

回転 DSA と経動脈的3D-CT angiography を用いた 新しい脳血管撮影法

柿澤幸成^{1)*} 長島 久¹⁾ 大屋房一¹⁾ 伊東清志¹⁾
本郷一博¹⁾ 小林茂昭¹⁾ 鹿間直人²⁾ 深作和明²⁾
角谷眞澄²⁾ 高本信治³⁾ 木藤善浩³⁾

- 1) 信州大学医学部脳神経外科学教室
- 2) 信州大学医学部放射線医学教室
- 3) 信州大学医学部附属病院中央放射線部

New Methods of Cerebral Angiography Using Rotational Digital Subtraction Angiography and Multi-Slice Three-Dimensional Computed Tomography Angiography with Intra-Arterial Injection

Yukinari KAKIZAWA¹⁾, Hisashi NAGASHIMA¹⁾, Fusakazu OYA¹⁾
Kiyoshi ITO¹⁾, Kazuhiro HONGO¹⁾, Shigeaki KOBAYASHI¹⁾
Naoto SHIKAMA²⁾, Kazuaki FUKASAKU²⁾, Masumi KADOYA²⁾
Nobuharu TAKAMOTO³⁾ and Yoshihiro KITO³⁾

- 1) *Department of Neurosurgery, Shinshu University School of Medicine*
- 2) *Department of Radiology, Shinshu University School of Medicine*
- 3) *Division of Central Laboratory Radiology, Shinshu University School of Medicine*

We describe our early experience with rotational digital subtraction angiography and multi-slice three-dimensional computed tomography angiography with intra-arterial injection. Thirty-five patients admitted to the Department of Neurosurgery, Shinshu University Hospital, underwent examination with these techniques from June 2000. The three-dimensional images are helpful for more accurate diagnosis, and for simulating surgical procedures.

Representative cases with cerebral aneurysm, arteriovenous malformation, brain tumor and ischemic disease are presented. *Shinshu Med J* 49 : 85-89, 2001

(Received for publication November 28, 2000 ; accepted in revised form December 22, 2000)

Key words : rotational 3-dimensional DSA, 3-dimensional computed tomography, multi-slice CT
回転3D-DSA, 3D-CT, マルチスライス CT

I はじめに

2000年6月より信州大学医学部附属病院中央放射線部第1血管撮影室に multi-slice three-dimensional computed tomography (3D-CT) と回転 digital subtraction angiography (DSA) 装置および workstation が導入された。Magnetic resonance image (MRI) に先行されていた感のある computed tomography (CT) も最近 multi-slice CT の出現や様々な

補間再構成アルゴリズムの開発¹⁾により再び注目されてきた。Multi-slice CT とは一本の X線ビームに対して複数の検出器で画像採取できる CT のことであるが、単にそれだけでなくスライス幅の減少、スキャン時間の短縮などの技術向上のうえに成りたつ全く新しい CT である。MRI はより機能的な解析に有用となり、CT ではゆがみが少なくより解剖学的な画像診断が可能になってきた。骨を確実に表現することで、CT はより術野に近い画像ということもできる。一方、回転 DSA は通常使用する DSA 器械を回転し、CT のガントリーの替わりとして撮影することで3次元画像が得

* 別刷請求先: 柿澤 幸成 〒390-8621
松本市旭3-1-1 信州大学医学部脳神経外科

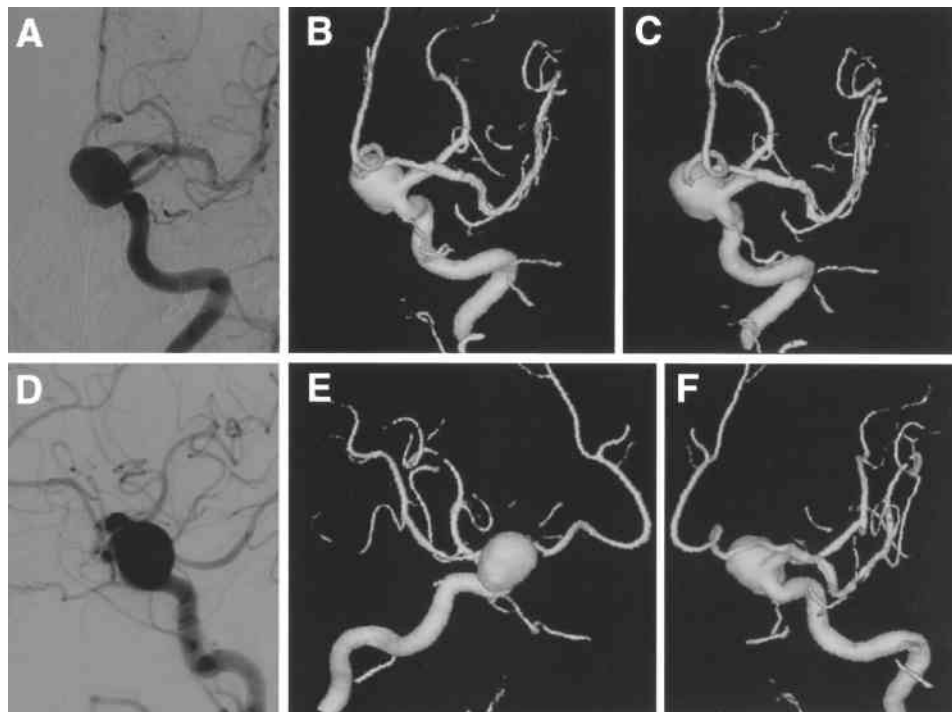


Fig. 1 Digital subtraction angiography (DSA) および 3D angiography (3D-A), 左内頸動脈瘤
 A : (DSA) 正面像, B, C : (3D-A) 正面像 (ステレオ),
 D : (DSA) 側面像 (左側面から),
 E : (3D-A) 側面像 (右側面から), F : 左前斜位像

られる装置である。我々脳神経外科医にとって容易に3次元画像を得られることは大きな福音であり、本装置の導入以来11月末までに35例の患者に対し、撮影を施行してきたため、その結果と解析を紹介する。

II 方法

通常の診断脳血管撮影に引き続き経動脈的に行う検査法である。

A 回転DSA

通常の診断用DSAとの併用である、東芝製デジタルフルオログラフィ Infix NBを使用するため、検査台を移動する必要はない。回転する軌道に検査台が当たらないように注意する。診断用カテーテルを目的の脳動脈に留置したまま、原液の造影剤を4ml/sec計20ml使用する。はじめにsubtraction用に造影剤なしで撮影した後に、造影剤を注入しながら再度撮影する。回転速度は40度/secで5.5秒間、計220度回転する。回転軌道は一定であり任意の回転方向の設定はできない。

B 経動脈的3D-CT angiography

回転DSAと同様、カテーテルを留置したまま、まず検査室の内部に設置された同社製 multi-slice CT scan (Asteion) に検査台を移動させる。スキャンする範囲を決めた後、スライス幅、ピッチを決めスキャンする。通常4倍希釈の造影剤を1.5ml/sec使用するが、総量はスキャンする範囲に依存する。現時点では0.5-8mm幅のスキャンが可能であり、一回転に要する時間は0.75秒である。4つのdetectorを有するため、高速撮影が可能であり放射線被曝量は通常のhelical CTに比べ、40%程度減少が可能である。

上記二つの検査法で得られた基画像は3D reconstruction stationで画像処理したのち、別の3D workstation (ALATOVIEV) に転送し画像処理を行う。転送から画像作成までの時間はroutine workの画像のみであれば、約15分である。特に詳しく見たい場合には追加時間を要するものの、この画像を参考にした血管内治療も可能な範囲と考えられる。得られた3次元モデルは任意の方向から観察可能であり、movie機

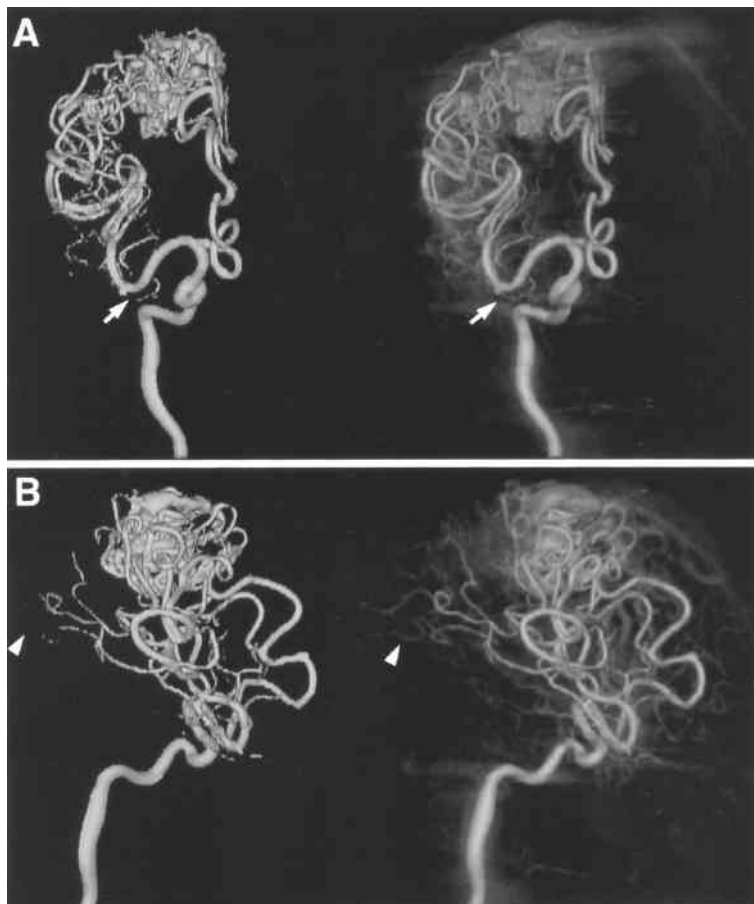


Fig. 2 3D angiography, 右頭頂部脳動静脈奇形

- A : 正面像 (左 surface rendering (SR), 右 volume rendering (VR)) 矢印部は SR では血管から離れてしまっているが, VR では確認できる。
- B : 側面像 (同上) 同様に矢印先端部での血管描出が VR の方が優れている。

能を有するため最小1度ずつ回転させて観察することで時間の分解能が増し, より明確に観察できる。立体画像の表現法である Rendering 法には Volume rendering (VR), Surface rendering (SR), Maximum intensity projection (MIP), Multiplanar reformation (MPR), Fly-through などがあり, その詳細は成書に譲るが, 各症例でうまく使い分けることが重要である。

III 臨床応用および考察

A 脳動脈瘤

動脈の3次元的な膨隆である脳動脈瘤は, 従来2次元画像を医師の経験に基づいて3次元として理解されてきたのに比べ, 明らかに理解しやすい。これらのシステムを使用することで脳動脈瘤診断率は従来の血管撮影およびMagnetic resonance angiography (MRA) に比べ上昇すると言われる²⁾。また動脈瘤は血管の分

岐部に発生することが多く, 小さいものでは血管の陰に隠れて見逃されることもまれにあったが, この検査法では検査後の画像操作のみで任意の角度から観察可能であり, その可能性も激減すると考えられる。回転DSAから得られる3D像は3D-CT像に比べ, 頭蓋骨など骨成分や海綿静脈洞などに隠れることなく観察でき, 有用である (Fig. 1)。なおFly-through modeを使用すると血管内から動脈瘤の形状の確認もできる。

B 脳動静脈奇形

複雑な構造をとるこの疾患では, 特に立体的な構造の把握がその治療に重要であり, 直達手術, 血管内塞栓術, γ ナイフそれぞれの組み合わせ方を, より戦略的に検討することが必須である。閾値を決め2値化するSRは一見すると見栄えはよいが, 小さい径の血管が複雑に配列しているAVM症例ではboxelの情報を生かしたVRの方がより詳細に検討できる (Fig. 2)。ただし, VRの方が情報量が多いため, 画像操作に時

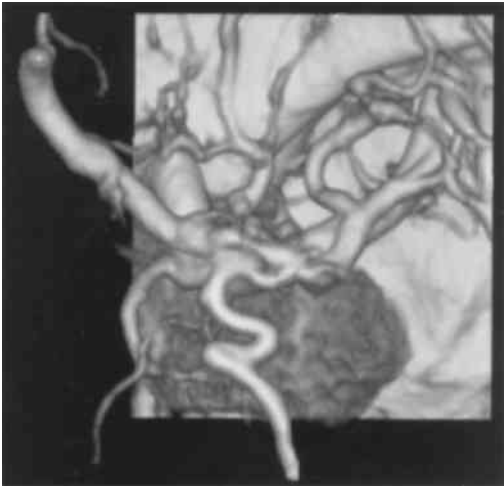


Fig. 3 経動脈的(右内頸動脈) 3D-CT (volume rendering), 下垂体腫瘍

右頭蓋底と脳血管および、腫瘍濃染が表示される。腫瘍の3次元の構造が把握できる。

間がかかる。

C 脳腫瘍

腫瘍内濃染が見られる腫瘍では、同様にVRにてその立体把握が可能になる (Fig. 3)。血流の情報が得られにくいことが、これらの撮影法での弱点であるが、今後更なる高速スキャンが可能になり multi-scan の detector の数も増加されると、改善されてくるであろう。0.5mm 四方の検出器で0.5mm 幅スキャンをすることにより x, y, z 軸方向に等しい立方体の等方性 boxel 化が可能になり, partial volume effect がなくなった。それにより任意断面画像診断も十分有用である。

D 虚血性脳血管障害

他の検査法でも同じことが言えるが、造影剤の流れている部分は血管内であり血管壁の情報は入っていない。しかし、MIP, VR, MPR 法を組み合わせることで血管壁内石灰化などの状態を把握することで対処できる。経静脈的な3D-CT との違いは造影剤注入—撮影間の時間設定が容易に行え、高速スキャンすることで静脈相が入り込みにくくできる点である。しかし、狭窄度の判定は閾値の設定による血管径の変化により一般に困難とされる。また、頭蓋内の病変は撮影時の動きが少ないが、頸部の血管に関しては呼吸、拍動の影響が大きい (Fig. 4)。しかし、3D-CT では心電同期を使用することで改善されることが見込まれる³⁴⁾。また、一定の寝台位置で4スライスの画像が得られる

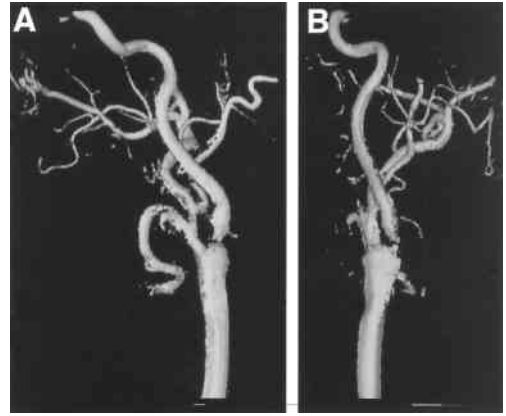


Fig. 4 3D angiography, 右内頸動脈狭窄, A:内側から, B:後方から

内頸動脈の狭窄が確認できるが、撮影中の motion artifact にて鮮明な画像が得られていない。

ことから、一度の造影剤注入でのmulti-slice dynamic CT としての脳血流評価も可能である³⁾。

IV 考 察

Multi-scan CT の出現により、広い範囲を速く細かく撮像できることで、画像の質の飛躍的な向上が得られるようになった⁶⁾。3次元像の取得の技術の開発で回転DSAからの3次元化も開発されたため、より正確な診断が可能になってきた。一方、問題点としては、まず検査時間が延長した点である。撮影時間そのものはいずれも数秒~30秒程度ではあるが、その準備に数分を要するためである。CT、回転DSAの両者を行うと約15分程度の延長を要する。また、造影剤の使用量が多くなるため、腎機能低下症例にはこれらの新しい検査を積極的には使用しない方が安全である。これらの新しい検査は今まで従来の診断脳血管撮影を全て行った上で追加検査として行ってきたが、必要最低限のDSAに回転DSAを加えることで造影剤の使用量低減が可能となりうる。しかし現時点ではまだ従来の血管撮影に比べるとその分解能は劣るため、完全にDSAに取って代わるまでには至っていない。また、放射線被曝の面からも通常の血管撮影に比べ少なからず増加する。これらの欠点を補えるだけの利点が見込める症例に限り使用するべきである。一方、我々検者側としては、優れた画像が得られる反面、膨大な情報を処理し全ての画像を見落とさなく判断することが困

難になる可能性がある。今後コンピューターによる補助的診断を利用することも考える必要があるかもしれない。

V おわりに

より速く、細かく、広い範囲を低侵襲で検査し画像化することも今後の課題として重要であるが、我々外科医としては MRI, CT などから得られた 3 次元画像

が統合され、手術のナビゲーションおよびシミュレーションとしての 3 次元モデルに進化するよう切望する。そのために、現在操作画面外で 3 次元モデル化する機器も存在するが⁷⁾、操作画面内で合成された 3 次元画像をマニピュレーターを使用することで触れて手を加えられる（例えば脳動脈瘤のクリッピングを行う）ような進化も興味深いところである。

文 献

- 1) Taguchi K, Aradate H: Algorithm for image reconstruction in multi-slice helical CT. Med Phys 25: 550-561, 1998
- 2) Ogura Y, Katada K, Sano H, Kato Y, Kanno T, Takeshita G, Koga S: The detectability of cerebral aneurysms using helical CT compared with conventional cerebral angiography. Neuroradiology 37: 574-576, 1995
- 3) Kachelriess M, Ulzheimer S, Kalender WA: ECG-correlated image reconstruction from subsecond multi-slice spiral CT scans of the heart. Med Phys 27: 1881-1902, 2000
- 4) Ohnesorge B, Flohr T, Schaller S, Klingenberg-Regn K, Becker C, Schopf UJ, Bruning R, Reiser MF: The technical bases and uses of multi-slice CT. Radiologie 39: 923-931, 1999
- 5) 片田和廣: マルチスライス CT の可能性. 映像情報 32: 29-35, 2000
- 6) 片田和廣, 小倉祐子, 野村雅代, 安野泰史, 竹下 元, 古賀佑彦: 中枢神経系の3D-CT angiography. 画像診断 20: 509-515, 2000
- 7) Aung SC, Tan BK, Foo CL, Lee ST: Selective laser sintering: application of a rapid prototyping method in craniomaxillofacial reconstructive surgery. Ann Acad Med Singapore 28: 739-743, 1999

(H 12. 11. 28 受稿; H 12. 12. 22 受理)