3D-CTA 術前診断による破裂脳動脈瘤手術

黒住 和彦, 小野田恵介, 土本 正治

Surgery for Ruptured Cerebral Aneurysm Using Three-dimensional Computed Tomographic Angiography

Kazuhiko KUROZUMI, M.D., Keisuke ONODA, M.D., and Shoji TSUCHIMOTO, M.D.

Department of Neurosurgery, Onomichi Municipal Hospital, Hiroshima, Japan

Summary: Recently, three-dimensional CT angiography (3D-CTA) is routine and useful examination before aneurysmal surgery, coupled with digital subtraction angiography (DSA). We believe 3D-CTA may show enough anatomical information for most ruptured aneurysmal surgeries. In this study, the surgery was performed using 3D-CTA without DSA.

Between May 1997 and December 1999, 67 patients of SAH (total 78 aneurysms: 64 ruptured aneurysms, 14 unruptured aneurysms) were explored by 3D-CTA. A helical acquisition was performed for computed tomographic scans obtained with a bolus injection of non-ionic contrast medium on Toshiba X vigor/Real. It took only 15 minutes to get the final 3D films in our system.

Examination by 3D-CTA showed 63 cases (94%) clearly developed aneurysms. Three cases were false positive. One of those aneurysms was suspected of being BA top AN. Another was IC-PC AN. The third was AcomA AN. But we could not find those aneurysms in the surgery. We diagnosed those cases as "Unknown SAH." One case was false negative. The aneurysm located on the distal PICA (1.5%) could not be detected because it was out of the image. In 98.4% of the patients, it was retrospectively though to be possible to perform safe operations with information from 3D-CTA. In 1 case 3D-CTA but not DSA detected MCA aneurysms. In the acute phase of subarachnoid hemorrhage, we could get the information quickly in the severe cases such as Grade IV or V. But 1 aneurysm of MCA reruptured during 3D-CTA due to lack of sedation.

3D-CTA was fast and a mostly safe examination. We concluded that it was possible to perform most ruptured aneurysmal surgeries successfully using 3D-CTA without DSA.

Key words:

- three-dimensional CT angiography
- ruptured aneurysm
- surgery
- non-invasive
- DSA

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 29: 53-58, 2001

はじめに

Three-Dimensional Computed Tomographic Angiography (3D-CTA) は volumetric data が得られる非侵襲的検査法であり, 脳血管を 3 次元的に評価することができる。特に急性期くも膜下出血, 脳内血腫の重症症例は緊急性を

要し, 3D-CTA にて短時間で多くの情報を得ることができ³⁾。

われわれは急性期破裂脳動脈瘤の術前検査として conventional angiography を行わず, 3D-CTA をルーチンに施行してきた。立体的な形態診断や手術シミュレーションに使用している実際の代表的な症例を提示し, 破裂脳動脈

尾道市立市民病院 脳神経外科 (受稿日 2000. 1. 13) [連絡先 (現籍): 〒700-8550 岡山市鹿田町 2-5-1 岡山大学医学部 脳神経外科 黒住和彦] [Mailing address: Kazuhiko KUROZUMI, M.D., Department of Neurological Surgery, Okayama University Medical School, 2-5-1 Shikata-cho, Okayama City, Okayama 700-8550, Japan]

Table 1 Summary of 67 cases of ruptured aneurysm explored by 3D-CTA

	Number of cases	Diagnosed by 3D-CTA	False positive	False negative	Preoperative examination	
					Only 3D-CTA	3D-CTA+DSA
IC (C3)	1	1	0	0	1	0
IC-Ophthalmic	1	1	0	0	1	0
IC-PC	17	16	1 <2mm>	0	16	1
IC-anch.	3	3	0	0	3	0
IC terminal	2	2	0	0	2	0
MCA	15	15	0	0	13	2
A com A	19	18	1 <2mm> "Case 4"	0	18	1
Distal ACA	3	3	0	0	3	0
BA-top	1	0	1 <1.5mm>	0	1	0
VA-PICA	4	4	0	0	2	2
Distal PICA	1	0	0	1 <5mm> "Case 5"	0	1
Total	67 (100%)	63 (94%)	3 (4.5%)	1 (1.5%)	60 (89.6%)	7 (10.4%)

AcomA; anterior communicating artery, BA; basilar artery, MCA; middle cerebral artery, IC; internal carotid artery, IC-PC; internal carotid-posterior communicating artery, anch; anterior choroidal artery, VA; vertebral artery, PICA; posterior inferior cerebellar artery

< > size of aneurysms

瘤患者が急性期に収容される第一線の救急病院での3D-CTAの有用性について検討した。

対象および方法

1997年5月-1999年12月の2年8カ月間にくも膜下出血にて発症し、術前に3D-CTAを行い手術した連続67症例(脳動脈瘤総数78個中、破裂脳動脈瘤数64個、合併未破裂脳動脈瘤数14個)を対象とした。検討症例67例は、男性27例、女性40例であった。年齢39-85歳(平均62.7歳)。30-40歳未満2例、40-50歳未満10例、50-60歳未満17例、60-70歳未満15例、70-80歳未満10例、80歳以上13例であった。

撮影機種は、東芝製 Xvigor/Real、撮影条件は管電流200-250 mA、管電圧120 KV。撮影範囲を設定後、非イオン性ヨード造影剤を自動注入器で25 ml/secの速度で肘静脈より静注し、delay time 20-25 sec、スライス厚を1 mm、テーブル速度を1 mm/sec、スキャン時間を1秒で50-60秒間撮影を行った。得られたvolume dataより、1 mm間隔の水平断原画像と、本体のリアルレンダーを使用し、Volume Rendering法にて3次元立体画像を作成した。

撮影にさいし、Hunt & Kosnik(H & K) Grade III以下のほぼ全例に対してペンタゾシン(15-30 mg)、ヒドロキシジン(25-50 mg)、ジアゼパム(5-10 mg)を静注し、鎮静、鎮痛を図り、血圧の上昇を防ぎ、検査中の体動の抑制、脳動脈瘤再破裂の予防を行った。

結 果

検査時間約15分間、画像作成時間約15分間であった。

全例撮影範囲の良好なvolume dataが得られた。

検査時、11例の撮影中血圧を測定したが、血圧の変動は少なく、有意な上昇を認めなかった。

67例中、64例に破裂脳動脈瘤が存在した(64個)。67症例中false positiveは3症例あり(4.5%)(Table 1)、それぞれ3D-CTAにて脳底動脈瘤、内頸動脈後交通動脈分岐部動脈瘤、前交通動脈動脈瘤と診断し開頭手術したが、術中脳動脈瘤が存在せず、術後、血管造影においても診断できず、unknown SAHとされた。false negativeは1症例(1.5%)、後下小脳動脈末梢部動脈瘤のみが撮像範囲外にあり、診断不可能であった(Table 1)。

63症例(94%)が3D-CTAにて明瞭に描出され、破裂脳動脈瘤を術中確認しえた。3D-CTAにて描出された破裂脳動脈瘤63症例の発生部位は内頸動脈瘤(C3 portion)1例、内頸動脈眼動脈分岐部動脈瘤1例、内頸動脈後大脳動脈分岐部動脈瘤16例、内頸動脈前脈絡叢動脈分岐部動脈瘤3例、内頸動脈分岐部動脈瘤2例、中大脳動脈動脈瘤15例、前交通動脈動脈瘤18例、前大脳動脈末梢部動脈瘤3例、椎骨動脈後下小脳動脈分岐部動脈瘤4例であった(Table 1)。

67症例中7例(10.4%)については、脳血管撮影を併用して、開頭術を行ったが、60例(89.6%)については3D-CTAのみで手術に臨んだ(Table 1)。

破裂動脈瘤に合併した未破裂脳動脈瘤は3D-CTAにて14個発見され手術しえた。2個以上の多発脳動脈瘤症例は13症例(19.4%)であった。3D-CTAにて診断可能であった動脈瘤の大きさは直径が1.0から27 mm(平均7.2 mm)であった。脳動脈瘤に対して左右いずれの方向からのアプロ

Fig. 1 In one scanning the aneurysmal neck could be visualized from multi-angle.

Fig. 2 **A:** One aneurysm was detected by DSA (arrow). **B:** Two aneurysms could be detected by 3D-CTA clearly (arrows).

一チが最適か、また、どのクリップをどの方向からapplyすべきかなど、手術シミュレーションの応用が可能であった。くも膜下出血時、Grade IVの症例が9例、Grade Vの症例が6例あったが、gradeの高い症例において、全例脳動脈瘤が描出され、緊急手術が必要な症例に対し、迅速に術前診断ができた。

検査施行中合併症として、中大脳動脈瘤の1症例が再破裂した(15%)。

以下に代表的な症例を提示する。

〈症例1〉前交通動脈動脈瘤。

64歳女性、意識障害を主訴に当科入院した。CTにて脳底槽、シルビウス裂にくも膜下出血を認めた。3D-CTAに

て、前交通動脈動脈瘤と診断され、手術を施行した。1度の撮像であらゆる方向からの像が得られ、A2の開き、AcomA ANの向きを把握することができ、手術のシミュレーションに役立った(**Fig. 1**)。

〈症例2〉中大脳動脈動脈瘤。

52歳女性、意識障害を主訴に当科入院した。CTにて右シルビウス裂に強いくも膜下出血を認め、右中大脳動脈動脈瘤を疑い、まず3D-CTAを施行した。右M1先端部に上方やや外側向きの動脈瘤を認め、その下方に、下向きの約2mm大の動脈瘤を認めた。3D-CTA導入当初であったため、脳血管撮影も併用した。脳血管撮影では、M2との重なりのため、A-P, Lateral, RAO, LAOと撮影方向を変

Fig. 3 This patient was admitted for SAH of Grade V. In the acute phase of SAH, the VA-PICA aneurysm was revealed (arrow).

Fig. 4 Unknown SAH: We suspected there was AcomA aneurysm by the 3D-CTA (arrow).

Fig. 5 **A:** 3D-CTA could not detect cerebral any aneurysms. **B:** DSA could detect left distal PICA aneurysm (arrow).

えても 3D-CTA ほど明瞭に動脈瘤は描出されず、特に下向きの小動脈瘤は診断が困難であった (Fig. 2)。

〈症例 3〉椎骨動脈後下小脳動脈分岐部動脈瘤。

61歳男性、意識障害を主訴に当科来院した。来院時、自発呼吸停止、H & K grade V であった。CT にて脳底槽、シルビウス裂に強いくも膜下出血を認め、水頭症を合併していた。人工呼吸器を装着したまま、3D-CTA を施行したところ、右 VA-PICA に脳動脈瘤を認め、3D-CTA 後すぐに緊急手術を施行した (Fig. 3)。

〈症例 4〉Unknown SAH。

84歳女性、意識障害を主訴に当科来院した。脳底槽、シルビウス裂にくも膜下出血が存在し、脳室内に穿破していた。3D-CTA を施行し、AcomA AN と診断。手術施行

したが動脈瘤は存在せず、血管起始部であった。術後血管造影も施行したが明らかな動脈瘤はみつからず、unknown SAH と診断された (Fig. 4)。

〈症例 5〉後下小脳動脈末梢部動脈瘤。

60歳男性、突然の頭痛を主訴に当科へ入院した。CT にて後頭蓋窩に強いくも膜下出血を認め、3D-CTA を施行したが、動脈瘤は認められなかった。脳血管撮影を施行したところ、左後下小脳動脈末梢部に脳動脈瘤が存在し、大後頭孔より下に位置していた。本脳動脈瘤が 3D-CTA 上、描出されなかったのは、撮影範囲が、十分でなかったためと推察された (Fig. 5)。

〈症例 6〉中大脳動脈動脈瘤。

82歳男性、右片麻痺を主訴に当科来院した。CT にてシ

Fig. 6 **A:** CT scan showed a large right perisylvian intracerebral hematoma. **B:** 3D-CTA showed right MCA aneurysm (arrow). 3D-CTA detected extravasation from right MCA aneurysm (arrowhead).

ルビウス裂に血腫を認め、脳底槽にくも膜下出血が存在した。検査前にペンタゾシン15 mg、ヒドロキシジン25 mgを静注し、鎮静、検査中の体動の抑制、脳動脈瘤再破裂の予防を行った。3D-CTAにて、右中大脳動脈動脈瘤が確認されたが、途中 extravasation を認め、3D-CTA 施行中の再破裂が推察された (Fig. 6)。

考 察

脳血管障害の診断と治療において、脳血管の画像化は必須の検査である。近年、MR angiography (MRA) などの導入により、脳血管の描出は大幅に容易となったが、市中病院においては、撮像時間、motion artifact、など緊急に施行するにはまだ難しい検査である。さらに巨大動脈瘤では動脈瘤内の流速が遅く、乱流が生じているため MRA では描出されないことがある。手術を目的とした検査法としては、迅速に生体の volume data を取得できる 3D-CTA は、血管系の 3次元画像を得ることができ、注目を集めている^{1) 2) 4) 6) 8)}。通常の脳血管撮影では検査時間が少なくとも 30 分以上かかるが、3D-CTA は検査時間約 15 分間、画像作成時間約 15 分で検査結果が出るため、迅速に脳動脈瘤の部位診断が可能である¹⁰⁾。さらにわれわれの施設では 70 歳以上の症例は 23 例 (34.3%) と多く、高齢者の場合血管撮影が困難ことがあり、3D-CTA は有効で低侵襲な検査であった。

脳血管撮影ではあらゆる観察角度を得るために撮影方向

をさまざまに変えて検査する必要があるが、3D-CTA は、一度の撮影で自由な観察角度が得られる。得られた画像は、3次元画像作製の際に閾値を変更したり、周囲組織の削除を行ったり、種々の角度から観察したりと、若干経験を要するが、症例 1 のごとく AcomA AN について A2 の開き、動脈瘤の向きを把握することができ、手術のシミュレーションに役立つ。当施設の 3D-CTA (X vigor) は 50-60 mm の幅で helical scan を行うことができるため、Willis 輪はもちろんのこと VA-PICA から distal ACA までの動脈瘤の診断に応用することができる⁹⁾。ただ、後下小脳動脈末梢部動脈瘤は 3D-CTA 上、動脈瘤が描出されなかったが、発症時の CT 所見を参考にし、後頭蓋窩にくも膜下出血が強い場合には撮影範囲を尾側に拡大する必要があった。多発脳動脈瘤は 3D-CTA にてすべて診断可能であったが破裂、未破裂の鑑別は血管造影と同様に入院時の CT 上の SAH 分布をもとに判断し、術中これを確認した。

導入当初の数例は 3D-CTA のみでは術前診断としては不十分と判断し、脳血管撮影を併用して、開頭術を行っていた。そのため 3D-CTA のみで手術したのは 67 症例中 60 例 (89.6%) であるが、retrospective にみると、unknown SAH を除いた 64 症例中、3D-CTA にて描出されなかった後下小脳動脈末梢部動脈瘤 1 症例以外の 63 症例 (98.4%) において 3D-CTA のみで手術可能であったと考えられる。Le Roux ら⁵⁾ は脳内血腫を伴うくも膜下出血に対して CAG なしに術前造影増強 CT で動脈瘤の確認を行い、緊

急手術している。3D-CTAは動脈瘤をクリッピングするための血管解剖について造影CTよりさらに多くの情報が得られ、脳内出血を伴う緊急の場合で特に有用なものと思われる²⁾。ただ、血行動態の掌握は、現在のところ3D-CTAでは困難である。そこでわれわれの施設では、clipのかかり具合、動脈瘤近傍血管のpatency、血行動態を確認するためには症例によっては術中または術後に血管造影を施行することになっている。術前の血管造影検査よりは侵襲は少ない。

静脈や穿通枝についてはしばしば問題になる⁷⁾。3D-CTAのrow dataからsylvian veinなどの静脈の形態を知ることができる。しかし、静脈灌流を知るには脳血管撮影が必要となるが、われわれは静脈は切除しないことを原則に手術している⁷⁾。穿通枝に関しては術中に確認することになっている。

症例4は血管起始部を動脈瘤と診断したが、症例4以外のfalse positiveの症例も同じようにvascular branchを動脈瘤と診断した。また、3D-CTA上3例とも動脈瘤と考えられたものの大きさは2 mm以下であった。今回3D-CTAにて診断可能であった動脈瘤の大きさは直径が1-27 mmであり、3D-CTAでは径1-2 mmの脳動脈瘤さえも検出することが可能であるといわれている^{2) 4) 6) 8)}が、微小動脈瘤に関しての診断は慎重であらなければならず、さらに症例を重ねていく必要がある。

造影剤の皮下への露出、装置のトラブルによる画像情報の消滅、体動による画像のぶれがあった場合、多量の造影剤を一度に使用するため、直後に再検査ができない。その時は少量の造影剤にて血管造影を施行するしかない。検査施行中の再破裂に関しては、通常、3D-CTA施行中は血圧の変動も少なく、再破裂の可能性は低い。ただ、症例6に関してはペンタゾシン、ヒドロキシジンの投与量が若干少なく、さらにジアゼパムの投与もなかったため再破裂したと推察されたが、個体差、検査前の全身状態などを考慮したうえで、sedationのための投与量、方法について考えなければならない。血管造影と同様に3D-CTA検査においても十分な再破裂予防が必要とされる。

結 語

1. 通常の破裂脳動脈瘤手術に対し術前3D-CTAのみで手術は可能であった。
2. 高齢者やH & K grade IV, Vの症例に対し、迅速に術前診断ができた。
3. 撮影に際し検査中の体動の抑制、脳動脈瘤再破裂の予防を行う必要がある。

文 献

- 1) Alberico RA, Patel M, Casey A, *et al*: Evaluation of the circle of Willis with three-dimensional CT angiography in patients with suspected intracranial aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* **16**: 1571-1578, 1995
- 2) Hsiang JNK, Liang EY, Lam JMK, *et al*: The role of computed tomographic angiography in the diagnosis of intracranial aneurysms and emergent aneurysm clipping. *Neurosurgery* **38**: 481-487, 1996
- 3) 菊地 顕次, 須田 良孝, 平野 仁崇, ほか: 破裂脳動脈瘤急性期症例における3D-CT angiographyの臨床的意義. *CI 研究* **19**: 327-335, 1997
- 4) 黒川 泰任, 石黒 雅敬, 稲垣 徹, ほか: 脳動脈瘤手術のための検査としてのthree-dimensional computed tomographic angiographyの落とし穴. *脳と神経* **48**: 1127-1132, 1996
- 5) Le Roux PD, Dailey AT, Newell DW, *et al*: Emergent aneurysm clipping without angiography in the moribund patient with intracranial hemorrhage: the use of infusion computed tomography scans. *Neurosurgery* **33**: 189-197, 1993
- 6) Ogawa T, Okudera T, Noguchi K, *et al*: Cerebral aneurysms evaluation with three-dimensional CT angiography. *Ajnr Am J Neuroradiol* **17**: 447-454, 1996
- 7) 奥山 徹, 斎藤 考次, 平野 亮, ほか: 脳動脈瘤手術におけるMRA, 3D-CTAの発達と脳血管撮影の適応の変化. *脳神経外科* **26**: 607-612, 1998
- 8) 田邊 純嘉, 大滝 雅文, 上出 廷治, ほか: Three-dimensional CT angiography(3D-CTA)による破裂・未破裂脳動脈瘤の診断. *脳神経外科* **23**: 787-795, 1995
- 9) 渡辺 洋一, 遠藤 雄司, 仲野 雅幸, ほか: 破裂脳動脈瘤に対するthree-dimensional CT angiography(3D-CTA). *CI 研究* **19**: 337-344, 1997
- 10) Zouaoui A, Sahel M, Marro B, *et al*: Three-dimensional computed tomographic angiography in detection of cerebral aneurysms in acute subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* **41**: 125-130, 1997