主訴に沿う画像診断の目「血管壁を意識した脳血管障害の画像診断」

# 戌亥 章平1) 山本 麻子2) 櫻井 圭太3)\*

要旨:近年,頭痛を呈する代表的な疾患の一つである脳動脈解離の画像診断は非侵襲的かつコントラスト分解 能の高い MRI が主流になりつつある.しかしながら,脳動脈解離の本態である動脈壁の異常を評価するには血流 のアーチファクトに強く,壁を明瞭に描出する空間分解能の高い撮像法が必要であり,漫然と MRI を撮像しても 病変を見落としかねない.本稿では脳動脈解離の MRI 診断に関して,血管壁イメージングを中心に解説する. (臨床神経 2020:60:573-580)

Key words: 脳動脈解離, MRI, 血管壁イメージング

#### はじめに

近年、撮像技術の発達に伴い、脳動脈解離の画像診断は非 侵襲的な MRI が第一選択の画像検査となりつつある. 拡散強 調像,FLAIR 像,T.\*強調像や磁化率強調像など多彩な撮像 法及びそれらの組み合わせに基づいた高いコントラスト分解 能により、MRI は急性期梗塞、くも膜下出血、壁内(偽腔 内)血腫など脳動脈解離に関連した病変を検出することが可 能である. さらに time-of-flight (TOF) 法による非造影 magnetic resonance angiography (MRA) を用いれば、動脈内腔の形態 評価も可能である、したがって、MRI は脳動脈解離の診断に 非常に適していた画像検査と言える. しかしながら, 脳動脈 解離の病態や各種撮像法の特徴を理解せずに MRI を漫然と行 い、結果的に診断に有用な情報が得られないことを時に経験 する. 例えば、脳動脈解離の診断に TOF-MRA や basi-parallel anatomical scanning (BPAS) を組み合わせることが多いが、 症例によっては診断に有用な情報を得られないことがある (Fig. 1)<sup>1)</sup>. 何故ならば、これらの撮像法は「動脈内腔」や 「動脈外径」の評価を目的としているため、脳動脈解離の本態 である「動脈壁」そのものの異常を検出することが困難であ り、間接的な所見のみの評価となりうるからである、加えて、 heavy T。強調像を応用した BPAS は脳脊髄液の間隙が狭い部 位や脳脊髄液と動脈が接していない部位、すなわち頭蓋外の 病変には対応していない. このように、MRI を用いた脳動脈 解離の診断には、その病態に加え、解剖学的特徴(脳動脈の 細い血管径、頭蓋内外と異なる部位の走行や蛇行)や各種撮 像法の理解が欠かせない.本稿では脳底動脈解離に関して,

血管壁イメージングを中心とした MRI 診断の解説を行う.

### 脳動脈解離の基礎事項

① 病態

何らかの原因による動脈の内膜(もしくはより外層)の損 傷が動脈壁内の出血を来し,離開及び偽腔形成を生じた状態 である<sup>2)</sup>.内膜と中膜の間に生じる内膜下解離は内方への膨 隆による動脈内腔の狭窄や閉塞を来し,外膜と中膜の間に生 じる外膜下解離は外方への膨隆による瘤形成を来しうる.特 に頭蓋内の動脈は中膜が薄く外弾性板を欠くという特徴があ り,頭蓋外と比較して,動脈瘤を形成しやすい.頭蓋外の内 頸動脈解離を最多とする欧米圈と異なり,本邦を含めた東ア ジア圏では頭蓋内の椎骨脳底動脈解離の頻度が多いとされ る<sup>3)</sup>.

基礎疾患として,各種結合織疾患が知られている.代表的 なものとして,線維筋形成異常,囊胞性中膜壊死,遺伝性疾 患として,Marfan 症候群,Ehlers-Danlos 症候群,αl-アンチ トリプシン欠損症,骨形成不全症,弾性線維性仮性黄色腫, 家族性多発囊胞腎,等が挙げられる4.これらの基礎疾患を 有さずとも,頸動脈解離を有する症例において,皮膚や浅側 頭動脈の生検を行うと膠原線維や弾性線維等の結合織異常が 55%程度の症例に認められうると報告されている5.カイロ プラクティス,各種スポーツ(ゴルフ,野球,腕立て伏せ等), 咳嗽,嘔吐など軽微な外因で発症しうることを考慮すると, 背景に何らかの結合織異常が潜在的に存在する可能性はある. また,PHACTR1 など疾患感受性遺伝子も発症に影響してい

\*Corresponding author: 国立長寿医療研究センター放射線診療部 〔〒 474-8511 愛知県大府市森岡町 7-430〕 <sup>1)</sup> 東京大学大学院医学系研究科生体物理医学専攻放射線医学講座

<sup>2)</sup> 帝京大学医学部放射線科学講座

<sup>3)</sup> 国立長寿医療研究センター 放射線診療部

<sup>(</sup>Received March 12, 2020; Accepted April 13, 2020; Published online in J-STAGE on August 8, 2020) doi: 10.5692/clinicalneurol.cn-001447



Fig. 1 A 50-year-old woman with left middle cerebral artery stenosis.

Time-of-flight MRA (A, B) clearly demonstrated a stenosis in M1 segment of the left middle cerebral artery (arrow). But, basi-parallel anatomical scanning (BPAS) image (C) was unable to illustrate the outer contour of the middle cerebellar artery in the part not surrounded by cerebrospinal fluid.

る可能性があるのかもしれない<sup>6)</sup>. その他に高ホモシステイン血症,片頭痛が脳動脈解離の危険因子になりうることが知られている<sup>7)</sup>.

## 2 症状

発症様式として、出血性発症、虚血性発症、その他の症状、 無症候に分けられる.出血性発症ではくも膜下出血、稀に脳 出血を呈し、虚血性発症では脳梗塞や一過性脳虚血発作を呈 する.その他の症状としては、頭痛や頸部痛、解離自体の圧 迫による局所症状などがある.なかでも、突発する激しい頭 痛や頸部痛は動脈解離の大きな特徴の一つと言える.ただし、 頭痛の程度が軽度もしくは欠く症例も存在しうるため、画像 診断での正確な診断は欠かせない<sup>3)8</sup>.

#### 脳動脈解離の画像診断

脳動脈解離の診断には、脳血管造影、超音波、3 dimensionalcomputed tomography angiography (3D-CTA) など各種画像検 査が用いられている 910).いずれも脳動脈解離の診断におけ る有用性が知られているが、それぞれの長所や短所と脳動脈 解離の病態を結びつけて考える必要がある. 脳動脈解離に限 らず、「想定される病態」と「画像検査」を安易に結びつける べきではない.「背景に潜む病態」を考慮し,「その検出に最 適な画像検査」を選択する、という思考法を身につけるべき である. 例えば、脳血管造影は空間分解能及び時間分解能が 高く,動脈内腔の微細な異常や血行動態の評価に適している. しかしながら、内腔のみの評価となるため、脳動脈解離の本 態である動脈壁そのものの異常を検出することが難しい。結 果,間接的な評価のみとなる危険性がある.超音波は動脈内 腔及び動脈壁の評価を行うことが可能であり、非侵襲的であ るため、検査を繰り返して行うことができる、ただし、術者 の技量の左右されやすく、客観性に劣るという弱点がある. 3D-CTA は頭頸部に加え、全身の動脈が評価可能であり、動 脈内腔に加え、動脈壁もある程度は評価が可能である. しか しながら、造影剤や被曝による侵襲は無視できない問題であ る. また, MRI に比してコントラスト分解能が低く, 微細な 動脈壁の評価が困難であるという弱点がある.

一方, MRI には長い撮像時間という短所があるものの, MRA による動脈内腔, 拡散強調像による急性期梗塞, FLAIR 像によるくも膜下出血, T<sub>2</sub>\*強調像や磁化率強調像による出血 など多彩な病態が非侵襲的に検出可能である. すなわち, 動 脈壁の異常という脳動脈解離の直接所見に加え, 付随する虚 血, 出血という間接所見を非侵襲的に検出可能であるあると いう利点を有する. しかしながら, 適切な撮像法を選択しな い場合, MRI の利点を生かし切れず, アーチファクトを有意 な所見と誤った解釈を行ったり(偽陽性), 病変を見落としか ねないため(偽陰性)<sup>11)</sup>, 脳動脈解離の画像所見に加え, 各 種撮像法の特徴を理解しておく必要がある.

適切な撮像法を選択するには、脳動脈解離の病態を理解す る必要がある.脳動脈解離の形態変化は動脈壁内の出血及び 離開、動脈内腔の狭窄や拡張、外方への膨隆による瘤形成で あり、「動脈壁の異常」、「動脈内腔の異常」、「動脈外径の異 常」を反映している.これらは異なる形態変化であるため、 その評価に適する撮像法も自ずと異なる.その中でも特に重 要となるのは動脈壁の微細な変化を捉えることである.中大 脳動脈や脳底動脈の壁の厚さは通常 0.2~0.3 mm であること を考慮すると、微細な病変を捉えるためには、高い面内分解 能に加え、partial volume effect による偽陰性化を防ぐ高いス ライス間分解能が必要となる<sup>12)</sup>.また、動脈内腔の乱流や流 入効果による偽陽性化などのアーチファクトが無視できない 因子となる.故に、血流のアーチファクトに影響を受けにく く、かつ、動脈壁の微細な病変を評価することが可能な空間 分解能の高い血管壁イメージングが必要となる.

従来から心電図同期や前飽和パルス, double inversion recovery (DIR) 法を併用した two-dimensional (2D) の  $T_1$ ,  $T_2$  及びプロトン密度強調像が用いられてきた. この方法で は、血管壁の微細な異常を明瞭に捉えることが可能であり、 脳動脈解離に限らず、脳動脈硬化、血管炎など各種血管病変 の評価に有用とされてきた <sup>13)</sup>. 2D 撮像法は面内分解能が高 く、側頭動脈などより細い動脈壁の詳細な評価が可能である



Fig. 2 A 70-year-old woman with giant cell arteritis.

Time-of-flight MRA (A) showed only a minor irregularity along the right superficial temporal artery (arrowheads). 2D black blood fat-saturated  $T_2WI$  (B) and 2D fat-saturated post-contrast  $T_1WI$  (C) clearly illustrated arterial wall thickening and enhancement (arrows) with surrounding fascial enhancement.

(Fig. 2)<sup>14)15)</sup>.ただし,低いスライス間分解能に起因した partial volume effect による小病変の偽陰性化,心電図同期による撮像時間の延長,信号の不安定化などの問題がある.加えて,撮像断面や撮像範囲の制限が最大の問題点となる<sup>16)</sup>.結果,TOF-MRA などで病変部位が同定できない場合や病変部位が 蛇行していた場合,撮像部位や断面の決定に苦慮することとなる.

かつては広範囲の撮像範囲に起因した血流信号の抑制不良 や長いエコートレイン数に起因した画質の低下、比吸収率の 上昇により、3D 撮像での血管壁イメージングの施行は困難で あった.しかしながら、近年、登場した可変フリップ角 (variable refocusing flip angle; VRFA) を用いた 3D turbo spin echo (VRFA-3D-TSE) 法は前述した撮像面での課題を解決し た.この手法ではフリップ角を調整することにより任意のコ ントラストを得ることができるため、T。減衰に伴う blurring が抑制された高解像度の画像を得ることが可能である. さら に、長いエコートレイン数による比吸収率の上昇もフリップ 角を漸減させることで解決された<sup>17)</sup>. また, TSE 法であるた め、磁化率アーチファクトに強いことも特徴の一つである (Fig. 3). 撮像法の呼称は MRI のベンダーによって異なり, フィリップス社では VISTA (volume Isotropic turbo spin-echo acquisition), シーメンス社では SPACE (sampling perfusion with application-optimized contrasts by using different flip angle evolutions), ゼネラル・エレクトリック社では CUBE, 日立 製作所では isoFSE 等と呼称されている. これらの撮像法に より、一般臨床でも容易に 3D の高分解能血管壁イメージン グによる頭蓋内動脈の評価が格段に容易となった<sup>18)19)</sup>. 3D 撮 像である VRFA-3D-TSE 法は高分解能かつ広範囲の画像を収 集可能であるため、椎骨脳底動脈に限らず、前、中大脳動脈 や後下小脳動脈を含めた頭蓋内動脈の詳細な評価に適してい る. 3D 撮像法はスライス方向の空間分解能が高く, multiplanar reconstruction (MPR) や curved planar reconstruction (CPR)

による再構成を適用できるため,任意の断面で病変を評価する ことが可能である.故に,小病変の検出,脳動脈解離の全体 像の把握など脳動脈解離の診断に非常に適している(Fig. 3, 4)<sup>20)-23)</sup>.

## 脳動脈解離の代表的な MRI 所見

脳動脈解離の MRI 所見として, Spontaneous cervicocephalic arterial dissections study Japan (SCADS-Japan)の画像診断基 準では major criteria として「double lumen」もしくは「intimal flap」の描出, minor criteria として MRA での「pearl and string sign」,「string sign」や「tapered occlusion」の描出, T<sub>1</sub>強調 像での「hyperintense intramural signal」の描出, additional criteria として MRI, MRA での動脈形態の変化が提唱されて いる (Table 1)<sup>24</sup>.

## 1. Intramural hematoma

Intramural hematoma(hyperintense intramural signal)は偽 腔内の血腫を示唆しており、脳動脈解離の MRI 診断において 特に重視されている所見である. T<sub>1</sub>強調像や TOF-MRA の 元画像において真腔に突出する三日月状,半円形または全周 性の高信号域として描出されることが一般的である(Fig. 3~  $6)^{20(25)}$ . また、時期によっては拡散強調像での高信号もしく は磁化率強調像での明瞭な低信号として検出されることが ある<sup>3)26)</sup>. ある程度のサイズがあれば、TOF-MRA の元画像や 2D 撮像の T<sub>1</sub>強調像でも検出は可能である. しかしながら、 微細な病変の場合、partial volume effect の影響により、病変 の検出が困難となる. 同様に、後下小脳動脈のような径が細 く屈曲した動脈の場合、TOF-MRA の元画像や 2D 撮像の T<sub>1</sub> 強調像では病変の全体像を把握しきれないという問題点があ る. その点、VRFA-3D-TSE 法は MPR、CPR を組み合わせる ことにより、多方向からの評価が可能となるため、小さな



Fig. 3 A 30-year-old woman with right vertebral artery dissection.

Coronal 3D variable refocusing flip angle (VRFA)  $T_2WI$  (A) and  $T_1WI$  (B: initial examination, D: 3 days later) revealed an aneurysmal dilatation and hyperintensity in V4 segment of the right vertebral artery (arrows), respectively. On the other hand, due to susceptibility artifact caused by a denture, abnormalities in the right vertebral artery were not illustrated on time-of-flight MRA (C). Fusiform shape on coronal VRFA  $T_1WI$  (B, D, arrows) and semilunar shape of hyperintensity on axial reformatted image (E, arrowhead) indicated intramural hematoma. This signal intensity slightly increased on follow up images captured 3 days later (D, E).



Fig. 4 A 50-year-old man with right vertebral artery dissection.

Time-of-flight MRA (A) and coronal 3D variable refocusing flip angle (VRFA)  $T_1WI$  (B) revealed a hyperintensity (arrows) corresponding to the right vertebral artery. Basi-parallel anatomical scanning (BPAS) (C) and coronal (D) and sagittal (E) reformatted image from 3D VRFA  $T_2WI$  demonstrated an aneurysmal dilatation (arrowheads) with bleb-like protrusion (open arrowheads), suggesting an aneurysm formation secondary to arterial dissection.

intramural hematoma の検出に非常に適している (Fig. 6)<sup>22)23</sup>. 注意点として, intramural hematoma の経時的な信号変化が 挙げられる (Fig. 3, 5). 発症数日から2ヵ月程度の経過で高 信号となることが一般的であるが, 偽腔の閉塞状況によって は2週間以上の経過でも高信号とならない場合や数ヶ月以上 も高信号が持続する場合など例外も起こりうる<sup>25)</sup>.よって, 脳動脈解離を疑った症例では intramural hematoma が顕在化 しうる発症 2~3 日後以降に必ず VRFA-3D-TSE 法を含めた MRI で評価を行い,有意な所見が得られなかった場合は複数 回の経過観察が欠かせない.また,頭蓋外においては,動脈 周囲の脂肪が  $T_1$ 強調像にて高信号となるため,脂肪抑制を併 用しない場合, intramural hematoma を見落とす危険性がある Table 1 Spontaneous cervicocephalic arterial dissections study (SCADS) criteria.

	•	
Maior	crit	er12
wiajoi	CLU	utia

- 1 "Double lumen" or "intimal flap" demonstrated on either DSA, MRI, MRA, CTA, or duplex ultrasonography
- 2 "Pearl and string sign" or "string sign" demonstrated on DSA
- 3 Pathological confirmation of arterial dissection

Minor criteria

- 4 "Pearl sign" or "tapered occlusion" demonstrated on DSA
- 5 "Pearl and string sign," "string sign," or "tapered occlusion" demonstrated on MRA
- 6 "Hyperintense intramural signal" (corresponding to intramural hematoma) demonstrated on T<sub>1</sub>-weighted MRI

# Additional criteria

7 Change in arterial shape demonstrated on either DSA, MRI, MRA, CTA, or duplex ultrasonography

8 No other causes of arterial abnormalities

Definite dissection

Presence of one or more major criteria, or presence of one or more minor criteria and both of 2 additional criteria

Probable dissection

Presence of one or more minor criteria

Reprinted from the table in the article of 24 with permission.



Fig. 5 A 40-year-old man with left anterior cerebral artery dissection.

Time-of-flight MRA (A, arrowheads) illustrated an irregularity (arrowhead) in A2 segment of the left anterior cerebral artery. Sagittal 3D variable refocusing flip angle (VRFA)  $T_1WI$  (B, arrows) showed a mild hyperintensity in the corresponding region, which became apparent on the follow-up MRI 1 week later (C, open arrows).

ことに留意する必要がある 11)12).

### 2. Intimal flap

Intimal flap は真腔と偽腔を隔てる隔壁であり、従来は T<sub>2</sub> 強 調像における動脈内腔での隔壁様構造とされていた<sup>27)</sup>. TOF-MRA の元画像や造影後の gradient echo 法の  $3DT_1$  強調像 (spoiled gradient-recalled acquisition in the steady state 法な ど)でも同様の構造を評価することが可能であるが、血流の アーチファクトが類似した所見を呈することがあり、解釈に 苦慮することがある。その点、VRFA-3D-TSE 法は可変フリッ プ角による血液の位相分散に加え、motion sensitized driven equilibrium 法などを併用することにより、血流によるアーチ ファクトを減らすことが可能であるため、intimal flap の描出 により適している<sup>28)</sup>.

## 3. Pearl and string sign

動脈内腔に異常な狭窄と拡張が併存した状態である(Fig. 5). 脳血管造影や 3D-CTA より劣るものの,内腔の情報は TOF-MRA にて評価することが可能である. TOF-MRA と VRFA-3D-TSE 法を組み合わせることにより,狭窄と拡張に 対する動脈壁病変の関与をより詳細に評価することが可能と なる.

## 4. 動脈外径の拡大

外方への膨隆による動脈瘤の形成を示唆しており, 脳動脈 解離に特異的な所見ではない.しかしながら,発症直後で intramural hematoma による T<sub>1</sub>短縮が不明瞭な症例では脳動 脈解離の MRI 画像診断の一助となりうる<sup>23)</sup>. TOF-MRA は動 脈の描出が血流の影響を受けるため,細い母血管に高度狭窄 や閉塞が加わった場合,動脈外径の拡大を必ずしも評価でき



Fig. 6 A 40-year-old woman with right posterior inferior cerebellar artery dissection.

Time-of-flight MRA showed an irregularity (arrowhead) in the right posterior inferior cerebellar artery (A). Curved multiplanar reconstruction image (B) and coronal 3D variable refocusing flip angle (VRFA)  $T_2WI$  (C) revealed an aneurysmal dilatation (arrow). Coronal 3D VRFA  $T_1WI$  (D, open arrow) and axial (E, open arrow) reformatted image demonstrated a hyperintensity in the corresponding region.

るとは限らない. 故に, 血流や血管径に関わらず, 動脈の外 形を描出可能な撮像法が必要となる. 短時間で撮像可能かつ 簡便な撮像法として, BPAS が良く用いられている<sup>1)</sup>. この手 法は椎骨脳底動脈系を1スライスで描出しうる厚いスラブの heavy T<sub>2</sub> 強調像を基にしているため, 椎骨脳底動脈系の動脈 外径を俯瞰することが可能である. ただし, その性質上, 脳 脊髄液に接していない頭蓋外の病変や前後方向に膨隆した病 変の評価は困難であることを理解しておく必要がある (Fig. 1). 一方, 3D 撮像法である VRFA-3D-TSE 法は MPR, CPR による多方向からの評価や異なる 3D 画像の合成を行うこと ができるため, 動脈形態の変化の評価にも適している (Fig. 3,4,6)<sup>29)</sup>.

## 5. 経時的変化

偽腔内血腫の増加や減少,動脈瘤の拡大,縮小により,脳 動脈解離は比較的短期間に形態が変化しうる.発症 1~2 週 以内は狭窄の進行,瘤の増大を含めた悪化がみられ,それ以 降は狭窄,閉塞の改善,瘤の縮小を呈するようになることが 多いとされる.ただし,早期から増悪または改善が一相性に 進むこともあり,症例により経過は異なる.従って,発症か ら少なくとも3週間以内に経過観察をすることが望ましく, 症状の変化,特に悪化がある場合にはさらに頻回に観察を行 う必要がある<sup>30)</sup>.動脈硬化に伴う出血性プラークが intramural hematoma に類似した  $T_1$ 短縮を呈することがあるが,長期 間,形態変化を呈さないことが多い<sup>31)</sup>.故に,脳動脈解離と その他の動脈病変(動脈硬化や血管炎など)との鑑別におい ても経時的変化に着目することは重要と言える. MRI は非侵 襲的に検査を繰り返すことが可能である点でも優れている.

#### 6. その他の画像所見

脳動脈解離はガドリニウム造影剤を投与することにより、「動脈壁の異常造影効果」が認められることがある<sup>8)</sup>.ダイナ ミック造影 CT でも類似した異常所見が報告されており、vasa vasorum の描出が原因として推測されている<sup>12)</sup>.また、偽腔 内の流速低下によるアーチファクトの影響も考えられる.動 脈壁の異常造影効果は正常部位との区別に有用であるが、動 脈硬化、血管炎や放射線療法後など他の病態でも類似した所 見を呈するため、特異的と言い難い.その他の画像所見と合 わせた総合的な評価が必要となる<sup>27)</sup>.

## 脳動脈解離診断の MRI プロトコル

上記の1~6の画像所見を捉えつつ, 脳動脈解離に合併し うる急性期梗塞やくも膜下出血を検出することが可能な撮像 プロトコルを組み立てる必要がある.急性期梗塞の評価には 拡散強調像が欠かせない.くも膜下出血の検出には FLAIR 像 や T<sub>2</sub>\*強調像が有用である.磁化率強調像はくも膜下出血に 加え, intramural hematoma の検出も可能なことがあるため, 可能ならば T<sub>2</sub>\*強調像の代わりに撮像すべきである<sup>28)</sup>. TOF 法の MRA は動脈内腔の情報に限られるが,病変部位の推定 や pearl and string sign の検出には欠かせない. Intramural hematoma, intimal flap の検出には  $T_1$  系列の VRFA-3D-TSE 法, 血管外径の評価には  $T_2$  系列の VRFA-3D-TSE 法が必要と なる.  $T_2$  系列の VRFA-3D-TSE 法が撮像可能である場合, BPAS は必要ではないが, 撮像時間が短いため, スクリーニングを兼ねて撮像しても良いかもしれない. 下記に脳動脈解 離診断のための MRI 撮像プロトコルの代表例を記載する. ①TOF-MRA···

病変部位の推定, pearl and string sign の検出など ②VRFA-3D-TSE 法 (T<sub>1</sub>系列)・・・

intramural hematoma, intimal flap の検出など ③VRFA-3D-TSE 法(T,系列)・・・

動脈瘤形成を含めた動脈外径拡大の検出など ④拡散強調像・・・

急性期梗塞, intramural hematoma の検出など ⑤FLAIR 像・・・

くも膜下出血の検出など

⑥T,\*強調像もしくは磁化率強調像・・・

intramural hematoma, くも膜下出血の検出など

# まとめ

脳動脈解離の診断に MRI は必須であり,病態の本質に迫る には動脈内腔,外径のみならず動脈壁の評価を行うことが必 要となる.漫然と「MRA」と「BPAS」に頼るのではなく, 病態の本質に迫る血管壁イメージングを適用すべきである.

※著者全員に本論文に関連し,開示すべき COI 状態にある企業, 組織,団体はいずれも有りません.

### 文 献

- Nagahata M, Abe Y, Ono S, et al. Surface appearance of the vertebrobasilar artery revealed on basiparallel anatomic scanning (BPAS)-MR imaging: its role for brain MR examination. AJNR Am J Neuroradiol 2005;26:2508-2513.
- Volker W, Dittrich R, Grewe S, et al. The outer arterial wall layers are primarily affected in spontaneous cervical artery dissection. Neurology 2011;76:1463-1471.
- Kim BM, Kim SH, Kim DI, et al. Outcomes and prognostic factors of intracranial unruptured vertebrobasilar artery dissection. Neurology 2011;76:1735-1741.
- Schievink WI. Spontaneous dissection of the carotid and vertebral arteries. N Engl J Med 2001;344:898-906.
- 5) Brandt T, Orberk E, Weber R, et al. Pathogenesis of cervical artery dissections: association with connective tissue abnormalities. Neurology 2001;57:24-30.
- 6) Debette S, Kamatani Y, Metso TM, et al. Common variation in PHACTR1 is associated with susceptibility to cervical artery dissection. Nat Genet 2015;47:78-83.
- 7) Duncan IC, Terblanche JM. Spontaneous isolated posterior communicating artery dissection in a young adult with hyperhomocysteinemia. AJNR Am J Neuroradiol 2005;26: 2030-2032.

- Kanoto M, Hosoya T. Diagnosis of intracranial artery dissection. Neurol Med Chir (Tokyo) 2016;56:524-533.
- 9) Shin JH, Suh DC, Choi CG, et al. Vertebral artery dissection: spectrum of imaging findings with emphasis on angiography and correlation with clinical presentation. Radiographics 2000; 20:1687-1696.
- 10) Gottesman RF, Sharma P, Robinson KA, et al. Imaging characteristics of symptomatic vertebral artery dissection: a systematic review. Neurologist 2012;18:255-260.
- 11) Provenzale JM, Sarikaya B, Hacein-Bey L, et al. Causes of misinterpretation of cross-sectional imaging studies for dissection of the craniocervical arteries. AJR Am J Roentgenol 2011;196:45-52.
- 12) Mandell DM, Mossa-Basha M, Qiao Y, et al. Intracranial vessel wall MRI: principles and expert consensus recommendations of the American Society of Neuroradiology. AJNR Am J Neuroradiol 2017;38:218-229.
- 13) Alexander MD, Yuan C, Rutman A, et al. High-resolution intracranial vessel wall imaging: imaging beyond the lumen. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2016;87:589-597.
- 14) Siemonsen S, Brekenfeld C, Holst B, et al. 3T MRI reveals extra- and intracranial involvement in giant cell arteritis. AJNR Am J Neuroradiol 2015;36:91-97.
- 15) Klink T, Geiger J, Both M, et al. Giant cell arteritis: diagnostic accuracy of MR imaging of superficial cranial arteries in initial diagnosis-results from a multicenter trial. Radiology 2014;273: 844-852.
- 16) Lindenholz A, van der Kolk AG, Zwanenburg JJM, et al. The use and pitfalls of intracranial vessel wall imaging: how we do it. Radiology 2018;286:12-28.
- 17) Zhang Z, Fan Z, Carroll TJ, et al. Three-dimensional T<sub>2</sub>weighted MRI of the human femoral arterial vessel wall at 3.0 Tesla. Invest Radiol 2009;44:619-626.
- 18) Zhang L, Zhang N, Wu J, et al. High resolution three dimensional intracranial arterial wall imaging at 3 T using T<sub>1</sub> weighted SPACE. Magn Reson Imaging 2015;33:1026-1034.
- 19) Li ML, Xu YY, Hou B, et al. High-resolution intracranial vessel wall imaging using 3D CUBE T<sub>1</sub> weighted sequence. Eur J Radiol 2016;85:803-807.
- 20) Sakurai K, Miura T, Sagisaka T, et al. Evaluation of luminal and vessel wall abnormalities in subacute and other stages of intracranial vertebrobasilar artery dissections using the volume isotropic turbo-spin-echo acquisition (VISTA) sequence: a preliminary study. J Neuroradiol 2013;40:19-28.
- 21) Sakima H, Isa K, Goya Y, et al. Sagittal MR black blood imaging revealing ACA dissection. Intern Med 2012;51:1145.
- 22) Madokoro Y, Sakurai K, Kato D, et al. Utility of  $T_1$  and  $T_2$ weighted high-resolution vessel wall imaging for the diagnosis and follow up of isolated posterior inferior cerebellar artery dissection with ischemic stroke: report of 4 cases and review of the literature. J Stroke Cerebrovasc Dis 2017;26:2645-2651.
- 23) Kano Y, Inui S, Oguri T, et al. Utility of T<sub>2</sub>-weighted highresolution vessel wall imaging for the diagnosis of isolated posterior inferior cerebellar artery dissection at acute and early subacute stages. J Neurol Sci 2020;411:116693.
- 24) Sato S, Toyoda K, Matsuoka H, et al. Isolated anterior cerebral

artery territory infarction: dissection as an etiological mechanism. Cerebrovasc Dis 2010;29:170-177.

- 25) Kitanaka C, Tanaka J, Kuwahara M, et al. Magnetic resonance imaging study of intracranial vertebrobasilar artery dissections. Stroke 1994;25:571-575.
- 26) Park MG, Choi JH, Yang TI, et al. Spontaneous isolated posterior inferior cerebellar artery dissection: rare but underdiagnosed cause of ischemic stroke. J Stroke Cerebrovasc Dis 2014;23:1865-1870.
- 27) 鹿戸将史,細谷貴亮.われらがベストティーチングコレクション第12回中枢神経2SPGR法でみられた椎骨動脈の二 重腔.臨床画像2007;23:237-239.
- 28) Choi JW, Han M, Hong JM, et al. Feasibility of improved motion-sensitized driven-equilibrium (iMSDE) prepared 3D T<sub>1</sub>-

weighted imaging in the diagnosis of vertebrobasilar artery dissection. J Neuroradiol 2018;45:186-191.

- 29) Kidoh M, Nakaura T, Takashima H, et al. MR diagnosis of vertebral artery dissection: value of 3D time-of-flight and true fast imaging with steady-state precession fusion imaging. Insights Imaging 2013;4:135-142.
- 30) Nakagawa K, Touho H, Morisako T, et al. Long-term follow-up study of unruptured vertebral artery dissection: clinical outcomes and serial angiographic findings. J Neurosurg 2000; 93:19-25.
- 31) Simpson RJ, Akwei S, Hosseini AA, et al. MR imaging-detected carotid plaque hemorrhage is stable for 2 years and a marker for stenosis progression. AJNR Am J Neuroradiol 2015;36: 1171-1175.

# Abstract

# Imaging diagnosis of intracranial artery dissections: visualization of the vessel walls on high-resolution vessel wall imaging

Shohei Inui, M.D.<sup>1)</sup>, Asako Yamamoto, M.D., Ph.D.<sup>2)</sup> and Keita Sakurai, M.D., Ph.D.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Radiology, Graduate School of Medicine, The University of Tokyo
<sup>2)</sup> Department of Radiology, Teikyo University School of Medicine
<sup>3)</sup> Department of Radiology, National Center for Geriatrics and Gerontology

MRI is a non-invasive imaging modality with a high contrast resolution useful in diagnosing intracranial artery dissections. However, conventional MRI techniques, including time-of-flight MR angiography or basi-parallel anatomical scanning provide only limited information because they focus on imaging findings rather than the vessel walls. A newly devised MRI technique, high-resolution vessel wall imaging (HRVWI), enables direct visualization of vessel wall and therefore more accurate diagnosis. With increasing use of HRVWI, physicians need to understand the clinical indications, MR sequences for assessment, optimization of acquisition parameters, and limitations in the interpretation of images. For precise interpretation of images, physicians should be aware of the pathological condition of intracranial artery dissection and its radiological findings. In this review, we provide an overview and principles of MRI assessment used for intracranial artery dissection paying special attention to its pathological findings and radiological presentations on HRVWI.

(Rinsho Shinkeigaku (Clin Neurol) 2020;60:573-580)

Key words: intracranial artery dissection, MRI, high-resolution vessel wall imaging