

総 説

脳・脊髄血管撮影の歴史と立体視の有用性

小宮山雅樹

History of angiography of the cerebral and spinal vessels and the importance of stereoscopic viewing

Masaki KOMIYAMA

Department of Neuro-Intervention, Osaka City General Hospital

● Abstract ●

Interpretation of a detailed vascular anatomy is essential for safe and secure, surgical and/or interventional treatments of the vascular diseases of the central nervous system. To obtain such anatomical data, modern CT/MR imaging is less invasive and has become the primary diagnostic modality today. Catheter angiography has an inherent risk of various complications, but still remains useful diagnostic modality in many situations. The author has reviewed the role of stereoscopic viewing of the vascular images of the central nervous system, especially digital subtraction angiograms, as well as three-dimensional angiograms reconstructed by CT/MR imaging.

● Key words ●

cerebral angiography, digital subtraction angiography, spinal angiography, stereoscopic angiography

大阪市立総合医療センター 脳血管内治療科
 <連絡先: 〒 534-0021 大阪市都島区都島本通 2-13-22 E-mail: komiyama@japan-mail.com >
 (Received January 6, 2015 : Accepted January 19, 2015)

はじめに

脳・脊髄の血管の解剖を見るためには、カテーテル血管撮影が必須であった時期を過ぎ、今では低侵襲な CT/MR による血管画像でその解剖が概ね分かるようになってきた。しかし、最新の CT/MR を使った診断法でも解剖学的な理解が難しい場合も少なくない。また血管内治療の施行時には、血管撮影は必須であるし、脊髄の血管病変には未だ重要な診断手段であり gold standard でもある。筆者は、銀フィルムを使用したカテーテル血管撮影の時期から (film-screen angiography)、手作業で subtraction していた時期 (film subtraction)、ついで image intensifier を利用した DSA (digital subtraction angiography) の黎明期から flat panel detector を利用した DSA に変わり、3D rotation angiography や CT-like image の撮像が可能になった時期を経験してきた。この間にフィルム上の

画像データを読影する時期から、filmless となり、種々の画像データをモニター上で観察する時代が変わっていった。CT/MR angiography の活用が進み、次第に立体撮影 (stereoscopic imaging) の血管撮影像を見る機会が減っていった。しかし現在のように進歩した種々の脳・脊髄血管の画像診断法がある中であっても、1980年代からよく行なわれていた立体撮影による脳・脊髄血管撮影は未だ色褪せず、重要で有用な診断方法であるという観点から、その脳・脊髄血管撮影法のレビューを行なった。

脳血管撮影法の歴史

画像診断は、1895年の Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) による x-ray の発見から始ったと言える¹⁾。x-ray が発見されたというニュースは瞬く間に世界中に伝えられ、翌年には臨床応用への模索が始まる。しかし、現実的には、1910年ごろまで単純撮影

による骨折や異物の検出がその主な使用方法である時期が長く続いた。脳病変の局在診断への利用は、単純撮影上の石灰化病変の検出や松果体の変位などの読影で行われた。この頃、頭部外傷による気脳症で脳室に入った空気が観察されていた。その空気という造影剤による脳室造影 pneumoventriculography や脳表面造影 pneumoencephalography が 20 世紀に入り行われるようになる。Walter Dandy (1886-1946) は 1918 年に脳室造影の報告をしている²⁾。しかし、脳病変の局在診断は間接所見が主であった³⁾。そのころ油性の造影剤である Lipiodol[®] を使った脊髓造影が、1921 年にフランスの Sicard と Forestier により始まる⁴⁾。Lipiodol[®] 自身は、1901 年に開発されている。血管撮影に使用する種々の造影剤が動物実験で試みられるが、毒性が強く合併症も多かったことから、なかなか実用化されず、従って血管撮影も広まらなかった⁵⁾。ヒトの生体血管撮影は、1923 年に Berberich と Hirsch が 20% 臭化ストロンチウムの造影剤を使い四肢の動脈及び静脈造影に成功している⁶⁾。

ポルトガルの神経学者の Egas Moniz (1874-1955) は、当時、脳腫瘍の局在診断の唯一の方法であったが、必ずしも安全で有効とも言えない脳室造影に代わる診断方法を模索していた。そして 1927 年に 25% ヨウ化ナトリウムの造影剤を使い、最初の脳血管撮影を鞍部腫瘍の症例で成功させた⁷⁾。また Moniz は、ヒト生体に血管撮影を行う前に、屍体で立体撮影を行い、その有用性について言及している²⁾。国内では名古屋大学の齋藤 眞 (1889-1950) らが Lipiodol[®] を基にした乳濁液の造影剤 L'ombre ロンブル (ombre はフランス語で影の意味) を開発し、1930 年に arterial encephalography と呼び脳血管撮影を報告した⁵⁾。彼らは、この早期の時点で立体撮影も行っていた。その後は、より安全な造影剤の開発が続いた。血管の穿刺法として Moniz の頃から経皮的穿刺法があったが、成功率が低いため、頸動脈や椎骨動脈を直接外科的に露出してから動脈を穿刺し造影剤を注入する手技が長く行われた。この頃は、近位動脈を血管クランプなどで一時的に閉塞した状態で、露出された動脈を穿刺して撮影を行っており、血流が流れた状態の動脈撮影ではなかった。一方、1936 年に Boston の Loman と Myerson ら⁸⁾ が経皮的な総頸動脈穿刺による頸動脈撮影を行なった。その背景には精神疾患の治療として薬物を頸動脈に直接注入する手

技が行われていたことがある。この頃の脳血管撮影は主に頭部側面像の 1 枚撮りであった。これは当時の x-ray 撮影装置の性能と感光材料では前後方向の短時間撮影を行うことは困難であったからも推察される。翌 1937 年に Shimidzu も同様の手技で頸動脈撮影を行っているが⁹⁾、この手技は 1940 年代半ばまであまり普及はしなかった。

椎骨動脈撮影は、1933 年には Moniz らにより鎖骨下動脈を露出して穿刺による造影がされるようになり、その後、1940 年には Takahashi により経皮的に椎骨動脈を穿刺して造影が行われた¹⁰⁾。しかし手技が煩雑であるため、それに代わる経皮的な逆行性上腕動脈造影が一般化していく。1953 年に発表された Sven-Ivar Seldinger (1921-1998) による「経皮的動脈造影法で針をカテーテルに取り替える新方法」により、カテーテル脳血管撮影が画期的に進歩した¹¹⁾。この手技は、国内では 1970 年代に入り徐々に普及していく。現実には 1980 年代前半まで、右側上腕動脈からの逆行性の血管撮影と左側の頸部総頸動脈を 18G のエラストー針で経皮的に直接穿刺する脳血管撮影が多く施設で行われていた。画像化の媒体は、長く銀フィルムであり (conventional film-screen angiography)、これを使った撮影方法の種々の工夫がおこなわれていた。2 方向 (正面・側面) 同時撮影、連続撮影 (高速にフィルムを入れ替える film cassette exchanger が開発された)、拡大撮影 (高容量の x-ray 発生装置が開発された)、断層撮影 (angiotomography)、フィルムを使った subtraction 法、さらに本稿で強調したい立体撮影 stereoscopic angiography が行われるようになり^{12,13)}、CT/MR の技術革新とともに、脳血管の評価がより精密になっていった。一方、1960 年代後半には、Salamon や Huang らによりヒトの屍体の脳血管に造影剤を注入後に立体撮影を行い脳動脈や脳静脈の詳細な構築について報告がなされた¹⁴⁾。

1980 年代に入り、徐々に DSA が普及するが、当初、頭蓋外の閉塞性血管病変や術後の脳血管撮影や外来レベルでのスクリーニングの脳血管撮影が目的であった。その手技は肘静脈に置いた 16G のエラストー針や肘静脈から挿入し上大静脈や無名静脈にその先端を置いた 5 French の pig-tail カテーテルからの静脈内への造影剤注入による DSA が行なわれていた (静注 DSA)^{15,16)}。しかし、脳血管撮影の主役は

大腿動脈から挿入したカテーテルを用いた動脈造影 film-screen angiography であった。このころは、CT angiography や MR angiography の出現前であり、無症候性の病変の検査に侵襲のあるカテーテル血管撮影に代わる静注 DSA に期待が寄せられていたが、静注 DSA は、患者の動き、多くの血管の重なり、造影剤の量が多いこと、解像度が高くないことなどから、広く普及するに至らなかった。それに代わり DSA の目的が次第に、現在の大腿動脈からのアプローチによる動脈造影(動注 DSA)に変わっていき、頭蓋内の病変にも使われるようになっていった¹⁷⁾。動注 DSA には、造影剤量の減少、選択的造影の必要性の低下(内頸動脈撮影ではなく総頸動脈撮影でも解像度の高い画像が得られるため)、フィルムのコスト低下(大きな cut film の使用の必要がなく、また枚数も減らせる)、検査時間の短縮(フィルムの場合には現像に時間がかかる)、road map の使用が可能、より細かい動脈の認識が可能などの利点があった。1980 年代の後半から 1990 年代には、フィルムによる撮影法が衰退して、やがて画像データをモニター上に表示される読影法に変わっていく。それに伴い画像データの保存もサーバーに置かれるようになる。頭部全体が撮影される film-screen angiography が当初好まれ、撮像領域の狭い動注 DSA は、脳神経外科医の一部に敬遠されたこともあったが、その有用性が広く受け入れられていく。DSA であっても次第に撮像可能な範囲も大きくなり、この動注 DSA が広まっていく^{18,19)}。散乱線の問題で、2 方向(正面像と側面像)の同時撮影(simultaneous biplane angiography)は、当初でできなかったが、次第に 2 方向の同時撮影が一般的になっていく¹³⁾。21 世紀に入り CT/MR による脳血管の評価が可能な CT angiography や MR angiography が臨床で使用されるようになり、カテーテル脳血管撮影の施行頻度が下がり、より限られた症例で行われるようになっていった。

脊髄血管撮影法の歴史

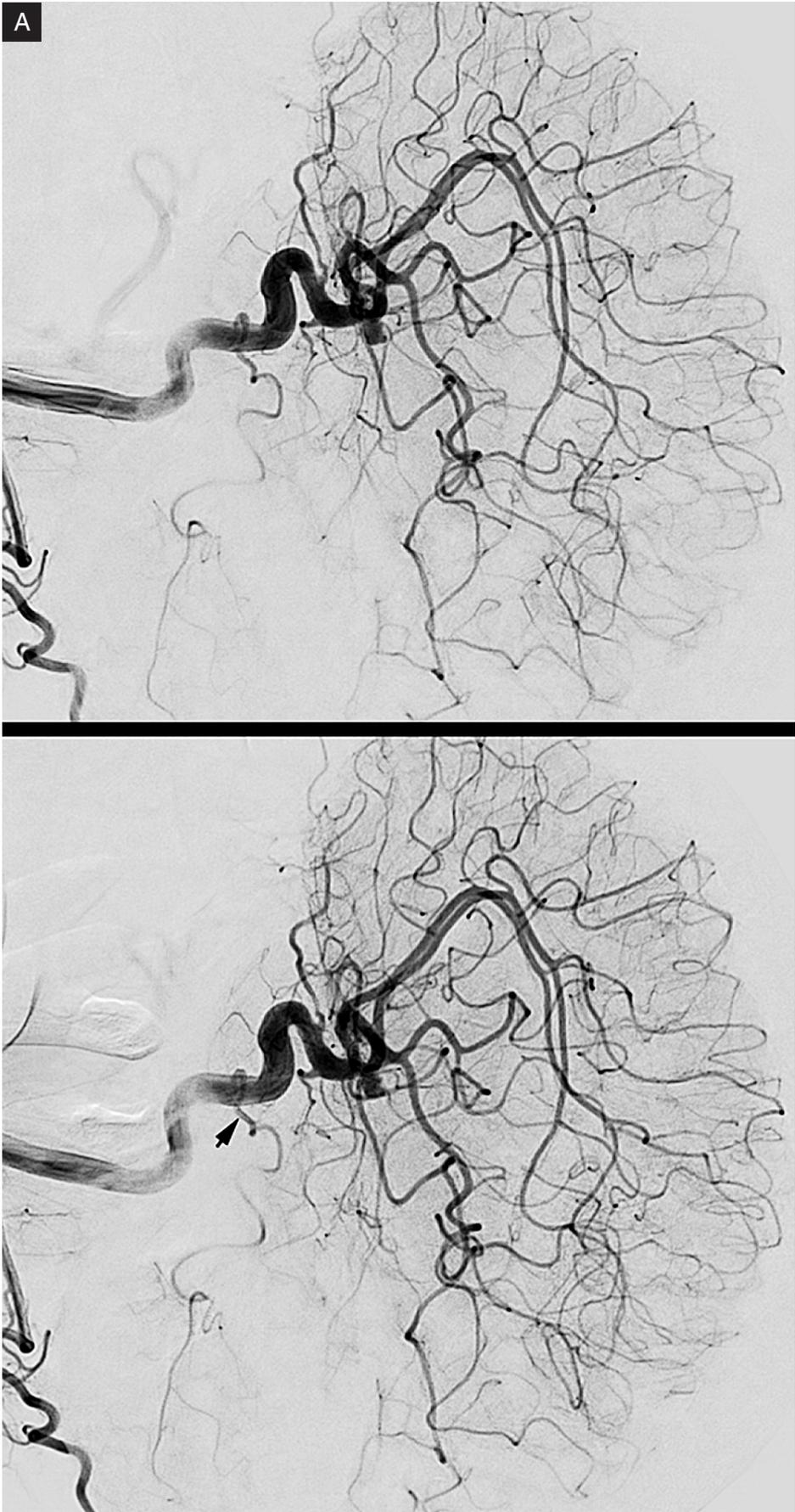
選択的脊髄動脈撮影は、歴史的に見て Di Chiro G, Doppman JL, Djindjian R らの業績が大きい²⁰⁻²²⁾。1970 年代には、欧米でも対麻痺や下肢の痙攣などの合併症に対する危惧があり、一般化するには時間がかかった。脊髄動脈撮影が一般化していった背景には、安全性の高い非イオン性の造影剤の開発が大きく、技

術的には DSA の進歩、さらに診断用のカテーテルの進歩に加え、治療用のマイクロカテーテルやガイドワイヤーの開発も大きな役割を果たした。今でも、脊髄の血管病変の診断・治療には、脊髄の選択的血管撮影は gold standard である²³⁾。血管構築は単純な脊髄の血管であるが、その細さ、血流の少なさから、血管撮影には種々の工夫が必要とされ、体動を抑える全身麻酔や腸管の動きを抑える薬剤を利用する。また各分節動脈撮影を正面像で行い、神経根髄質動脈や神経根軟膜動脈などを分岐する重要な分節動脈は、立体撮影や側面像も加えた 2 方向からの撮影が行なわれるようになった。

立体撮影法と立体視

2 枚のフィルムで立体視(stereoscopic viewing)することは、単純撮影が可能になった 20 世紀に入ってすぐの頃から一般的に行われていたが、連続撮影が必要な血管撮影の立体撮影は、早期からアイデアはあるものの、臨床応用が始まるのは 1960 年代に入ってからであった。連続撮影でない 1 枚撮りの立体血管撮影は、前述のように 1930 年にすでに齋藤らにより行われていた⁵⁾。2 回の撮影で立体画像にすることは可能であったが、造影剤を 2 回注入することに抵抗があり、一回の注入で立体連続撮影を行う方法が模索される。1 回の連続撮影で立体撮影をするため 1 管球を短時間に 2 つの位置の間を何度も行き来させたり^{12,24,25)}、2 管球を交互に用いたり^{26,27)}、1 管球内に 2 焦点を持つ管球(dual-focus x-ray tube)を用いたりされた²⁸⁾。そのため正面と側面の 2 方向での立体画像ではなく、正面画像は、通常为非立体撮影で、側面画像だけ立体撮影をする時期が続く^{12,13)}。立体撮影用の x-ray 線管球は海外では生産されなくなっても、日本の脳神経外科医や神経放射線科医には好まれていたため、国内メーカーでは生産されていたが、それも徐々に生産されなくなった。その後、脳・脊髄は他の消化管や肺・肝臓などの臓器と異なり大きな動きがないため、1 焦点を持つ 1 管球(single-focus x-ray tube)を用い一定の角度をずらして同じ連続撮影を 2 回する方法がとられていく。臨床の場合、脳血管撮影に立体撮影が使われるようになったのは 1980 年代に入った頃からであった。

単純撮影でも血管撮影でも立体視をするための撮像は、一定の角度(convergent angle)を 6~12 度ずら



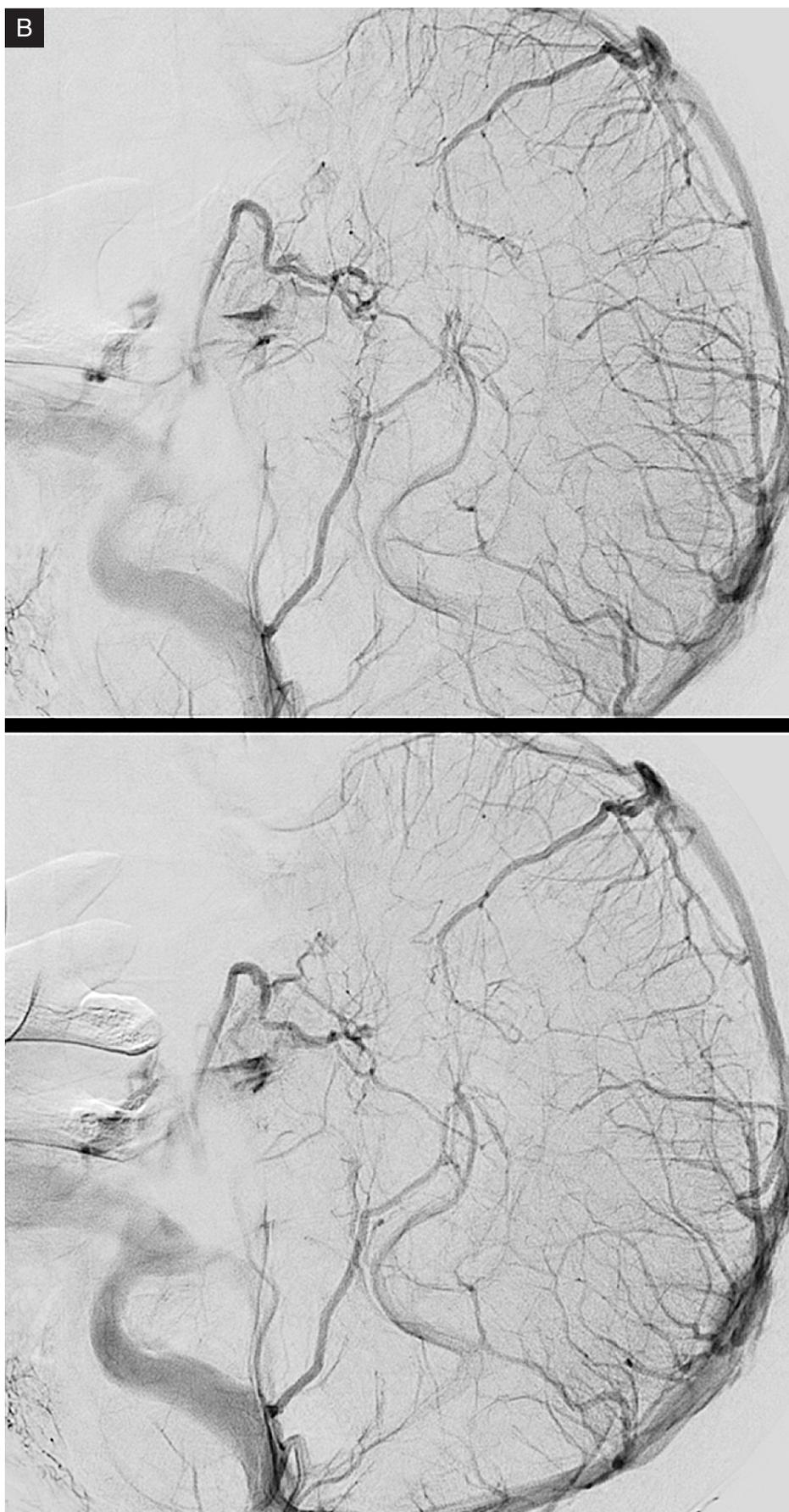


Fig. 1

A 54-year-old woman with an incidentally discovered saccular aneurysm at the top of the left internal carotid artery. Stereoscopic left internal carotid angiograms (lateral views).

A: Arterial phase. Interpretation of the detailed anatomy of the proximal M2 branches (trifurcation) confidently is not possible by overlapping of the vessels with non-stereoscopic single lateral angiogram. Stereoscopic viewing enables 3-dimensional interpretation of these vessels. Arrow indicates a trigeminal artery variant.

B: Venous phase. Less familiar venous anatomy, for example, septal vein, anterior caudate vein, thalamostriate vein, and inferior sagittal sinus, is readily identifiable with stereoscopic viewing. Left superficial middle cerebral vein is hypoplastic.

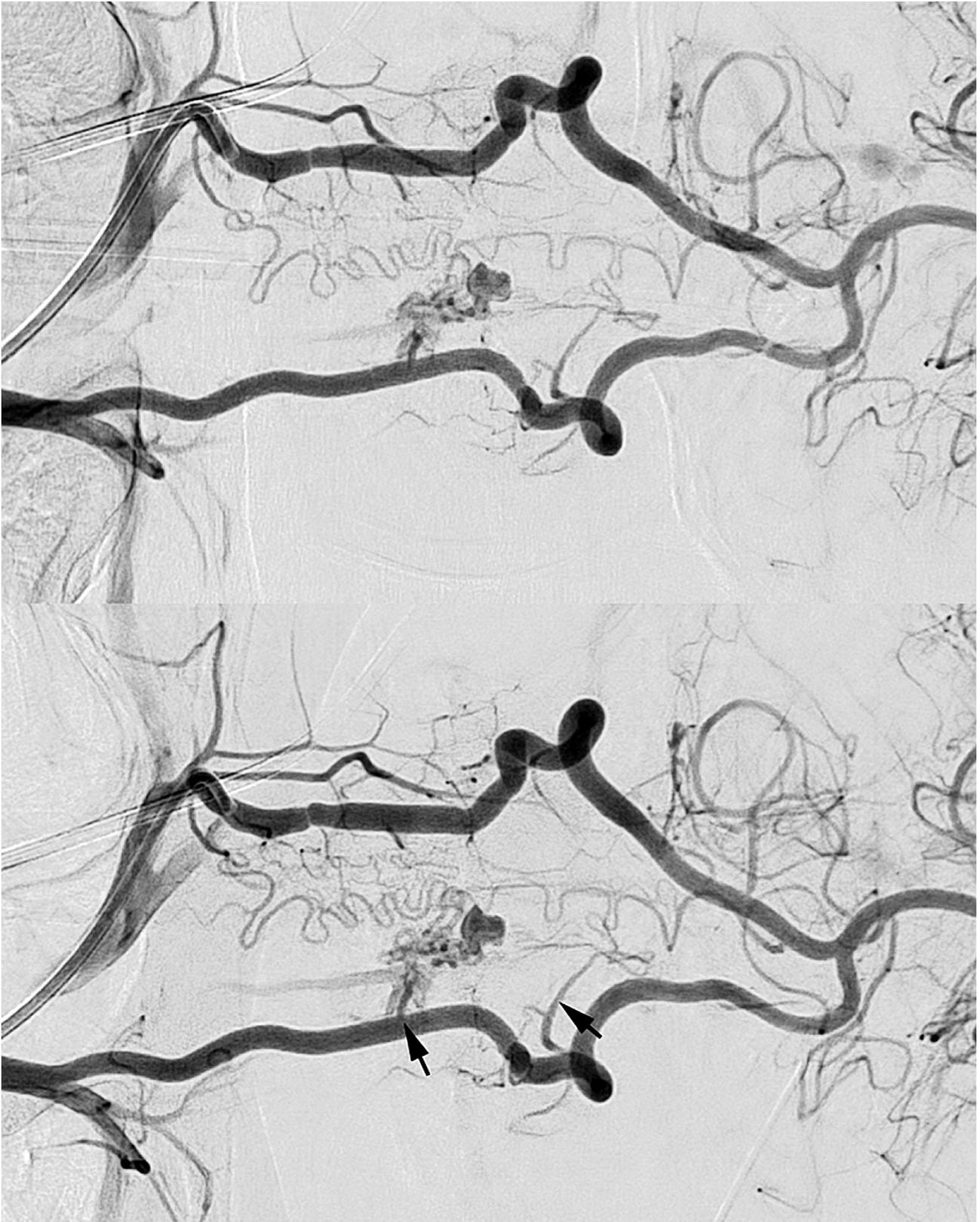


Fig. 2

A neonatal girl with a hemorrhagic spinal arteriovenous fistula (AVF). Right vertebral stereoscopic angiograms (AP views) show an AVF mainly fed by the left C2 and C4 segmental arteries (arrows). Accompanying small varix is also demonstrated. Anterior spinal artery, branching off from the V4 portion and the proximal V2 portion (C7 segmental artery) of the right vertebral artery, is less contributory to the AVF. Stereoscopic viewing facilitates the interpretation of the detailed anatomy of the AVF.

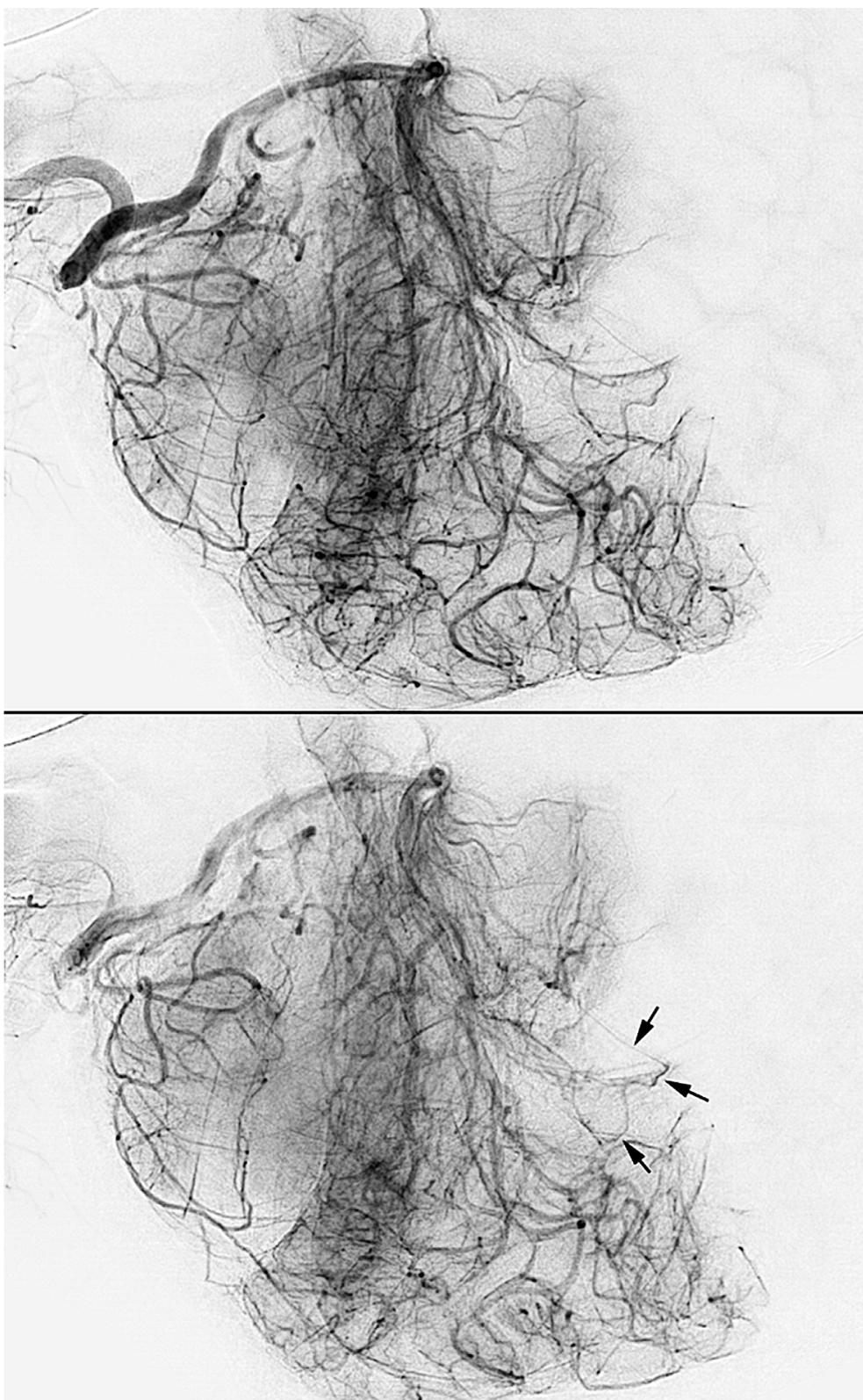


Fig. 3

A 32-year-old woman with a small arteriovenous malformation (AVM) located in the right parieto-occipital fissure. Lateral vertebral magnified stereoscopic angiograms (late arterial phase) show a small AVM confidently fed by the small branch of the right parieto-occipital artery draining to the right medial atrial vein (arrows). This AVM was not detected by non-magnified, non-stereoscopic vertebral angiograms performed in the referring hospital.

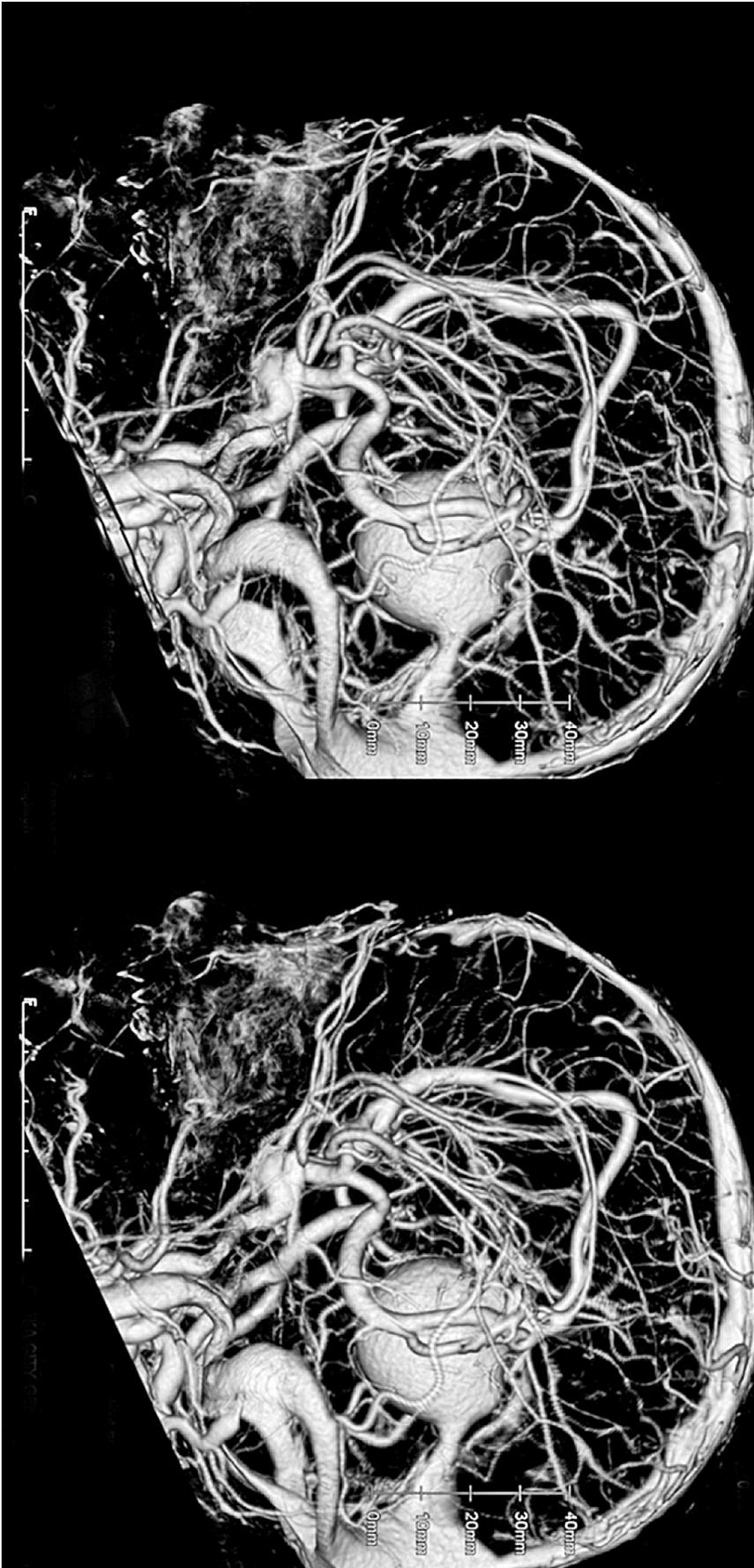


Fig. 4

A 6-month-old boy with choroidal type of vein of Galen aneurysmal malformation. A pair of stereoscopic CT angiograms show many choroidal feeders and perforating arteries converging to the large varix. Image interpretation is much enhanced by rotating these paired stereoscopic images by scrolling action of the mouse.

した画像を2枚または2シリーズ撮像することは必要である。理論的にはこの角度はある程度まで大きいほど、立体視する2つの画像のずれが大きくなるので、解剖学的位置関係の認知は良くなる¹⁷⁾。通常血管撮影では、biplaneの血管撮影装置を使用しているため、正面・側面の両方の管球-flat panel(またはimage intensifier)を6-12度回転させ、2回撮像する。film-screen angiographyでは、連続撮像を行うため、高速にフィルムを入れ替えるfilm exchangerが必要であった。

撮影画像をフィルムで見ていた時代は、シャウカステン Schaukasten に掛けた時相の揃ったペアのフィルム画像を並べ立体視を行っていた。動脈相から静脈相まで見るためには、多数のフィルム画像を順に並べる必要があり、長いシャウカステンを複数利用したり、ボタン一つでシャウカステンを入れ替えることができる読影装置を使うこともあった。しかし液晶モニター上でdigital画像を読影する機会が増え、ステレオで画像を見るためには、高精細の1つまたは2つのモニター上に対になる2画像を並べて表示して立体視を行ない、マウスでpagingを行ない動脈相から静脈相まで読影するようになっていった。フィルムによる脳血管撮影の頃は、立体視をするためにプリズムの入った眼鏡(prismatic viewing glasses: この場合は、右眼で右の画像を、左眼で左の画像を見ることになる)を使うこともあったが、このような眼鏡は使わずに裸眼で行う立体視では、右眼で左側にある画像を見て、左眼で右側にある画像を見るcrossed eyeという方法(交差法)もしくは右眼で右側の画像、左眼で左側の画像を見る方法(平行法)をとる。2つの画像の間に立体感のある画像が見え、この画像を読影する。道具を使わず、裸眼で立体視が可能かどうかには個人差はあるが、少しトレーニングをすれば立体視が可能となる。

立体脳・脊髄血管撮影と CT/MR angiographyの立体視

立体の血管撮影は、3次元的な解剖の描出に優れ、重なり合った血管を分離し、より細い血管を描出し、血管構築の理解を容易にする。立体視により理論的に濃度分解能が2倍になり、造影剤濃度はより濃く観察できるため、造影剤の濃度が下がる静脈の描出、脊髄血管の描出、僅かな血管の変化や腫瘍

のわずかなstainもより確信を持って診断可能とする^{12,24,25,29,30)}。3次元的な血管解剖の理解によって間違った読影を避けるという意味合いもある。CT/MRのない時代には血管撮影での血管の変位の読影が重要であったが、現在は血管のシフトやmass effectの把握はCT/MRに任せ、上記の、血管の微細な解剖の理解に立体撮影の役割が変わっている。DSA装置の空間分解能は512から1024さらには2048マトリックスと向上したためにより細径の血管の観察ができるようになった。また立体脳血管撮影をモニター上で連続的に観察すると小さな動静脈シャントなどの局所血行動態が良好に把握可能である。高空間分解能と高濃度分解能に加え高時間分解能を備えたDSA画像を立体視することが、現時点における最も詳細な局所脳血行動態の観察法であると言える。回転3次元血管撮影でも、連続する2画像を立体視して読影するのであれば、僅かな時相のずれ以外は、高空間分解能と高濃度分解能を持つ画像を得ることができる。しかし、動脈相から静脈相まで、時相の合ったDSA画像を立体視が可能という点で、2回の撮影による立体撮影法の方が優れている(Fig. 1-3)。

この「立体視」は、脳血管撮影の読影だけに有用であるだけでなく、CT/MRで作られた3次元画像を読影するときにも同様の理由で有用であり、単にモニター上で1つの3D画像を動かして読影するだけでなく、ペアの3D画像をモニター上に表示させ立体視し、それを回転させながら観察したほうが、3次元の解剖情報は多い。脳動脈瘤のスクリーニングで行なったCT angiographyやMR angiographyのMIP像を読影する場合に、左右に回転させた2つの3D画像をモニター上に表示させ立体視した方が、はるかに血管解剖の理解には有用であり、これに加え原画source imageをpagingしながら細かい血管を適宜観察する(Fig. 4)。

立体血管撮影法にはマイナス面もある。角度を変えた同じシリーズの血管撮影を2回することにより、被曝線量、造影剤量、以前は記録用のフィルム数が単純に倍になるという欠点があった。しかし、それ以上の解剖学的な有用な情報を提供するために、必要なシリーズに立体撮影を行なわれてきた。最新機種はDSA装置の被曝線量はflat panel detectorを用いノイズを減らす画像化ソフトウェアの開発などで、以前と比較して画質はそのまま被曝線量の60%の低減が実現している³¹⁾。記録媒体はフィル

ムではなくなり、digital data の記録量は増えるが、銀フィルムほどの経費はかからなくなっている。

結 語

立体脳・脊髓血管撮影は、1990年代以前に確立した技術であり、新しさは全くない。この古典的な3次元情報の表示方法はあまり臨床の場で使われない時代となり、その有用性に接することのない若い世代の医師も多く見られる。しかし、DSAの性能向上に伴い従来よりも高精度の立体血管撮影が容易に得ることができる。血管構築の理解に、CT/MRから得られる非侵襲的な情報では不十分な場合には、カテーテル血管撮影から得られる情報が重要となってくる。rotational angiography やその source image も有用であるが、古典的な立体撮影による血管情報は美しく未だ色あせず有用である。

本論文の執筆にあたり久留米大学放射線科の安陪等思先生にアドバイスを頂きました。この場を借りて深謝いたします。

著者に利益相反はありません。

文 献

- 1) Röntgen WC. Ueber eine neue Art von Strahlen (Vorkäufige Mittheilung.). In: Sitzungsberichte der physik. -med. Gesellschaft zu Würzburg 1985; 137: 132-141.
- 2) Dandy WE. Ventriculography following the injection of air into the cerebral ventricles. *Ann Surg* 1918; 68: 5-11.
- 3) Wolpert SM. Neuroradiology in Boston: historical beginnings. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995; 16: 1093-1098.
- 4) Sicard JA, Forestier J. Méthode radiographique d'exploration de la cavité epidurale par le lipiodol. *Rev Neurol (Paris)* 1921; 28: 1264-1266.
- 5) Saito M, Kamikawa K, Yanagizawa H. Blood vessel visualization (arteriography; venography; angiography) in vivo. *Am J Surg* 1930; 10: 225-240.
- 6) Berberich J, Hirsch S. Die röntgenographische Darstellung der Arterien und Venen am lebenden Menschen. *Klin Wchenschr* 1923; 49: 2226-2228.
- 7) Moniz E. L'encéphalographie artérielle, son importance dans la localisation des tumeurs cérébrales. *Rev Neurol (Paris)* 1927; 34: 72-90.
- 8) Loman J, Myerson A. Visualization of the cerebral vessels by direct intracarotid injection of thorium dioxide (Thoratrast). *AJR* 1936; 35: 188-193.
- 9) Shimidzu K. Beiträge zur Arteriographie des Gehirns, einfache perkutane Methode. *Arch klin Chir* 1937; 188: 295-316.
- 10) Takahashi K. Die perkutane Arteriographie der Arteria vertebralis und ihrer Versorgungsgebiete. *Arch Psychiat* 1940; 111: 373-379.
- 11) Seldinger SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography: a new technique. *Acta radiol* 1953; 39: 368-376.
- 12) Takahashi M, Tamakawa Y, Goto K, et al. Serial cerebral angiography in stereoscopic magnification. *AJR Am J Roentgenol* 1976; 126: 1211-1218.
- 13) Takahashi M, Ozawa Y. Routine biplane cerebral angiography with stereoscopic magnification. *Radiology* 1980; 136: 113-117.
- 14) Salamon G, Huang YP. Radiologic anatomy of the brain. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1976.
- 15) Strother CM, Sackett JF, Crummy AB, et al. Intravenous video arteriography of the intracranial vasculature: early experience. *AJNR Am J Neuroradiol* 1981; 2: 215-218.
- 16) Christenson PC, Ovitt TW, Fisher HD, et al. Intravenous angiography using digital video subtraction: intravenous cervicocerebrovascular angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1980; 135: 1145-1152.
- 17) Crummy AB, Stieghorst MF, Turski PA, et al. Digital subtraction angiography: current status and use of intra-arterial injection. *Radiology* 1982; 145: 303-307.
- 18) Eggers FM, Price AC, Allen JH, et al. Neuroradiologic applications of intraarterial digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 1983; 4: 854-856.
- 19) Brant-Zawadzki M, Gould R, Norman D, et al. Digital subtraction cerebral angiography by intraarterial injection: comparison with conventional angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1983; 140: 347-353.
- 20) Doppman J, Di Chiro G. Subtraction-angiography of spinal cord vascular malformations: report of a case. *J Neurosurg* 1965; 23: 440-443.
- 21) Di Chiro G, Wener L. Angiography of the spinal cord: a review of contemporary techniques and applications. *J Neurosurg* 1973; 39: 1-29.
- 22) Djindjian R. Angiography of the spinal cord. *Surg Neurol* 1974; 2: 179-185.
- 23) Nelson PK, Setton A, Berenstein A. Vertebrospinal angiography in the evaluation of vertebral and spinal cord disease. *Neuroimag Clin North Am* 1996; 6: 589-605.
- 24) Vogelsang H, Dietz K. Stereoscopic magnification in spinal angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 1983; 4: 588-589.
- 25) Mokrohisky JF, Murtagh F, Paul RE, et al. Biplane stereoscopic cerebral angiography. *Acta radiol* 1956; 46: 262-272.
- 26) Fernstrom I, Lindblom K. Simultaneous stereoangiography. *Acta radiol* 1955; 44: 230-232.
- 27) Tobe T, Saito S, Toda N, et al. Simultaneous stereo-angiography. *Gunma J Med Sci* 1966; 15: 23-31.
- 28) Doi K, Rossmann K, Duda EE. Application of longitudinal magnification effect to magnification stereoscopic angiography: a new method of cerebral angiography. *Radiology* 1977; 124: 395-401.
- 29) Worthington C, Peters TM, Ethier R, et al. Stereoscopic digital subtraction angiography in neuroradiologic assessment.

- AJNR 1985; 6: 802-808.
- 30) Doi K, Duda EE. Detectability of depth information by use of magnification stereoscopic technique in cerebral angiography. *Radiology* 1983; 146: 91-95.
- 31) Söderman M, Mauti M, Boon S, et al. Radiation dose in neuroangiography using image noise reduction technology: a population study based on 614 patients. *Neuroradiology* 2013; 55: 1365-1372.

JNET 9:5-15, 2015

要 旨

中枢神経系の血管病変の安全・確実な外科的治療や血管内治療に詳細な血管解剖の理解は必須である。そのような解剖の画像データは低侵襲な CT や MR で得られるようになり、今日では診断の第一選択になっている。カテーテル血管撮影には、検査自体の持つ避けることのできない種々の合併症の可能性があるが、今でも多くの症例において重要な診断手段である。著者は中枢神経系の血管系の画像診断、特に CT や MR の 3 次元再構成画像に加えカテーテル血管撮影による画像診断における立体視(立体血管撮影)の役割の概説を行った。