

原 著

## Hunt & Kosnik 分類 grade 1-3 のくも膜下出血が 頭部 CT-angiography の脳血管 CT 値に与える影響

岡山赤十字病院 中央放射線部<sup>1)</sup>, 放射線科<sup>2)</sup>

都能 和俊<sup>1)</sup>, 山中 良太<sup>1)</sup>, 太田 翔也<sup>1)</sup>, 橋本幸太郎<sup>1)</sup>,  
森下 哲理<sup>1)</sup>, 橋村 伸二<sup>2)</sup>

(令和4年8月12日受稿)

### 要 旨

目 的 : くも膜下出血 (subarachnoid hemorrhage : SAH) に対して頭部 CT-angiography (CTA) は有用であるが, 良好な画質を得るためには脳血管 CT 値が重要である. 頭部 CTA において Hunt & Kosnik (H & K) 分類 grade 1-3 の SAH が脳血管 CT 値に及ぼす影響を検証した.

方 法 : 対象は2016年4月1日から2018年3月31日の間に SAH を発症し, 頭部 CTA を撮影した16症例および2017年6月1日から2018年3月31日の間に脳動脈瘤 (未破裂) 疑いで頭部 CTA を撮影した27症例とした. 通常時と SAH 発症時の頭部 CTA について左右中大脳動脈 (middle cerebral artery : MCA), 椎骨脳底動脈 (vertebrobasilar artery : VBA) の CT 値を測定し, 比較を行った.

結 果 : MCA と VBA の平均 CT 値は通常時,  $666.9 \pm 77.2$  Hounsfield Unit (HU), SAH 発症時,  $555.0 \pm 64.5$  HU であった. 通常時と比較して SAH 発症時は MCA と VBA の平均 CT 値が有意に低下した.

結 論 : SAH を発症すると H & K 分類 grade 1-3 のような重症でない症例であっても脳血管 CT 値が低下する. 頭部 CTA の画質の劣化を防ぐためには, 通常時よりも画質を向上させる工夫が必要である.

**Key words :** Cerebral vessel CTA, Cerebral aneurysm, 80kV scan, 3DCT

### 緒 言

近年, multi detector-row computed tomography (MDCT) の性能向上とともに頭部 CT-angiography (CTA) による脳動脈瘤の診断能は digital subtraction angiography (DSA) とほぼ同等とされ<sup>1)</sup>, DSA を行わずに頭部 CTA のみで手術を行う施設が一般的になりつつある<sup>2)</sup>. 頭部 CTA は脳動脈瘤の80~90%を診断でき, 2 mm以下の小さな動脈瘤の検出に問題があるものの, 任意の方向から脳動脈瘤の観察が可能であるため, 形態評価のみならず術前シミュレーションや患者説明など用途は広く, 有用な検査である<sup>1)2)</sup>. CTA は DSA に比べ, 空間分解能, 血行動態評価の面では若干劣るが, 低侵襲であり迅速性に優れる<sup>1)2)</sup>. また, 近

年ではくも膜下出血 (subarachnoid hemorrhage : SAH) に対する血管内治療の良好な成績が提示されている<sup>3)4)</sup> ため, 頭部 CTA により脳動脈瘤が診断されれば, 脳動脈瘤の形状, 隣接血管の評価とともに外科的手術または血管内治療のどちらを行うか選択が可能となる<sup>5)</sup>.

頭部 CTA は造影剤を静脈より急速注入しながら撮影を行うが, 良好な画質を得るためには脳血管 CT 値が重要である. SAH の重症度が高い場合は頭蓋内圧亢進症, さらに心機能の低下のために十分な脳血管 CT 値が得られない場合がある<sup>2)</sup>. しかしながら, SAH の重症度が低い場合の脳血管 CT 値についての報告はみられない. SAH を発症した場合, 重症度が低くとも迅速な治療を行うことが推奨される<sup>1)</sup> ため, 頭部 CTA の画質を左右

する脳血管 CT 値に及ぼす影響を明らかにすることは重要である。

本研究の目的は SAH 発症時、特に重症度が低い場合の頭部 CTA において脳血管 CT 値に及ぼす影響を明らかにすることである。

## 対象と方法

### 1. 使用機器

すべての撮影において CT 装置は Aquilion64CX (キヤノンメディカルシステムズ)、造影剤自動注入器は Dual Shot GX (根本杏林堂)、医療用ワークステーションは SYNAPSE VINCENT (富士フイルムメディカル) を使用した。すべての統計解析には EZR<sup>6)</sup> を使用した。

### 2. ファントムによる評価

当院での通常時と SAH 発症時の頭部 CTA の撮影条件を表 1 に示す。当院では SAH 発症時の頭部 CTA は脳血管 CT 値を確保するために低管電圧撮影を行っている。低管電圧撮影を行うこと

表 1 頭部 CTA の撮影条件

	通常時	SAH 発症時
管電圧 (kV)	100	80
管電流 (mA)	360	450
管球回転速度 (sec)	0.5	0.75
ビームピッチ		0.641
撮影スライス厚 (mm)		0.5
再構成スライス厚 (mm)		0.5
再構成スライス間隔 (mm)		0.25
再構成関数	FC43 (頭部 CTA 用)	

FC: filter convolution

でヨードの CT 値が上昇するため、CTA には有用であるとされている<sup>7)8)</sup> が、このままでは通常時の CT 値と比較することができない。希釈したヨード造影剤を封入した自作ファントムを用いて、通常時と SAH 発症時の条件で撮影を行った。自作ファントムの概要を図 1 に示す。希釈したヨード造影剤の CT 値を測定し、通常時 (100kV) の CT 値を SAH 発症時 (80kV) の値に変換する回帰式を算出した。

### 3. 臨床画像による評価

2016年4月1日から2018年3月31日の間に SAH を発症し、脳動脈瘤検出目的で緊急頭部 CTA を撮影した16症例を対象とした。SAH の重症度は当院の脳神経外科医師が Hunt & Kosnik (H & K) 分類<sup>1)</sup> を用いて臨床的に診断した。対象期間に H & K 分類で比較的重症例の grade 4 および最重症例の grade 5、撮影時に体重が不明であった症例は除外した。男性9名、女性7名であり平均年齢は  $65.2 \pm 10.1$  歳、重症度は grade 1 が2例、grade 2 が6例、grade 3 が8例であった。また、通常時の頭部 CTA として2017年6月1日から2018年3月31日の間に脳動脈瘤疑いで頭部 CTA を撮影し、実際に脳動脈瘤ありと診断された27症例を対象とし、grade 0 (未破裂) と分類した。男性10名、女性17名であり平均年齢は、 $65.5 \pm 14.6$  歳であった。造影剤注入条件は体重 1 kg あたり 375mgI とし、15秒間で注入した後、生理食塩水を造影剤と同じ注入速度で40mL 注入した。造影剤注入から第 1・2 頸椎椎間板レベルで CT 透視を用いて造影剤のモニタリングを行い、造影剤が到達したのを目視で確認後、4秒後に撮影を

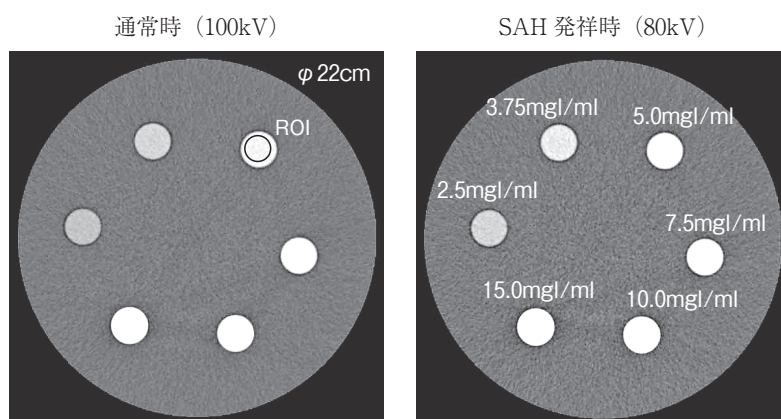


図 1 自作ファントムの概要

- ・濃度の異なるヨード造影剤を封入したファントムを撮影した。
- ・すべてのヨード造影剤に region of interest (ROI) を設定し、CT 値を測定した。

開始した. 通常時と SAH 発症時の頭部 CTA についてそれぞれ左右中大脳動脈 (middle cerebral artery : MCA) 水平部, 椎骨脳底動脈 (vertebrobasilar artery : VBA) 先端部の平均 CT 値を測定した. 測定の例を図 2 に示す. 通常時 (100kV) の CT 値を SAH 発症時 (80kV) の値に変換したのち, Shapiro-Wilk 検定, F 検定を行い, Student-t 検定を用いて有意差検定を行った. なお, 有意水準は 5% とした.

## 結 果

### 1. ファントムにおけるヨード造影剤濃度と CT

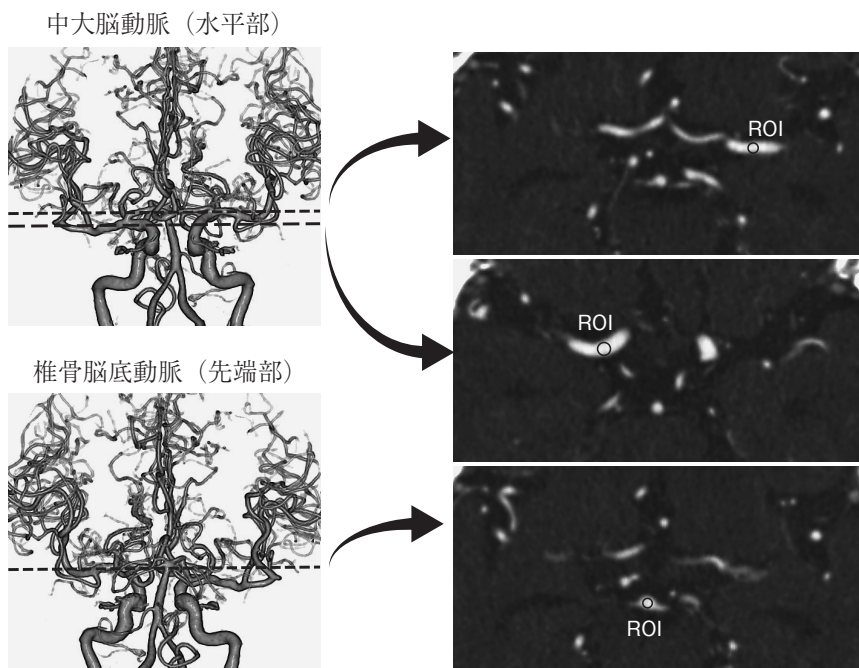


図 2 臨床画像における CT 値の測定方法  
・血管内に ROI を設定し, CT 値を測定した.

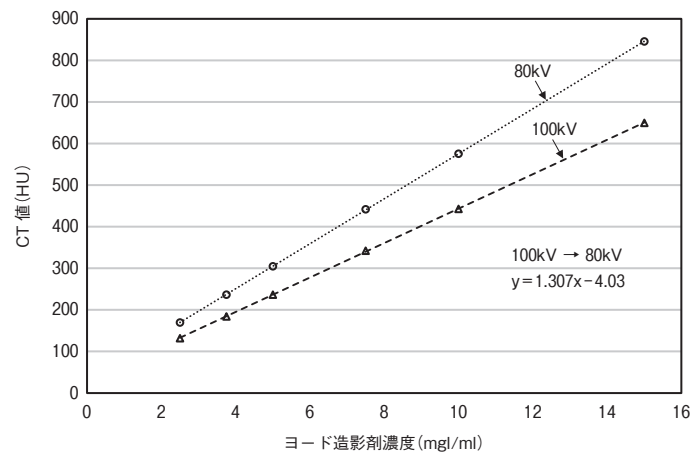


図 3 各ヨード造影剤濃度に対する CT 値  
・通常時 (100kV) の CT 値を SAH 発症時 (80kV) の値に変換する回帰式は  $y = 1.307x - 4.03$  であった.

### 値の関係

ファントム撮影における各ヨード造影剤濃度に対する CT 値を図 3 に示す. 管電圧を下げることによりヨード造影剤の CT 値は上昇した. 通常時 (100kV) の CT 値を SAH 発症時 (80kV) の値に変換する回帰式は  $y = 1.307x - 4.03$  であった.

### 2. 臨床画像における CT 値

臨床画像における CT 値の比較を図 4 に示す. MCA と VBA の平均 CT 値は通常時 (変換後) は  $666.9 \pm 77.2$  Hounsfield Unit (HU), SAH 発症時は  $555.0 \pm 64.5$  HU であった. 通常時と比較して SAH 発症時は MCA と VBA の平均 CT 値が有

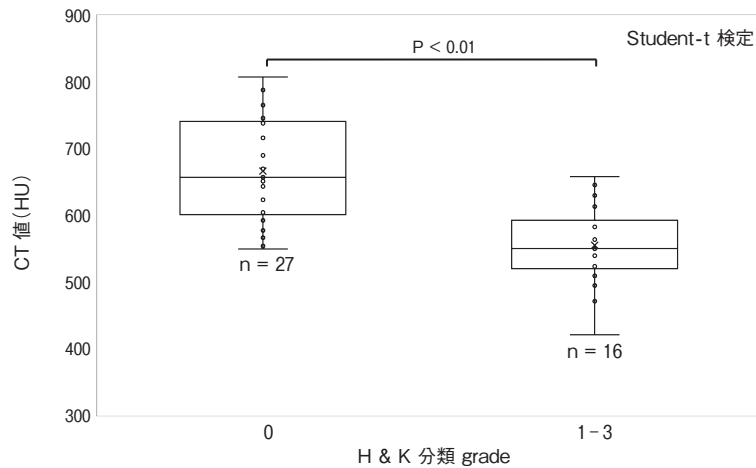


図4 臨床画像におけるCT値の比較  
・通常時と比較してSAH発症時はCT値が有意に低下した。

意に低下した。

## 症 例

70代男性。主訴は激しい頭痛，意識は清明。H & K 分類 grade 2。頭部CTAにて前大脳動脈瘤が認められたため，コイリング施行となった。術後8日目にフォローアップとして頭部CTAを施行した。フォローアップの頭部CTAは通常時の条件を使用した。MCAとVBAの平均CT値はSAH発症時539.3HU，フォローアップ時(変換後)640.7HUであった(図5)。

## 考 察

SAHは診断の遅れが転帰悪化につながるため，迅速で的確な診断が必要である<sup>1)</sup>。SAHの原因疾患は脳動脈瘤の破裂が最も多く<sup>1)</sup>，頭部CTAは脳動脈瘤の検出に有用であるため，広く利用されている<sup>2)</sup>が，脳血管CT値が低い場合は正確な診断を行うための画質を得ることができない。坂本<sup>9)</sup>の報告によると，3mmの動脈瘤を対象とした視覚評価でCT値が300HU以下になると血管の形状が悪くなるとされ，穿通枝をvolume rendering (VR)で表示する場合はMCAのCT値が400HU程度は必要であるとされている。SAHを発症すると，頭蓋内圧が上昇し，その頭蓋内圧はSAHの重症度と相関する<sup>10)</sup>。特にH & K分類のgrade 4やgrade 5のようなSAHの重症度が高い場合は本研究で行ったような総頸動脈で造影剤のモニタリングを行って撮影を開始しても，脳動脈血管描出には不十分なことがあり，これらを回避するた

めに内頸動脈終末部でのモニタリング位置で造影剤の到達を確認してから撮影を開始すると再現性の高い検査を施行できる，と救急撮影ガイドラインに明記されている<sup>2)</sup>。しかしながらgrade 1-3のような重症でない症例であっても通常時と比較すると，80kVの値に変換したCT値では平均値で111.9HU，症例においては101.4HU低下した。症例で比較した頭部CTAは通常時ではなく，治療後であるためgrade 0とは異なることには注意が必要であるが，少なくともSAH発症直後の脳血管CT値は低下することが示された。grade 1-3のような重症でない症例であっても頭蓋内圧は上昇し<sup>10)</sup>，そのため脳血管CT値が低下したと思われる。これら脳血管CT値の低下による画質の劣化を防ぐためには，撮影条件に工夫が必要であり，造影剤の注入量または撮影線量の増加も考慮する必要があると考える。また，当院で行っている低管電圧撮影は被ばくと画質の観点からは有用であるとされている<sup>8)</sup>。近年では，deep learningを用いた先進的な再構成技術が搭載された機器も普及しつつあるため，これらの機器を所有している施設であれば積極的に使用すべきであると考えられる。

本研究はH & K分類 grade 1-3と通常時であるgrade 0の脳血管CT値の比較を行った。本研究で対象としたSAHは重症でないといわれる症例であるが，その中でも重症度の異なる症例が混在している。また，動脈瘤発生の場所の違いによる詳細な比較検討は行っていないため，今後はSAHを発症した症例の中でも比較を行い，より良い撮影条件の構築を目指す必要があると考える。

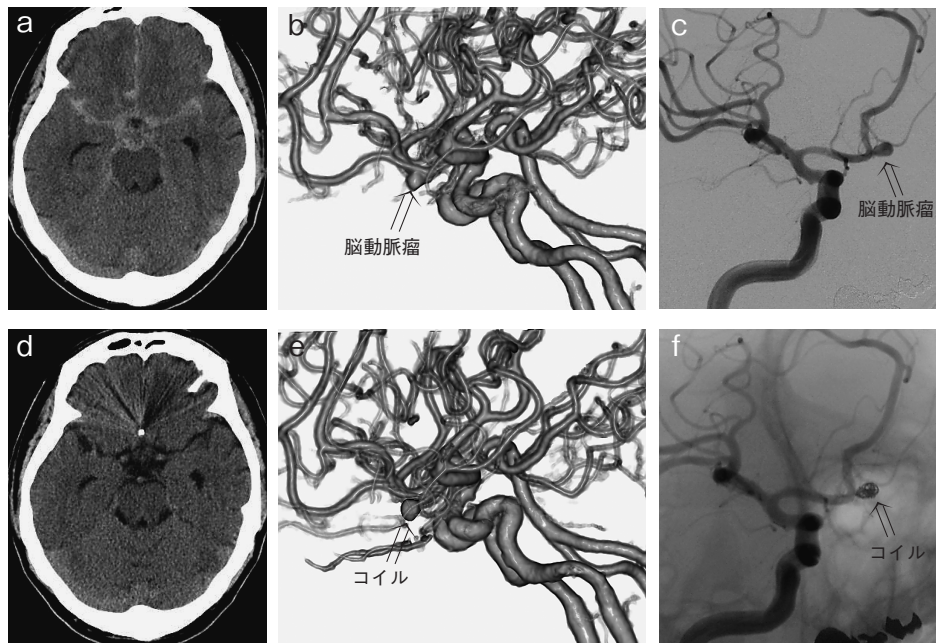


図5 臨床画像提示 (H & K 分類 grade 2)

a: 初診時の頭部 CT (単純). b: 初診時の頭部 CTA. c: 血管造影, コイリング前.  
d: フォローアップ時の頭部 CT (単純). フォローアップ時の頭部 CTA. f: 血管造影, コイリング後

## 結 論

SAHを発症すると H & K 分類 grade 1-3 のような重症でない症例であっても脳血管 CT 値が低下する。頭部 CTA の画質の劣化を防ぐためには、通常時よりも造影剤の注入量または撮影線量の増加、低管電圧撮影の使用など撮影条件に工夫が必要である。

本論文内容に関連する著者の利益相反：なし

## 文 献

- 1) 日本脳卒中学会 脳卒中ガイドライン委員会：脳卒中治療ガイドライン2015. 181-208, 株式会社協和企画, 東京, 2015.
- 2) 日本救急撮影技師認定機構：改訂第2版 救急撮影ガイドライン 救急撮影認定技師標準テキスト. 27-50, へるす出版, 東京, 2016.
- 3) Molyneux AJ, Kerr RS, et al: International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised trial. *Lancet* **360** (9342): 1267-1274, 2002.
- 4) Molyneux AJ, Kerr RS, et al: International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion. *Lancet* **366** (9488): 809-817, 2005.
- 5) 土井健人, 蔵本要二, 他: CT Angiography による破裂脳動脈瘤診断の有用性と問題点. *脳卒中の外科* **35**(4): 289-296, 2007.
- 6) Kanda Y: Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZ' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant.* **48**(3): 452-458, 2013.
- 7) 日本 CT 技術学会: JSCT テクニカルガイドライン 臨床編 IX-6. [アクセスした日 2022. 7. 29] <https://www.jsct-tech.org/members/guideline.html>
- 8) 都能和俊, 山中良太: くも膜下出血発症時の頭部 CT-angiography 撮影における低管電圧撮影の有用性. *日本臨床救急医学会雑誌* **21**(5): 672-679, 2018.
- 9) 坂本 崇: 頭部3D-CT angiography における撮影法. *アールティ* **44**: 42-53, 2009.
- 10) Gregory GH, Michelle JS, et al: Relationship between intracranial pressure and other clinical

<Abstract>

**Effect of Hunt & Kosnik grade 1-3 of subarachnoid hemorrhage on  
cerebrovascular CT values in head CT-angiography**

Kazutoshi Tsuno<sup>1)</sup>, Ryota Yamanaka<sup>1)</sup>, Shoya Ota<sup>1)</sup>, Kotaro Hashimoto<sup>1)</sup>,  
Tetsuri Morishita<sup>1)</sup> and Shinji Hashimura<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Central Radiology,

<sup>2)</sup>Department of Radiology, Japanese Red Cross Okayama Hospital

**Purpose :** Head computed tomography-angiography (CTA) is useful for the diagnosis of subarachnoid hemorrhage (SAH), but it is important to have high CT values of cerebral vessels to obtain good image quality. We examined the effect of Hunt & Kosnik grade 1-3 of SAH on CT values of cerebral vessels in head CTA.

**Methods :** The subjects were 16 patients who developed SAH (SAH-onset group) and underwent head CTA between April 1, 2016 and March 31, 2018, and 27 patients who had a suspected (unruptured) cerebral aneurysm (normal group) and underwent head CTA between June 1, 2017 and March 31, 2018. CT values of the left and right middle cerebral arteries (MCA) and vertebrobasilar artery

(VBA) were measured and compared between the normal and SAH-onset groups.

**Results :** The mean ( $\pm$  standard deviation) CT value of the MCA and VBA was  $666.9 \pm 77.2$  Hounsfield Unit (HU) in the normal group and  $555.0 \pm 64.5$  HU in the SAH-onset group ( $p < 0.05$ ). The mean CT value of MCA and VBA was significantly lower at the onset of SAH compared to the normal condition.

**Conclusions :** At the onset of SAH, CT values of cerebral blood vessels were decreased even in less severe SAH cases such as Hunt & Kosnik grade 1-3. To prevent deterioration of image quality of head CTA, it is necessary to improve the image quality of head CTA in SAH patients.