

永久磁石型0.4TオープンMRI装置 APERTO Inspireを用いた脳ドックの経験

Experience of “Brain Dock” (brain medical checkup) with Permanent Magnet 0.4T Open MRI System Aperto Inspire

黒木 亮 Akira Kuroki

くろき脳神経クリニック(山形県酒田市)
(クリニックHP: <http://kuroki-nc.jp/>)

個人立の診療所において2008年7月からの約3年間に実施した脳ドックの経験を紹介した。脳ドック検査の中心となるMRI・MRAには永久磁石型中・低磁場MRIの中で最上位機種であるAPERTO Inspire[®]を使用し、PACSとしてアップル社マッキントッシュコンピュータと画像処理アプリケーションOsiriXを導入活用した。0.4T MRIでも予防的検診を目的とした脳ドックには十分な画質が得られた。3次元画像作成機能の優れたPACSを使用し、特にvolume rendering法による3d-MRAを作成することにより、高磁場装置のMIPによるMRAよりも精細で見やすく美しい画像を得ることができた。

当院の脳ドックは2009年度から開始されている日本脳ドック学会施設認定制度の基準を満たし、施設認定されている。しかし、ガイドラインは最低水準を示したものであり、MR検査にはより高い診断精度が求められる。比較的低コストな中・低磁場MRI装置と安価なPACSの組み合わせで高画質の検査結果が得られ、診断における検査者のストレスを軽減した。受診者の益となる画質を提供するMRIシステムの更なる改善、進歩が望まれるが、同時にOsiriXのようなアプリケーションの発展も期待される。

This paper introduced the experience of “brain dock” (brain medical checkup) in the private clinic during three years (July 2008～June 2011). “APERTO Inspire[®]” (Hitachi Medical Corporation), a top-end model in the permanent magnet type MRI, has been used for the brain MRI and MRA those are the main inspections in the brain dock. Apple Computer Co. Macintosh computer and the image processing application “OsiriX” were used for the PACS. It was possible to obtain an enough image quality for the brain dock aiming at a preventive medical examination with 0.4T MRI. Using an application with excellent function to make three dimension (3d) image, such as the “OsiriX”, beautiful 3d-MRA images were obtained which were not inferior to those of the high magnetic field system. Especially, the volume rendered 3d-MRA has shown high-resolution and beautiful vasculature images those are superior to the MIP image by the high magnetic field device.

The Japan brain dock society has started the facility certification system since 2009. My clinic has filled the standard of the system, and has been certified from the beginning. However, the guideline is showing the minimum level, and higher diagnosis accuracy is required in the MRI/A. High-resolution imaging were obtained with a combination of a relatively low-cost low magnetic field MRI device and inexpensive PACS, thus the examiner’s personal stress in diagnosing was reduced. A further improvement and the advancement of the MRI system offering the image quality that becomes examinee’s profit are highly expected. At the same time, development of the application like the “OsiriX” is needed.

Key Words: Brain Dock, 3d-MRA, Volume Rendering, PACS, OsiriX

1. はじめに

2010年4月、某プロ野球チームのコーチが試合前のシートノック中に倒れ、30代の若さでクモ膜下出血により5日後に亡くなった「事件」は記憶に新しい。日本は世界的に見ても脳卒中や脳神経外科疾患の治療先進国ではあるが、クモ膜下

出血の患者のほとんどは破裂して倒れるまで致死率の高い(破裂した場合、少なく見積もっても3割が死亡する)病変(脳動脈瘤)を持っていることを知らない¹⁾。出血状態が重症なため手術もできずに数日で命を落とすのは「不運」としか説明

できない状態を改善したいという気運が脳外科医を中心に起こり、脳の検診システムである「脳ドック」が世界に先駆けて1988年に本邦に登場し、まもなくMRI検査が検診の中心となって広まっていった。

現在、国内で脳ドックを実施している施設数は正確には把握されていないが、日本脳ドック学会ホームページに登録された施設は540で、実際は600またはそれ以上の施設があると推測される。その検診内容の質の保証を目的に、日本脳ドック学会施設認定制度が2009年度に始まり、当施設は2009年度(第1回)で認定された全国134施設の一つである(当時東北で9施設、山形県内で唯一であった)。2011年6月現在、全国で181の医療機関が施設認定を受けている。

当院では、2008年3月の開院時に中・低磁場MRI装置にあたるAPERTO Inspire*を導入し、同年7月から日本脳ドック学会のガイドラインに沿った内容の脳ドックを開始した。その経験をここに紹介する。

2. 方法

(1) 使用機種

永久磁石型0.4TオープンMRI APERTO Inspire

(2) 画像診断システム

当院はPACS(Picture Archiving and Communication Systems)を使用しフィルムレスを実現している。複数台(現在は4台)のアップル社製マッキントッシュコンピュータ(以下Mac)で院内LANを形成し、“OsiriX”というアプリケーションを使用してPACSを構成し、診察室のMacで画像処理を行い、モニター画面で画像検査情報を提示し説明している。

(3) 対象と方法

当院の脳ドックは検査内容によって料金の違う4つのコースを設定している。脳の画像診断としては、すべてに共通して6種類の撮像法によるMRI(T2、T2* & T1-WI、FLAIR、DWI、海馬条件のSTIR)と3d-TOF法によるMRAの3次元表示(MIPとVR法)を施行している。その他には頸動脈超音波検査、頭部・頸椎単純レントゲン検査、胸部レントゲン検査、心電図、血液検査、認知精神機能検査(3種類)などを行っており、オプション検査として頸椎MRI、頸動脈MRAなども施行している。

血液検査以外の検査結果は、受診当日に直接面談によって受診者に説明し、その時点での簡単なアドバイスを行う。その上で、全検査結果を紙にプリントしたものを一冊のファイルに綴じ、画像データ(MRIやレントゲン検査以外に頸動脈超音波検査も含む)はDICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine)形式とjpeg(joint photographic experts group)形式でCD-Rに保存したものをファイルと一緒にに入れて、受診者の元へ送っている。

2008年7月下旬に脳ドックを開始し、2011年6月現在およそ3年が経過したが、脳ドックは280名に実施、そのうち12名は3年のうちに2回受診しており、合計292回の脳ドックを行った。ちなみに通常の保険診療受診患者においては開院以

来5,140名にMRIを施行し、脳MRAはそのうち350名に施行している。

3. 結果

当院の脳ドックで行っている6種類のMRI撮像法とMRAの結果を示す(図1)。プリントして受診者に結果報告をする際には、T2-WIでは白黒反転像も呈示しており、STIR冠状断による海馬条件も白黒反転像で呈示している。

脳ドック検査の中でもクモ膜下出血や脳梗塞といった脳血管障害の予防の観点から最も重要な検査である脳MRAについて症例を2つ呈示する。

(1) 症例1: 64才女性、前交通動脈部未破裂脳動脈瘤(図2、図3)

姉がクモ膜下出血で突然死したことを契機に受診。無症状である。図2に示すごとく、脳動脈瘤は長径で4.2mm程度であるがUCAS(Unruptured Cerebral Aneurysm Study) Japan(日本未破裂脳動脈瘤悉皆調査)のデータなどを呈示し、希望により他院で血管内治療を実施。未破裂脳動脈瘤のサイズに合わせてGDC(Guglielmi Detachable Coils)が挿入され、瘤内は完全にパックされた。術後、脳血管撮影上、造影剤は瘤内に入らず脳動脈瘤は消失。脳MRAでは瘤が全く描出されなくなった。治療前後の脳MRAおよび治療直

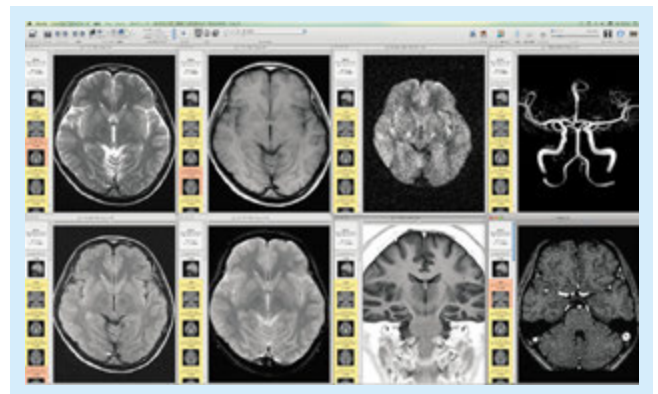


図1: 脳ドックで施行しているMRI6撮像法と3d-TOFによるMRA上段左から右へT2-WI、T1-WI、DWI、MRA(MIP)。下段左から右へFLAIR、T2*-WI、STIR冠状断白黒反転像(海馬条件)、MRA原画像。T2-WIはファイルを作る際に白黒反転像も加えてプリントしている。

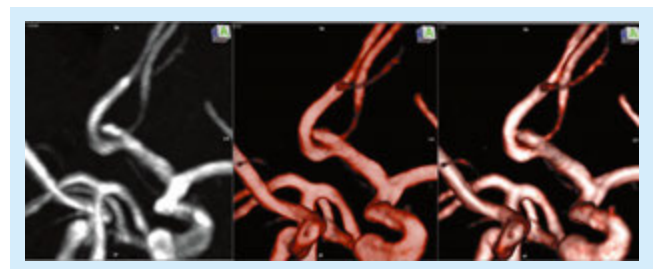


図2: 64才女性、前交通動脈部未破裂脳動脈瘤例(症例1)左から、MIP像、VR像、OsiriXで自動で陰影をつけたVR像。特に陰影をつけたVR 3d-MRA像をモニター上で自由な角度、拡大で回転させることによって、長径4.2mmの脳動脈瘤と近隣の血管の関係がよく理解できる。

後の頭部単純レントゲン写真を呈示する。パックされたGDCの大きさ、形状は頭部単純レントゲン写真でわかる(図3)。全く無症状で、経過観察のため元気に外来通院中である。

(2)症例2：62才男性、右内頸動脈・後交通動脈分岐部未破裂脳動脈瘤(図4、図5)

内頸動脈・後交通動脈分岐部(IC-PC)に径2.0~2.2mmの小さな動脈瘤が認められた。無症状である。MIP像の前後回転/左右回転による3d-MRAだけでは見落としかねない小さな膨らみであったが(図4)、VR 3d-MRAで小さな脳動

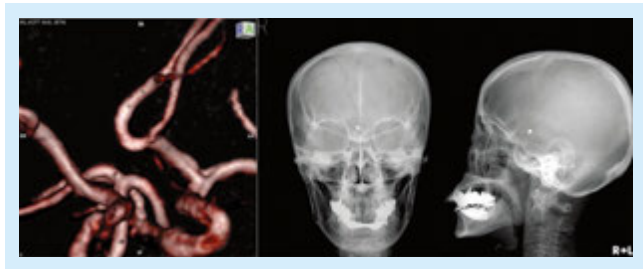


図3：血管内治療後のVR 3d-MRAと頭部レントゲン検査(症例1) 脳動脈瘤は綺麗に消失し、瘤内に挿入されたGDCがレントゲン撮影でわかる。

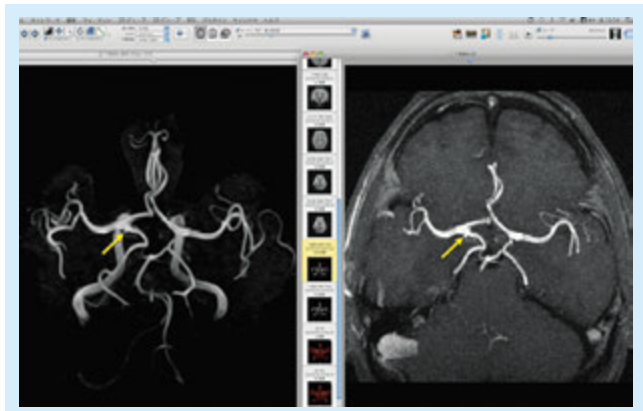


図4：62才男性、右内頸動脈・後交通動脈分岐部未破裂脳動脈瘤(症例2) 左はMIP像を回転させて最も見やすい角度で静止した画像。右は3d-TOF原画像(1mmスライスで120枚分)を厚さ30mmのMIP像として見たもの。→=動脈瘤 最大径で2.2mmという小さな瘤で、通常のMIP像では注意深く観察しなければ見落とす可能性がある。近傍の正常血管との関係を把握することも容易ではない。

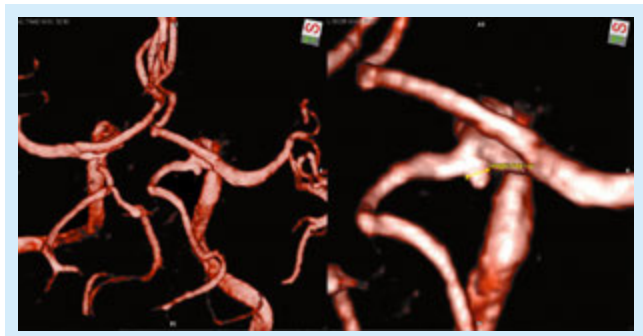


図5：左は単純なVR 3d-MRA、右は陰影を付加し拡大したVR像(症例2) モニター上で自由な角度、拡大で回転(真の3d)することで、脳動脈瘤と近傍の血管の関係が良く理解でき、血管分岐部の漏斗状拡大(infundibular dilatation)ではなく、横に突出した動脈瘤であることが明瞭に理解できる。

脈瘤はもちろん、正常血管との関係やその形状などが明瞭に確認できた(図5)。

続いて、脳ドックで偶然発見された特殊な症例を2つ呈示する。

(3)症例3：63才男性、脳底動脈解離性未破裂脳動脈瘤(図6、図7)

MRIおよびMRAで脳幹前面に大きな腫瘤状の脳動脈瘤が発見された。図6に示すように、MRAでは脳底動脈中央部に脳動脈瘤のごく一部が描出されるのみであった。内腔は一部血栓化して血流が乱れ、流速が遅くなっている可能性がある。3d-TOFによるMRAではこのように一部血栓化している脳動脈瘤の描出には限界がある。図7に示すように、BPAS(basi-parallel anatomical scanning)法によって脳槽内に占拠性病変として存在する瘤の全体像が捉えられ、正確なサイズが測定できる。治療困難な部位にあり、一部血栓化もあり現在無症状であるため、血圧の管理のみで外来経過観察をしている。

(4)症例4：46才女性、左小脳橋角部髄膜腫(図8)

無症状で脳ドックにて偶然発見された。形状とMRIの信号から、聴神経腫瘍よりも髄膜腫が疑われ、山形大学医学部附属病院に紹介し手術治療を受けた。手術摘出病理は髄膜腫であった。

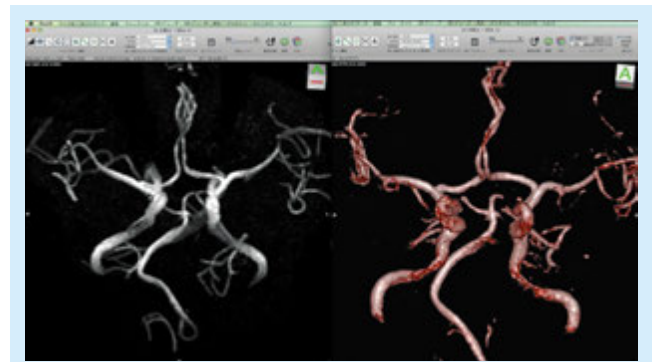


図6：63才男性、脳底動脈解離性未破裂脳動脈瘤(症例3) 左はMIP像、右は3d VR像。MRAでは瘤内の一部血栓化と血流の乱れにより脳動脈瘤のごく一部のみが描出される。

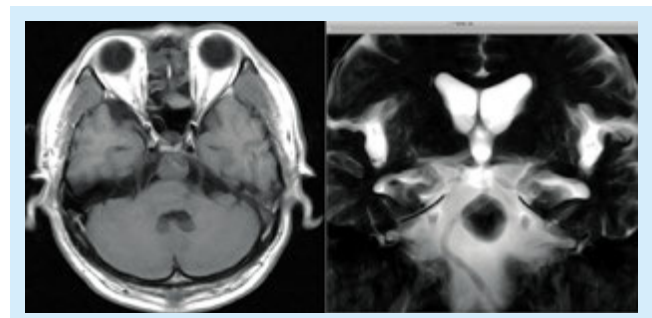


図7：63才男性、脳底動脈解離性未破裂脳動脈瘤(症例3) 通常のT1-WI(左)で脳幹前面の等信号の腫瘤として認められ、BPAS(basi-parallel anatomical scanning)法(右)によって脳槽内の占拠性病変として脳動脈瘤全体が把握できる。

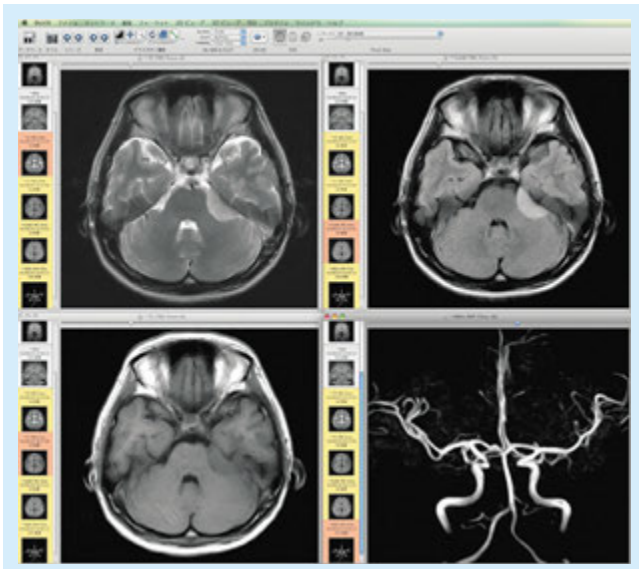


図8：46才女性、左小脳橋角部腫瘍(MRI診断髄膜腫)(症例4)
 上段左T2-WI、同右FLAIR、下段左T1-WI、同右MRA(MIP)
 無症状で偶然発見。神経耳科学的にも無症状であった。
 造影を行わなくても各撮像法における病変の信号の違いと形状
 から診断は難しくない。MRAでは、内耳孔の近くを走行する前下
 小脳動脈が通常より挙上されているように見える。

4. 考察

(1) 脳ドック

「脳ドック」は「人間ドック」の脳版という意味で命名され、世界的に見ると日本でのみ普及しているユニークな医療サービスである。もともとは明治期のさる軍人が「人間も船と同じように時々ドックに入って検査をしなければならない」という趣旨の発言をしたことに由来があると考えられている。予防的検診として脳や脳の血管の状態を診断するためには信頼性の高い検査、すなわち性能の良いMRI装置が必須である。日本で脳ドックが広まった理由として高性能MRI装置の普及率の高さがあげられるが、同時に脳神経外科医、神経放射線科医が充実していることも大きな要因であると考えられる。特に脳の血管は、従来はカテーテル法による脳血管撮影や造影CTなど、造影剤の動脈性/静脈性注射という受診者への侵襲が必須であったが、MRIによって注射の必要なく低侵襲な検査が容易に受けられることで、さらに脳ドックが普及する要因となった。脳ドックの医療経済的有用性などは未だ証明されていないが、序文に書いたような悲劇的な突然死を予防する目的では有用性があるものと考えている。

(2) Mac & OsiriX

現在市場に数多くのPACSが供給されており、システム全体で数百万円から数千万円、中には一億円を超える高価なものもある。当院のような個人経営の診療所では導入に際して機能はもちろん採算性も十分に考慮する必要がある。当院で採用したMacとOsiriXで構成するPACSは、院内LANの環境が整っていれば必要な場所に必要台数のMacを用意するだけであり、一般のパソコンを購入するのと同じ投資で済む²⁾。

OsiriXは、放射線科医 Antoine Rosset, M.D.らにより開発されたMac上でのみ稼働するオープンソースプログラムで、32bit basic versionは世界中に無償供与されており、インターネットによって随時ダウンロードできる(現在、米国のFDA認可版、64bit高速版は有償である)。これをMacにインストールし、MRI装置などDICOMデータを扱う医用画像モダリティから外部メモリを介して、またはLANを経由してデータを転送することにより、Macを医用画像表示/画像処理用DICOM PACSワークステーションにすることができる。

当院の診察室では、世界最高速レベルのパソコンであるMacProに専用グラフィックカードを2枚搭載し、30インチ・シネマディスプレイを接続したシステムを使用している。総額で60万円程度と「パソコン」レベルとしては高価であるが、インストールするアプリケーション“OsiriX”のbasic版は無償であり、PACSとしてはその機能に鑑みればむしろ安価と言える。OsiriXはバージョンアップも無償で、さらに機能が付加されて、2011年6月現在ver. 3.9.2が最新版である。

(3) 画質/診断能力

日本脳ドック学会で刊行している「脳ドックのガイドライン2008」では、“磁場強度の差など装置により描出能に違いがあることは前提として認識しておくべきである”との記載があり³⁾、脳動脈瘤の診断には高磁場装置が推奨されている^{4)~6)}。確かに1.5T以上の高磁場装置に比較すると、中・低磁場装置ではS/N比が低下するため、3d-TOFで得たデータから作成されるMIPやVR法による3d-MRAの画質に影響する。径が1mm以下の細い血管ではS/N比の差は明らかな血管描出能の差となり、高磁場・超高磁場装置に比べて中・低磁場装置の画質が劣ることは否定できない。しかし、現在調査進行中のUCAS Japanなどによっても示されているように、臨床的意義のある脳動脈瘤の検出、すなわちウィリス動脈輪近傍で径が2mm以上ある血管の異常な膨らみ(脳動脈瘤疑いも含めて)を検出する上においては、0.4Tの装置でも高磁場装置に比べて格段に劣るということはなく、さらにOsiriXのような画像解析アプリケーションを併用して得られるVRによる3d-MRAは、脳動脈瘤の診断において十分な力を持っていると考える。

携帯電話などに付属するデジタルカメラの画質の進歩でも容易に理解できるように、ここ10年程のデジタル画像の発展は目覚ましいものがある。上記「脳ドックのガイドライン」の記載は、参考文献を確認すると2000年より前のデータに基づいたものであり、中・低磁場装置と言えどここ10年での画質の向上は明らかであり、さらにデジタル画像処理機能、OsiriXなどの画像解析アプリケーションの進歩などと相まって、デジタル医用画像の飛躍的改善は明らかであり、「脳ドック」の診断レベルでは中・低磁場装置が高磁場装置に比べて明らかに劣るとは言えないと考える。また、美しいMRA像は、機種やアプリケーションの性能にのみ依存するのではなく、脳血管系の知識と経験の豊富な専門医が「きれいな血管像を作ろう」という意図を持って作成するという点が大事であり、単純に高磁場装置＝優れた綺麗なMRAという考えは正しいとは言えないと考える。

(4)3d-MRA

MRAによる脳血管系の診断には、通常MIP画像を角度を変えて作成しこれを縦および横方向に回転させる「疑似」3次元MRAが汎用されているが、この方法では小さな脳動脈瘤や瘤疑いの血管の膨らみはたとえ高磁場装置であっても判断しにくいことがある。著者は、脳神経外科医として診断のみならず開頭手術や血管内治療を行う上で、これまでに複数の病院でいくつかの高磁場MRI装置によるMRA作成に関わった経験がある。前後または左右方向に回転させても正常血管の陰になりやすい内頸動脈・後交通動脈(IC-PC)分岐部では血管病変を診断しにくいと感じることが多く、画像処理に時間がかかってもあらゆる角度から観察できる真の意味での3次元画像再構成を作成し、もっとも見やすく診断しやすい角度での観察を行うことが有用であることを実感してきた。OsiriXによるVR 3d-MRAは真の3次元表示であるため、地球上を回る人工衛星から地表を眺めるように、脳の血管をあらゆる方向から観察することが可能であり、上記のIC-PC分岐部でも観察が容易である⁷⁾⁸⁾。そのため、高磁場装置のMIP画像を回転させる疑似3d-MRAに比べると、当院のVR 3d-MRAの方が診断能力で優ると言っても過言ではないと考えている。しかも、その画像処理は非常に容易で高速であり、特殊な知識がなくてもすぐに実践可能である。

VR 3d-MRAの利点は、フィルムや紙面上の「静止画」ではなく、モニター上の「動画」によってこそ実感できる。3次元画像であるため、最も見やすい、最も診断しやすい角度やサイズを自由に变化させて、動画として観察し診断することができる。静止画しか呈示できない本論文上でこの利点を紹介することには限界がある。

(5)その他の撮像法

図1に示すように、当院の脳ドックでは6種類の撮像法による脳MRI検査とTOF法による脳MRAを施行している。0.4T装置の場合、高磁場・超高磁場装置に比べてS/N比が低いいため、functional MRIやfiber trackingなどの特殊で機能的な脳検査には適さないが、ハードウェア・ソフトウェアの進歩によって、予防的スクリーニングが目的である脳ドックの診断には十分な画質が得られている。

TOF法の限界として、流速の遅い、または渦流を形成するような血管構造では描出されにくくなる。症例3(図6、図7)に示すように、内部が一部血栓化した解離性脳底動脈瘤では内部の血流速度が非常に遅いためか、ごく一部しかMRAでは描出されていない。通常のT1-WIなどで腫瘍性病変として描出されているが、全体像を掴むためには図7に呈示したように、脳槽とのコントラストをつけ、斜台に平行なスライスである厚みを持った撮像法であるBPAS法による画像がわかりやすかった⁹⁾。

腫瘍性病変では通常ガドリニウム増強剤を静脈注射してコントラストの増強を図って診断性能を高めるが、予防的スクリーニング検査故に低侵襲であることが特徴の一つである脳ドックでは通常増強剤の注射は行わない。しかし、症例4(図8)のように、病変によってはT1&T2-WIとFLAIR法による信号の違いが明らかで、腫瘍の形状もよくわかる。この腫

瘍は、その形と部位および各撮像法の特徴から、髄膜腫を強く疑ったが、手術の結果はやはり髄膜腫であった。

5. まとめ

当院におけるオープンMRI活用例を脳ドックを中心に紹介した。「脳ドックのガイドライン」などに磁場強度の低い装置での描出能を問題視する文言があるが、0.4Tの中・低磁場装置でも予防的検診を目的とした脳ドックには十分な画質が得られ、さらに3D画像作成機能の優れたPACSを使用することで、高磁場装置のMRAにも遜色のない、またはそれを凌ぐような見やすく美しい画像を得ることができた。Mac上で稼働するOsiriXを使用した当院のシステムは、比較的lowコストの中・低磁場MRI装置と安価なPACSの組み合わせで高画質の検査結果が得られるため、診断における検者のストレスを軽減した。受診者の益となる画質を提供するMRIシステムのさらなる改善、進歩が望まれるが、同時にOsiriXのようなアプリケーションの発展も期待される。

※ APERTOおよびAPERTO Inspireは株式会社日立メディコの登録商標です。

参考文献

- 1) 「IV. クモ膜下出血」. 脳卒中治療ガイドライン2009, 脳卒中合同ガイドライン委員会編.
- 2) 片倉康喜: オープンソースソフトウェアOsiriXを活用した高性能PACS. 脳神経外科, 34: 208-214, 2006.
- 3) 「8.MRA検査」. 脳ドックのガイドライン2008, 40-41, 日本脳ドック学会「脳ドック今後の課題検討委員会」「脳ドックのガイドライン検証・改訂委員会」編, 2008年10月.
- 4) 三木均: 「IIA-2. 未破裂脳動脈瘤」. 日本医師会雑誌生涯教育シリーズ80「画像診断update」検査の組み立てから診断まで. 140(1): S60~S61, 2011.
- 5) Korogi Y, et al.: MR angiography of intracranial aneurysms: a comparison of 0.5 T and 1.5 T. Comput Med Imaging Graph 21: 111-116, 1997.
- 6) 「V. 5-1 未破裂脳動脈瘤の診断とスクリーニング」. 脳卒中治療ガイドライン2009, 脳卒中合同ガイドライン委員会編.
- 7) 佐藤透: 脳動脈瘤診断におけるボリュームレンダリング法による3次元MRAの有用性. 画像診断21: 886-889, 2001.
- 8) 加藤孝顕, ほか: Volume rendering MRAによる脳動脈瘤とinfundibular dilatationの鑑別-後交通動脈と前脈絡動脈の描出能の工夫-. CI研究24: 185-195, 2002.
- 9) 長畑守雄, ほか: Basi-parallel anatomical scanning (BPAS)-MRIによる椎骨脳底動脈の外観表示. 日本医学放射線学会雑誌 第63巻 第9号.