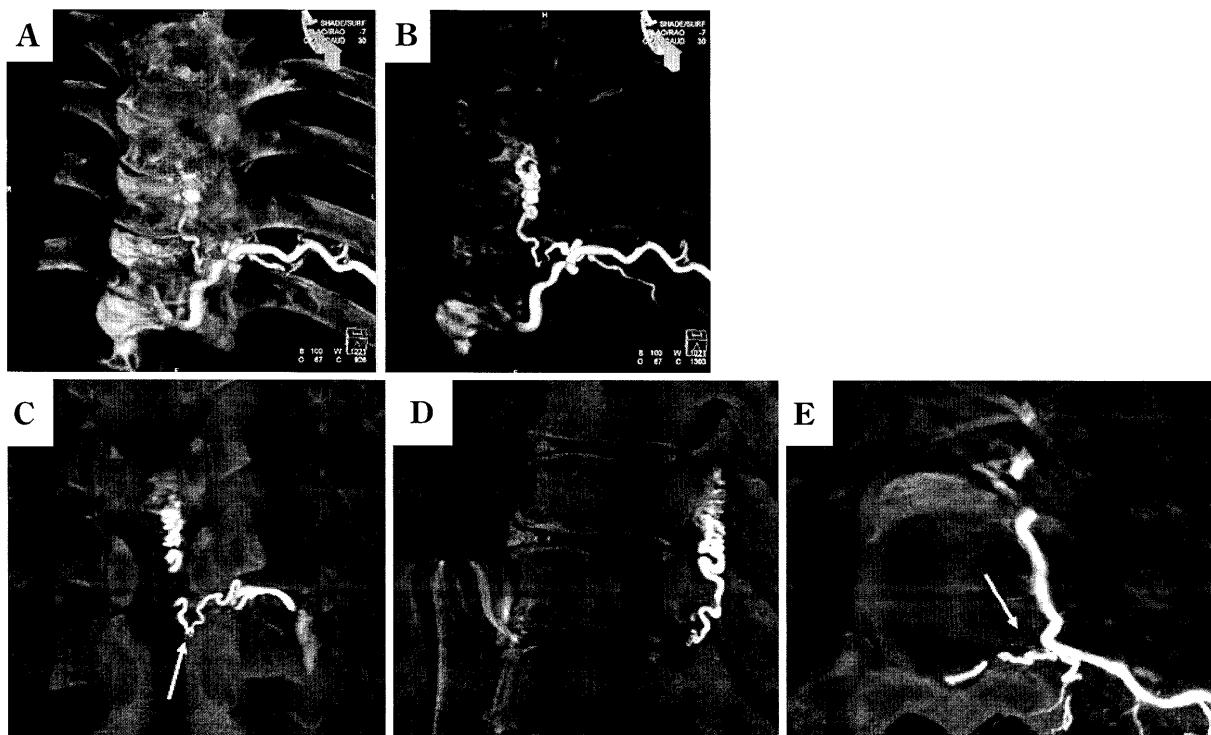


Fig. 2 Selective 3D-DSA image showing relationship between bony and vascular structure

A : No-subtraction image.

B : Subtraction image. MIP image from rotational DSA data.

C : Coronal image : fistula point was clearly detected at dural sleeve (arrow).

D : Sagittal image : lesion was on dorsal side of spinal cord.

E : Axial image showing feeder entering spinal canal via intervertebral foramen (arrow).

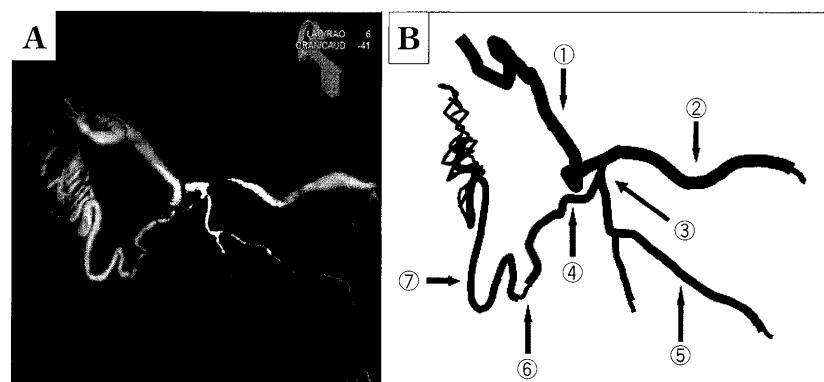


Fig. 3 A : T10 3D-DSA image working angle for catheterization. It clearly shows branches from intercostal artery. B : Schema of vascular architecture. ①T10 intercostal artery, ②ventral branch, ③dorsal branch, ④radicular artery, ⑤posterior vertebral branch, ⑥fistula point, ⑦draining vein.

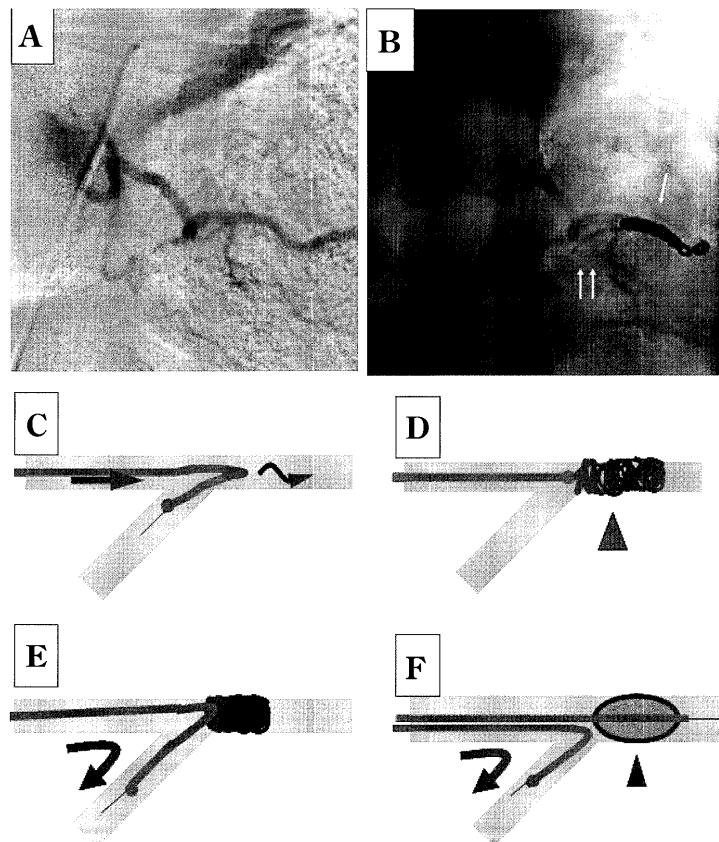


Fig. 4 A : T10 intercostal angiogram before embolization of ventral branch of intercostal artery.
 B : T10 intercostal angiogram after coil embolization (arrow: coil mass) showing microcatheter (double arrow: tip of catheter) being manipulated into the radicular artery.
 Schematic illustration of 'kick turn method'
 C : It is difficult to manipulate the microcatheter into the sharply-angled target vessel, because the insertion force appears in the opposite direction (arrow: direction of force).
 D : To 'kick and turn' the microcatheter, the other branch is sacrificed and densely embolized with coils from that microcatheter (arrowhead: coil mass).
 E : The Microcatheter is turned with the coil mass and guided into the target vessel.
 F : Schema shows using a balloon catheter.

岐であり、容易にマイクロカテーテルが ventral branch 側に流れてしまった。そのため、ventral branch 側をコイルにて塞栓(GDC Ultrasoft [Boston Scientific, Natick, MA, USA] 7 本使用)し、コイル塊を支点にしてカテーテルをターンさせ、radicular artery まで誘導した(Fig. 4A, B)。われわれは、このように血管分岐部の branch をブロックして、カテーテルを turn させる方法を「kick turn method」と呼んでいる。

キシロカインによる provocative test を行い、神経症状の出現がないことを確認した。3D-DSA 画像から、feeder, fistula, drainer が最もよく見えるアングルを選択し、

NBCA 25%, 0.36 ml を feeder から drainer 側まで penetrate させ fistula を塞栓した (Fig. 5)。第 10 肋間動脈撮影にて spinal dAVF の消失を確認した (Fig. 6B, C)。

術後経過：術後、対麻痺は翌日からほぼ消失し、感覚障害・排尿障害は徐々に改善している。術後 1 週間の MRI T2 強調像で髄内高信号は少し残るが、異常な flow-void は消失している (Fig. 6A)。

考 察

脊髄 AVM や AVF は、血管撮影や MRI などの機器の

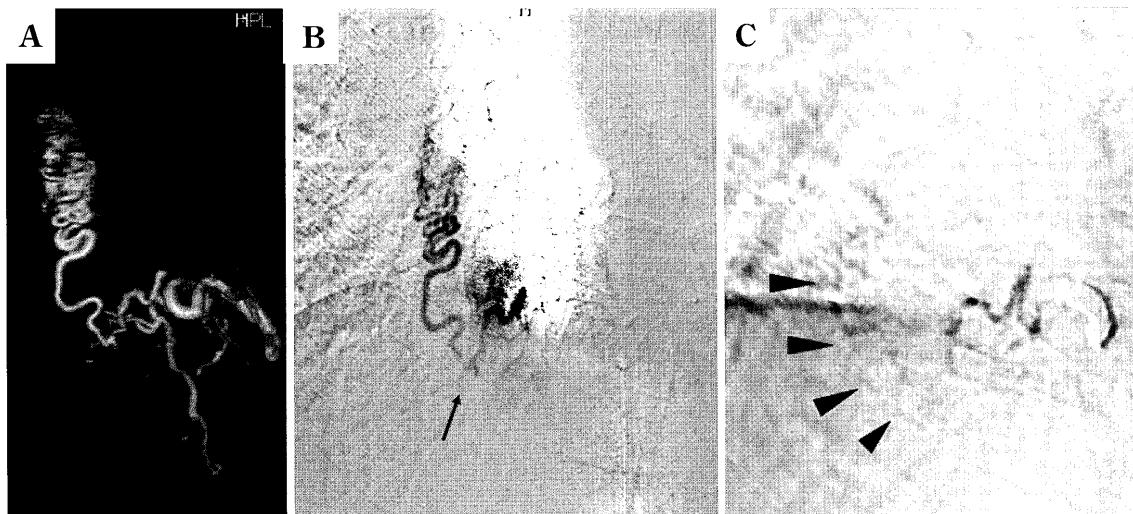


Fig. 5 A : Selective T10 3D-DSA image of working angle for NBCA injection.
 B : Similar view as in A selective angiography from microcatheter. Fistula point is clearly visualized (arrow).
 C : Injection of NBCA. Cast penetrates the fistula (arrowheads).

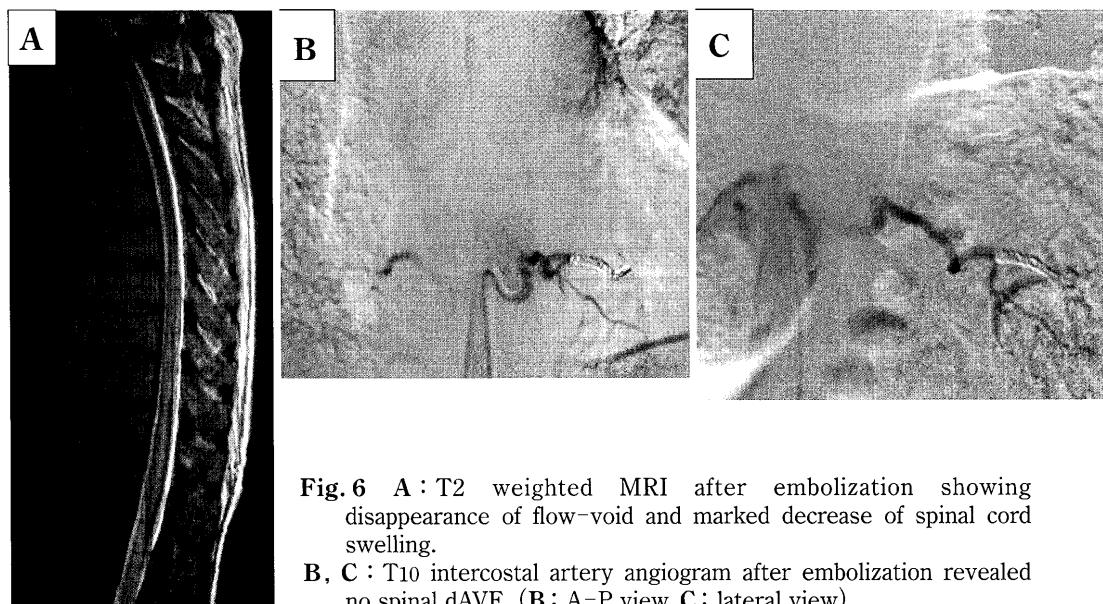


Fig. 6 A : T2 weighted MRI after embolization showing disappearance of flow-void and marked decrease of spinal cord swelling.
 B, C : T10 intercostal artery angiogram after embolization revealed no spinal dAVF (B : A-P view, C : lateral view)

発達により病態の理解・診断や分類が進んでいる⁶⁾。その治療においては、直達手術が主であったが、近年は低侵襲性の点で、血管内塞栓術により治療を行われる機会も増えている。Spinal dAVF の塞栓術では、通常は液体塞栓物質を用いて行われる。一般的には、マイクロカテーテルを選択的に radicular artery から分岐する feeder に誘導し、NBCA を注入する。Fistula point から draining vein まで penetrate させるように注入し閉塞することが重要である¹⁰⁾¹¹⁾¹⁵⁾。本症例のように、single feeder であり根治が期待できる場合は、血管内塞栓術のよい適応で

ある。

3D-DSA は立体的に血管の走行が把握でき、脳血管内治療における有用性が多く報告されている。ただ、頭蓋内血管病変、主に脳動脈瘤の塞栓術に関する報告は多いが¹⁾²⁾⁴⁾⁹⁾、他の疾患に関して、特に脊髄血管病変での報告は少ない。われわれが検索したかぎり、脊髄血管病変に関する 3D-DSA の報告は 3 件のみであった⁵⁾¹²⁾¹³⁾。このうち 2 件は、spinal hemangioblastoma の治療における 3D-DSA の有用性についての報告である。Kern ら⁵⁾は、胸髄神経根由来の hemangioblastoma の塞栓術および

摘出術に際して, Scuibba ら¹³⁾は, 頸髄 hemangioblastoma の 2 症例において摘出術の術前検査として 3D-DSA が有効であったと報告している。

一方, Prestigiacomo ら¹²⁾は, spinal AVM/AVF の 14 症例に対して計 17 回, selective 3D-DSA を施行し評価を行い, feeder, nidus, aneurysm, drainer, bony structure の位置関係の把握, intramedullary, perimedullary lesion の鑑別, working angle や治療方針の決定に有用であったと述べている。

本症例においても, 3D-DSA 画像と, 3D rotation data の reconstruction により得られる MIP 画像や元画像を組み合わせることで, 骨との位置関係が把握でき, 神経根の硬膜入口部に fistula が存在し脊髄背側に drainage することが確認できた。

また, 3D 画像を回転させることで, 肋間動脈の dorsal branch が radicular artery へ分岐する血管走行が明瞭に描出されるアングルや, feeder, fistula, drainer の関係が適切に描出されるアングルを得ることができた。

今回, radicular artery は, 急峻な角度で分岐しており, 選択することが困難であった。そのため, ventral branch をコイルで閉塞することにより, カテーテルが ventral branch 側に押し出されてしまうことを防ぎ, カテーテルを目的とする血管へと追従させることに成功した。この「kick turn method」は, branch を犠牲にせざるをえないが, 血管分岐部の急峻なカーブにおいても, 選択的にカテーテルを誘導することができ, 有効な方法である (Fig. 4C~F)。コイルにて塞栓する以外に, HyperForm や HyperGlide (Micro therapeutics, Irvine, CA, USA) のようなバルーンカテーテルのバルーン近位側を支点として, kick turn させる方法も考えられるが, 2 本のカテーテルを挿入するには, 本症例のように動脈径が小さい場合には実施困難である。

3D-CT angiography でも脊髄血管病変の立体構造の描出や fistula の同定は可能である⁷⁾¹⁶⁾¹⁷⁾。特に骨構造との関係把握には優れている。ただし, 肋間動脈に選択的に造影剤を注入していないために, 3D-DSA に比較すると画像の明瞭度が低くなり, 造影剤の注入から撮影までのタイミングによっては, 動静脈シャント疾患では, 動脈と静脈の区別がつかず, 良好な画像が得られない可能性がある。また狭い脊柱管内において, 骨構造などを subtraction する際に, 近接する血管病変の描出に影響が及ぶことも問題である。

また, MRA でも, 造影剤の使用や 3D 画像処理を行うことで, 脊髄血管病変が立体的に描出できるようになってきている³⁾⁸⁾¹⁴⁾¹⁷⁾。しかし, 一般に解像度は低く, 逆に

骨性構造物との関係が把握しづらいこと, 体動によるアーチファクトで明瞭な画像が得られにくいなどの問題がある。

この点, selective 3D-DSA は, 心拍動・呼吸・腸蠕動により影響を受ける髄血管撮影において, C アームの高速回転により周辺の微細な動きを緩衝で打ち消すことにより, きわめて鮮明な画像を得ることができる。特にシャント疾患においては撮影のタイミングを適切に設定すれば, シャント部のみの血管構築を明らかにすることができます。また, フラットパネルの利点を活かし, rotation DSA data を再構築することにより骨構造も加えた画像が得られ, 一度の撮影で多くの情報を得ることができる。ただし high flow の脊髄動静脈奇形では, 回転がシャントに追いつかず構成 3D 画像に欠損が生じることがあるため, 今後さらに撮像法を含めた技術的な改善が必要である。

結論

Selective spinal 3D-DSA および kick turn method が血管内治療に非常に有効であった spinal dAVF の 1 例を経験した。3D-DSA は, 脊髄血管病変の血管内治療において, working angle の決定や, 解剖学的な立体構造の把握に有用であり, より安全・確実な治療を行うことができると考えられる。また, kick turn method は選択困難な血管分岐部におけるカテーテル誘導に際し有効な方法であると考えられた。

文献

- 1) Anzionannat R, Bracard S, Macho J, Da Costa E, Vaillant R, Launay L, Troussel Y, Romeas R, Picard L: 3D angiography: Clinical interest. First applications in interventional neuroradiology. *J Neuroradiol* **25**: 251-262, 1998.
- 2) Anzionannat R, Bracard S, Ducrocq X, Troussel Y, Launay L, Kerrien E, Braun M, Vaillant R, Scomazzoni F, Lebedinsky A, Picard L: Intracranial aneurysms: Clinical value of 3D digital subtraction angiography in the therapeutic decision and endovascular treatment. *Radiology* **218**: 799-808, 2001.
- 3) Binkert CA, Kollias SS, Valavanis A: Spinal cord vascular disease: Characterization with fast three-dimensional contrast-enhanced MR angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* **20**: 1785-1793, 1999.
- 4) Gauvrit JY, Leclerc X, Vermandel M, Lubicz B, Despretz D, Lejeune JP, Rousseau J, Pruvost JP: 3D rotational angiography: Use of propeller rotation for evaluation of intracranial aneurysm. *AJNR Am J Neuroradiol* **26**: 163-165, 2005.
- 5) Kern M, Naeini R, Lehmann TN, Benndorf G: Imaging of a thoracic spinal nerve haemangioblastoma by three-dimensional digital angiography. *J Clin Neurosci* **13**: 929-932,

- 2006.
- 6) Kim LJ, Spetzler RF: Classification and surgical management of spinal arteriovenous lesions: Arteriovenous fistula and arteriovenous malformation. *Neurosurgery* **59** (Suppl 3): s195–201, 2006.
 - 7) Lai PH, Pan HB, Yang CF, Yeh LR, Hsu SS, Lee KW, Weng MJ, Wu MT, Liang HL, Chen CK: Multi-detector row computed tomography angiography in diagnosing spinal dural arteriovenous fistula: Initial experience. *Stroke* **36**: 1562–1564, 2005.
 - 8) Mascalchi M, Cosottini M, Ferrito G, Quilici N, Bartolozzi C, Villari N: Contrast-enhanced time-resolved MR angiography of spinal vascular malformation. *J Comput Assist Tomogr* **23**: 341–345, 1999.
 - 9) Missler U, Hundt C, Wiesmann M, Mayer T, Brückmann H: Three-dimensional reconstructed rotational digital subtraction angiography in planning treatment of intracranial aneurysms. *Eur Radiol* **10**: 564–568, 2000.
 - 10) Niimi Y, Berenstein A, Setton A, Neophytides A: Embolization of spinal dural arteriovenous fistulae: Results and follow-up. *Neurosurgery* **40**: 675–682, 1997.
 - 11) 新見康成: 脊髄硬膜動静脈瘻. 吉田 純, 宮地 茂編: 脳血管内治療の Do's & Don'ts 第2版. 東京, 医学書院, 2006, pp.169–178.
 - 12) Prestigiacomo CJ, Niimi Y, Setton A, Berenstein A: Three-dimensional rotational spinal angiography in the evaluation and treatment of vascular malformations. *AJNR Am J Neuroradiol* **24**: 1429–1435, 2003.
 - 13) Scuibba DM, Mavinkurve GG, Gailloud P, Garonzik IM, Recinos PE, McGirt MJ, Woodworth GE, Witham T, Khavkin Y, Gokaslan ZL, Wolinsky JP: Preoperative imaging of cervical spine hemangioblastomas using three-dimensional fusion digital subtraction angiography. Report of two cases. *J Neurosurg Spine* **5**: 96–100, 2006.
 - 14) Shigematsu Y, Korogi Y, Yoshizumi K, Kitajima M, Sugahara T, Liang L, Yang D, Takahashi M: Three cases of spinal dural AVF: Evaluation with first-pass, gadolinium-enhanced, three-dimensional MR angiography. *J Magn Reson Imaging* **12**: 949–952, 2000.
 - 15) Song JK, Gobin YP, Duckwiler GR, Murayama Y, Frazee JG, Martin NA, Vinuela F: N-butyl 2-cyanoacrylate embolization of spinal dural arteriovenous fistulae. *AJNR Am J Neuroradiol* **22**: 40–47, 2001.
 - 16) Yamaguchi S, Eguchi K, Kiura Y, Takeda M, Nagayama T, Uchida H, Ito Y, Hotta T, Arita K, Kurisu K: Multi-detector-row CT angiography as a preoperative evaluation for spinal arteriovenous fistulae. *Neurosurg Rev* **30**: 321–326, 2007.
 - 17) Zampakis P, Santosh C, Taylor W, Teasdale E: The role of non-invasive computed tomography in patients with suspected dural fistulas with spinal drainage. *Neurosurgery* **58**: 686–694, 2006.

要 旨

Selective 3D-DSA と kick turn method を応用した塞栓術が有用であった Spinal dural AVF の 1 例

松原 功明 宮地 茂 泉 孝嗣 霽見 有史
細島 理 錦古里武志 大島 共貴 吉田 純

Three-dimensional digital subtraction angiography (3D-DSA) と「kick turn method」を応用した塞栓術が有効であった 60 歳男性、胸髄脊髄硬膜動静脈瘻の症例を経験した。第 10 肋間動脈の selective 3D-DSA により feeder, fistula, drainer の立体的な位置関係が的確に把握でき、適切な working angle を得ることができた。治療方針の決定や、マイクロカテーテルの誘導・NBCA の注入に際し非常に有用であった。また、kick turn method により急峻に分岐する feeder へのカテーテル誘導に成功した。Selective spinal 3D-DSA の利用で、脊髄血管病変に対してより安全・確実な治療を行うことができると考えられる。また、kick turn method は選択困難な血管分岐部におけるカテーテル誘導に際し有効な方法であると考えられた。

脳外誌 17 : 395–401, 2008