

地域中核病院におけるオープンMRI “Aperto”の使用経験

Clinical Experience with Open MRI "Aperto" at a Regional Core Hospital

佐藤 始広¹⁾ Motohiro Sato
河島 通久²⁾ Michihisa Kawashima
高坂 功¹⁾ Isao Takasaka
奥村 敏之¹⁾ Toshiyuki Okumura

勝山 裕之²⁾ Hiroyuki Katsuyama
松本 浩幸²⁾ Hiroyuki Matsumoto
根本 景子¹⁾ Keiko Nemoto
塩山 靖和¹⁾ Yasukazu Shioyama

¹⁾茨城県立中央病院・県地域がんセンター 放射線科
²⁾茨城県立中央病院・県地域がんセンター 放射線技術科

オープンMRIの性能は近年急速に進歩しており、これまでは超伝導装置のみで可能であったSingle/Multi shot EPIやBalanced SARGEなどの撮像シーケンスが実用化され、高磁場装置に匹敵する画像が提供されるようになってきている。われわれの施設では、1.5T超伝導装置に次ぐ2台目のMRIとして導入されたオープンMRI装置 “Aperto[®]” によって、小児や閉所恐怖症、体位制限のある患者などの幅広い検査に柔軟に対応が可能となった。その初期経験について臨床症例の呈示とともに評価報告する。

The progress of the performance of the Open MRI in recent years has realized such imaging sequences as Single/Multi-Shot EPI and Balanced SARGE, which had been in use only with super-conductive magnetic field system, resulting in to provide the images with quality equal to those by high magnetic field systems. At our institution, the Open MRI system "Aperto[®]", introduced as the system second to a 1.5T super-conductive magnetic field system, has made it possible to cope flexibly with examinations ranging widely from infant, claustrophobic to limited-posture patients. The present paper reports on our early stage experience and evaluation together with presentation of certain clinical cases.

Key Words: Open MRI, MRA, DWI, Balanced SARGE

1. はじめに

病床数500、外来患者数1,000人/日の県中央部の地域中核病院として機能する当院に0.4TオープンMRI “Aperto[®]” が導入されて約8ヶ月が経過した。当初は2台目のMRI装置として他社の1.0T超伝導装置も候補に挙げられたが、①小児や閉所恐怖症の患者さんにも対応できる点、②整形外科領域のKinematic MRIが可能である点、③凍結治療を含めたMRIガイド下インターベンションへの応用ができる点、④ランニングコストが安価である点などを総合的に考慮して永久

磁石型中磁場装置である本装置が導入された。Kinematic MRIやMRIガイド下インターベンションに関しては現在の段階では臨床応用には至っていないが、高速かつ高機能撮影が可能の本装置を用いて、本院では頭部、関節、脊椎領域を中心に1日10～15件前後の検査を施行している。本稿では、これら臨床例の報告とともに本装置が1.5T超伝導装置に続く2台目の装置としていかに本院で活用されているかについて紹介する。

2. Apertoの臨床例

2.1 頭部領域

Apertoは傾斜磁場強度22mT/mで渦電流発生を抑制するEddy Current Suppress型傾斜磁場コイルが採用され、Single/Multi shot EPIの撮像シーケンスが搭載されており、拡散強調画像の撮像が可能である¹⁾。図1に急性期脳梗塞患者における拡散強調画像を呈示する。Apertoの拡散強調画像は撮像時間がやや長いものの、磁化率アーチファクトが出にくいため頭蓋底の歪みの少ない画像が得られる。拡散強調画像および以下に述べるMR Angiography(以下MRA)が臨的に十分対応できるものであるため、本院ではAperto導入

後は1.5T超伝導装置1台の時には十分に対応できなかった急性期脳梗塞患者に随時対応できる体制が整った。ただ、拡散強調画像に関しては撮像時間が長い点や拍動によるアーチファクトが出やすい点など今後改善が望まれる点もある。

頭部MRAは、multislabでオーバーラップさせ約10分かけて撮像している。このMRAの画像は当初われわれが予想していたより高画質で、脳の主要血管の有意狭窄や閉塞性病変の検出には問題なくその検出に威力を発揮している(図2)。また、Volume Rendering機能が備わっているために²⁾、MIP像でわかりにくい血管の前後関係の把握や動脈瘤の性状の把握に役立っている(図3)。さらに、本装置にはPC(Phase contrast)MRAも搭載されており、以下に述べる造影MRAと併

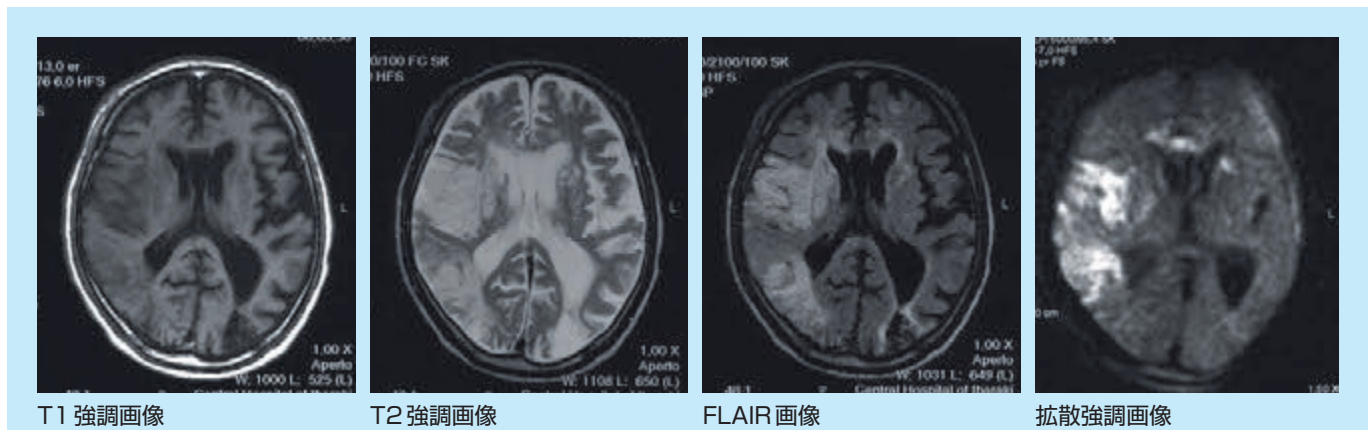
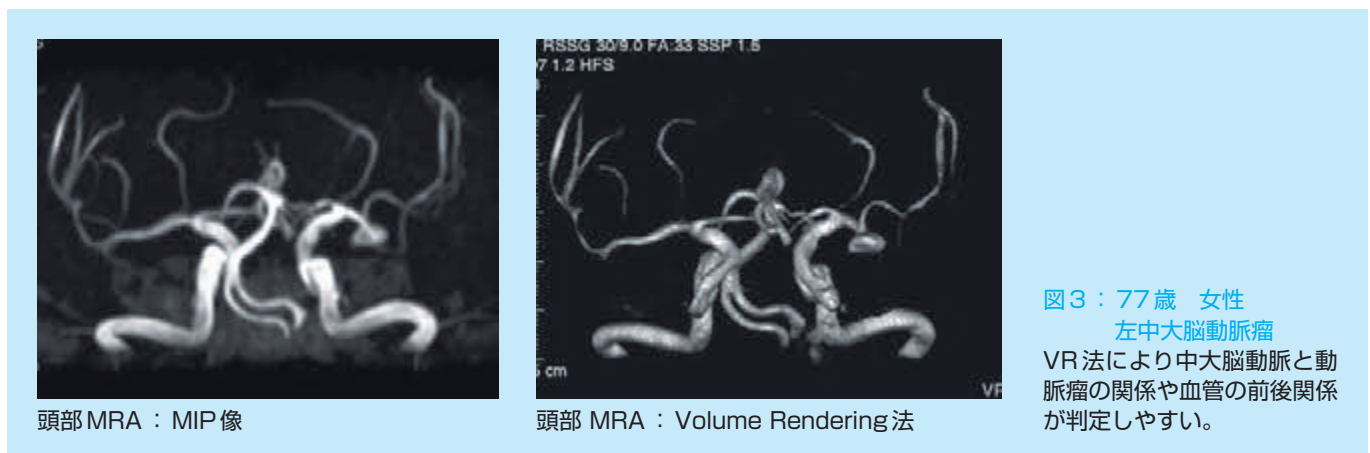
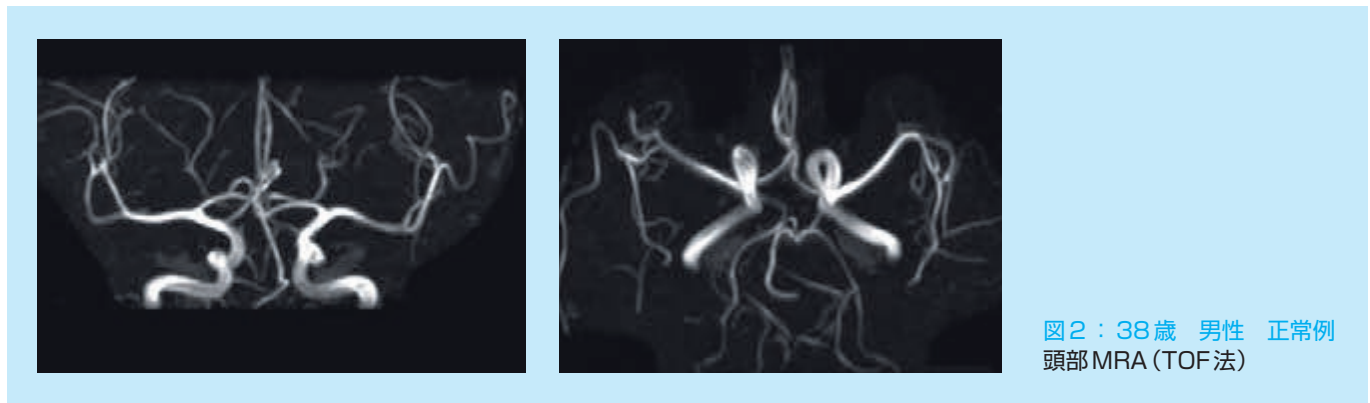


図1：78歳 男性 急性期脳梗塞

拡散強調画像で右中大脳動脈還流域を中心とする急性期梗塞巣が明瞭に描出されている。



せて多彩な撮像が可能である(図4)。

なお、本院では急性期脳血管障害患者に対しFLAIR画像、拡散強調画像、頭部MRAを基本撮像としており、この3シーケンスの撮像を行っても20分以内で終了できる。この基本撮像のほか必要に応じて他の撮像法を追加している。

転移性脳腫瘍の検出にはGd造影T1強調画像が必須であるが、T1短縮効果は磁場強度に比例するので、0.4Tの本装置において基本的に造影剤の倍量投与を行い検出率の向上を図っている。

図5に5歳女児の左側頭葉脳挫傷の症例を呈示する。この患児は撮像中母親にMRI室内で付き添ってもらうことで撮像が可能であった。トンネル型の超伝導装置では検査の遂行は不可能であった症例である。本症例のような頭部外傷や脳梗塞急性期など状態の良くない症例においては患者さんの状況が非常に観察しやすいのも本装置の利点である。

2.2 脊椎・関節系

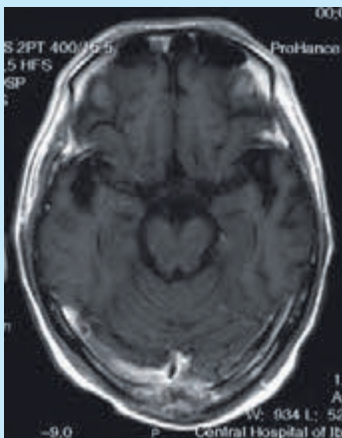
ガントリーがシングルピラー(一本柱)で320°の開口径を有するApertoでは、撮像時の体位の制限が緩和され、整形領域などで患者さんに優しい設計がなされている^{1)~5)}。

また、寝台の横移動が300mm可能な本装置では、撮像部位を容易に磁場中心へポジショニングできるため、画像の歪みの少ない高画質の画像が得られる。

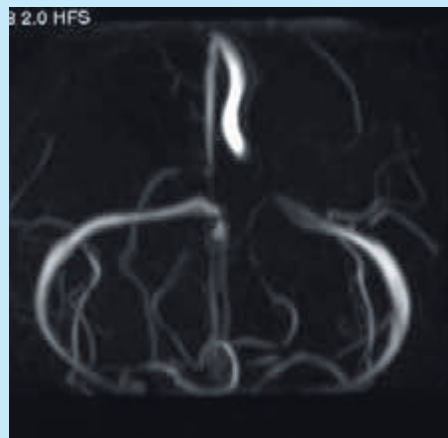
関節系はT1強調画像、T2強調画像、プロトン密度画像、T2*画像、STIR法などを適時組み合わせ撮像している(図6、図7)。最近のバージョンアップでDixon法を用いた脂肪抑制T2強調画像の撮像が可能となり²⁾、肩関節腱板断裂の評価などに役立っている。また、Balanced SARGE(Steady-state Acquisition with Rewound Gradient Echo; BASG)はSSFPを利用した高S/N比、高速シーケンス(Coherent型 gradient echo法)である。短時間で水成分を強調した3D画像が取得可能で関節軟骨を良好に描出でき、関節領域の診断に応用している。

一方、脊椎領域においてはDEFSE(Driven Equilibrium FSE)という通常のFSE計測後にRFパルスを付加して横磁化を強制的に縦磁化へ緩和させることにより、短いTRでT2強調画像が得られる撮像法が可能である。このため通常の約1/2の時間でT2矢状断像が得られる(図8)。

以上のように脊椎・関節系に関しては比較的短時間で良好な臨床情報を提供できるが、Apertoは最大有効視野がや

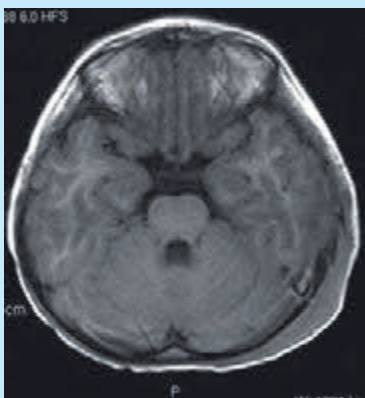


造影T1強調画像

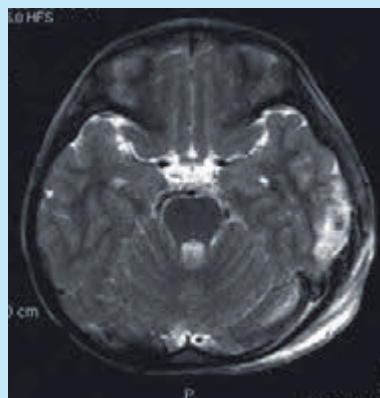


Phase Contrast (PC) MRA

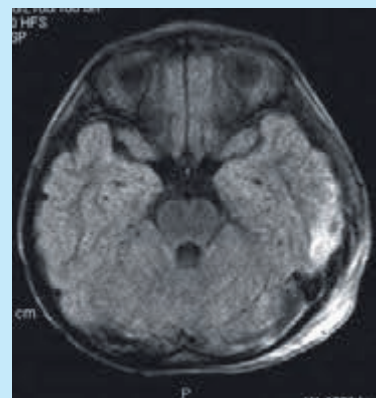
図4：77歳 男性 後頭骨骨転移
後頭骨正中部にGdにて増強される
転移性骨腫瘍が描出され静脈洞を圧
迫している。静脈洞の圧迫の様相は
MRA(PC法)で明瞭に描出されて
いる。



T1強調画像



T2強調画像



FLAIR画像

図5：5歳 男児 左側頭葉脳挫傷

母親にMR室内で患児に付き添ってもらうことで体動のない良好な画像を得ることが可能であった。

や狭く体格のよい男子などでは全胸椎や両側股関節が一度にスキャンできない点は今後改善が望まれる。

2.3 腹部領域

腹部・骨盤領域の検査には撮像時間の問題や画質などの点で高磁場装置の優位性は明らかだが、その中で肝特異性造



T2*矢状断像



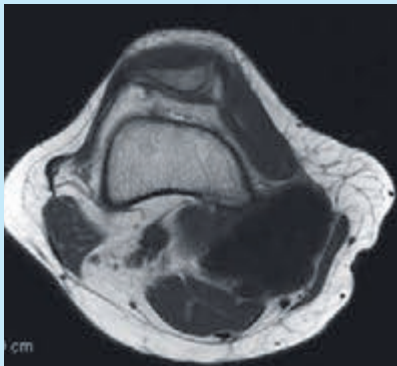
プロトン密度矢状断像



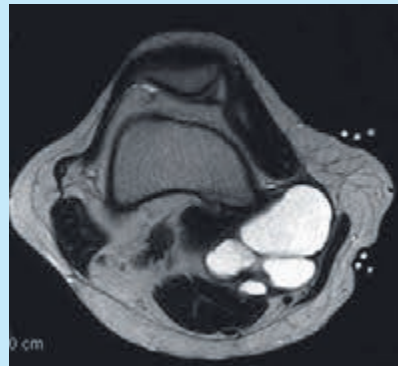
T2*冠状断像

図6：9歳 女児 右膝外側円板状半月板

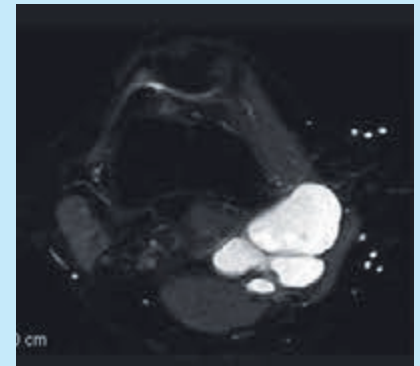
変性・断裂に陥った外側円板状半月板が明瞭に描出されている。本例も小児例であるが問題なく検査が遂行できた。



T1強調横断像



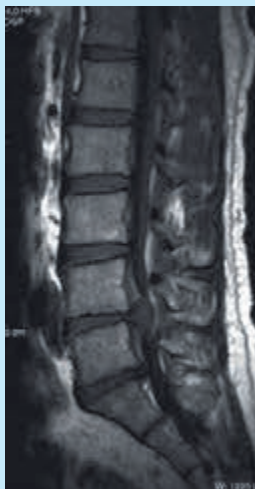
T2強調横断像



STIR横断像

図7：58歳 男性 右膝Baker嚢腫

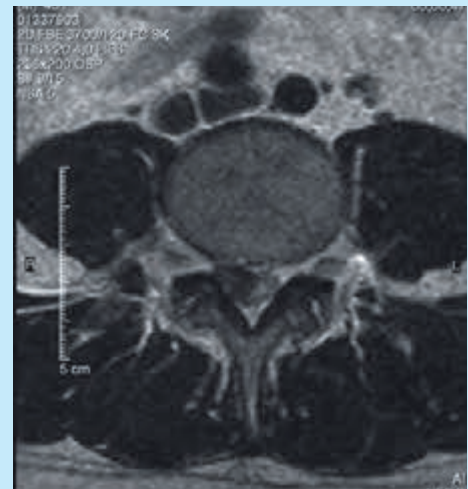
Baker嚢腫の広がりがいずれのシーケンスでも明瞭に描出されている。ApertoではSTIR画像も高画質画像が得られる。



T1強調矢状断像



T2強調矢状断像



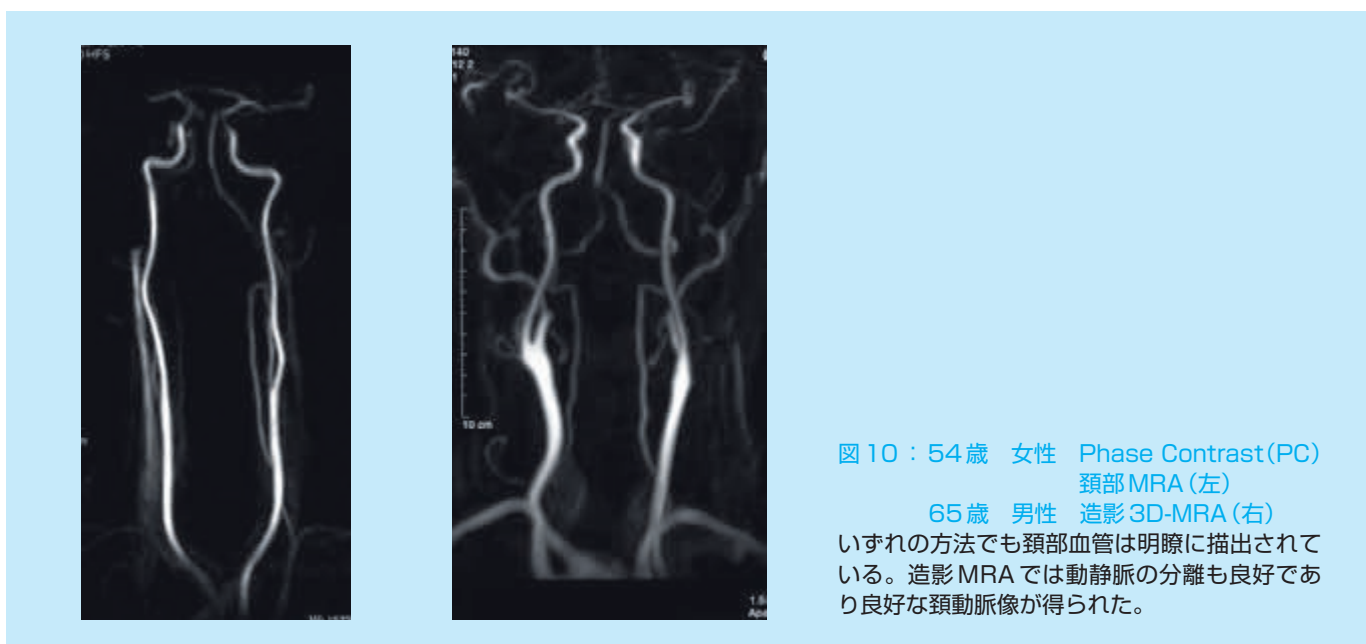
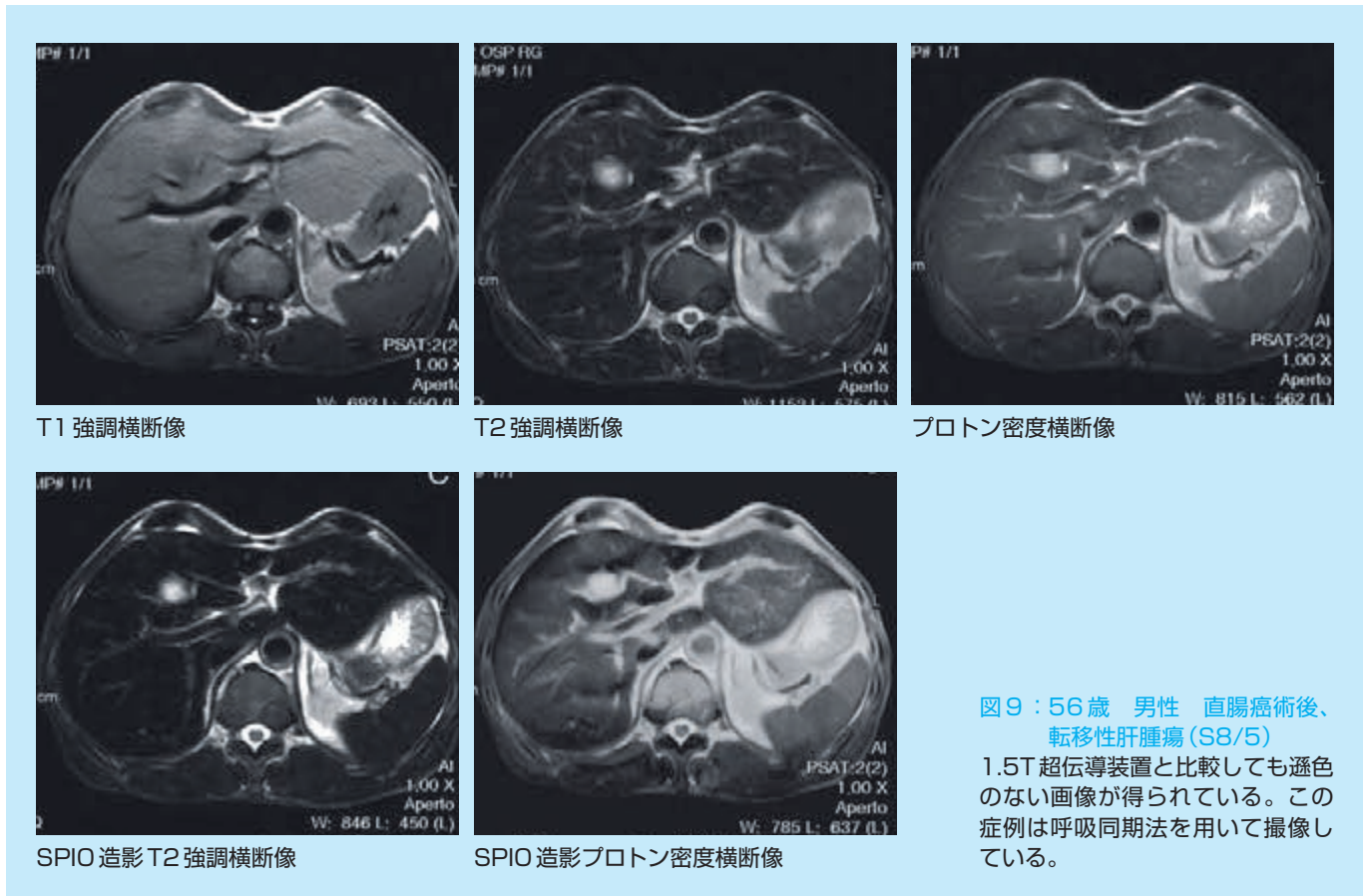
T2強調横断断像 (L4/5)

図8：48歳 男性 腰椎椎間板ヘルニア(L4/5)

造影SPIOを用いた造影MRIは良好なコントラストの画像が得られ、1.5T超伝導装置と比較しても十分臨床の場で使用できるものと考えられる⁹⁾。まだ症例が少なく1.5T超伝導装置やCTAPとの比較データは呈示できないが、現在のところ転移性肝腫瘍において1.5T超伝導装置と遜色ない検出率が得られている。図9は検査時に呼吸停止が十分できない患者であったため、呼吸同期法を用いた撮像を施行した症例である。この撮像において肝転移巣は良好に描出されている。

2.4 造影MRA

造影MRAは3D GE RSSGのシーケンスを用いているが、新しいバージョン(Ascending 5.0)ではPEAKS(PEAK Artery enhancing K-space filling sequence)という新しいEcho Allocationにより、血管描出能と動静脈分離能が向上し良好なMRA画像が得られる²⁾。本院ではこの造影MRAを特に動静脈分離の困難な頸部血管領域を中心に臨床応用し、良好な結果を得ている(図10)。



3. 本院でのApertoの活用法

本院で本格的にApertoが稼働したのは2004年の4月である。この4月以降の月別稼働状況の推移を院内症例と院外紹介患者に分けて図11に示す。本装置での検査件数は導入後増加傾向にあり、その15～20%を院外の紹介患者が占めている。当初は1.5T超伝導装置との兼ね合いから頭部領域、脊椎・関節領域に限定した使用を考えていたが、前述のように上腹部領域や造影MRAなど他の領域においても高画質の画像を提供することが可能であり、その適応疾患は徐々に広がっている。ただ、現在でも検査の90%以上は頭部領域と脊椎・関節領域で占められており、高磁場装置を有する施設での使用方法としてはやはり症例により検査を振り分けざるを得ない。しかし、それまで3週間から1ヶ月の検査予約待ちであったものが、Apertoの導入で1週間以内には多くの症例が検査可能となっている。また、本院においては年間500～600件の院外からのMRI検査の依頼がある。このうち70%以上は頭部領域ないしは脊椎・関節領域であり、Aperto導入以降はそれらほとんどの症例は本装置で検査を行っている。このため院外患者さんの検査待ち時間が解消され緊急MRI(当日依頼の院外MRI)にも対応できるようになり、紹介元の先生方や患者さんには好評である。さらに、画像の点でも十分満足のいくものと評価していただいている。

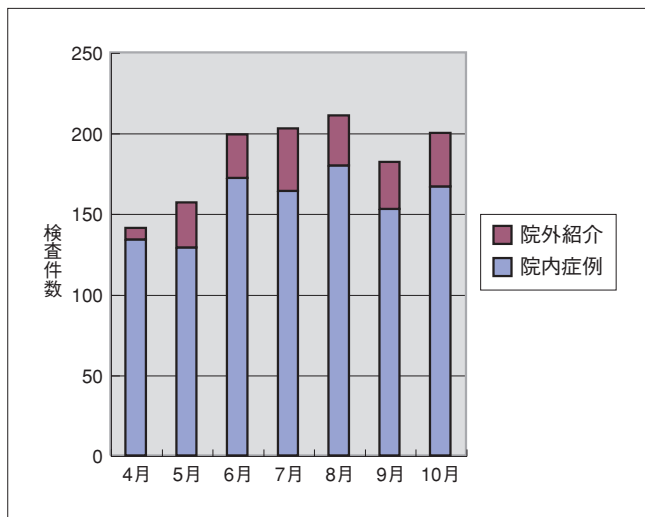


図11：本院におけるApertoの月別検査件数推移

4. Apertoへの今後の期待

インターベンションへの応用に関しては、凍結療法の治験が終了し薬事申請中であり、その保険適応の認可が期待される⁶⁾。Apertoでは永久磁石オープン型の装置としてはこれまでにない高画質の画像が得られるため、インターベンションへの応用に際して、より精度の高い治療が可能となるであろう。ただ、ギャップは38cmでありインターベンションを行うにはより広いスペースが欲しいと感じられる。

Kinematic MRIに関してもさらなる高速撮像法の開発とともに、今後動態評価のための補助具の開発が期待される。

また、試用機レベルではパラレルイメージングも可能になっており⁷⁾、今後臨床機にも導入され、さらなる高画質・高速の撮像が実現するものと期待される。

5. 終わりに

0.4T永久磁石型オープンMRI “Aperto”の初期使用経験について述べた。本装置は中磁場の永久磁石装置としてはSingle/Multi shot EPIやBalanced SARGEなどのこれまで高磁場装置のみで可能であった撮像シーケンスが搭載され、高画質の画像を短時間で撮像できる。地域中核病院として機能する本院においても本装置の導入によって小児患者や体位制限のある患者などの検査も可能となり、超伝導装置と併用することでさまざまな症例に柔軟に対応可能となった。今後その臨床的有用性の検討とともにインターベンションへの応用を図っていきたいと考えている。

※ Apertoは株式会社日立メディコの登録商標です。

参考文献

- 1) 吉野仁志, ほか: 永久磁石型オープンMRI Apertoの開発. Medix, 37: 29-34, 2002.
- 2) 高橋哲彦, ほか: オープンMRI装置における新技術開発. Medix, 39: 40-44, 2003.
- 3) 落合礼次, ほか: 永久磁石MRI “Aperto”の臨床経験. Medix, 38: 8-11, 2003.
- 4) 押立知也, ほか: オープンMRI Apertoの臨床症例 — 新旧MRI装置の臨床データをふまえて —. Medix, 39: 18-21, 2003.
- 5) 山下康行, ほか: 国立大学付属病院におけるApertoの使用経験. Medix, 40: 15-20, 2004.
- 6) Harada J, et al: Initial Experience of percutaneous renal cryosurgery under the guidance of a horizontal open MRI system: Radiation Medicine, 19: 291-296, 2001.
- 7) 瀧澤将宏, ほか: オープンMRI Apertoの頭部パラレルイメージングの開発. Medix, 40: 42-45, 2004.