

国立大学附属病院における Apertoの使用経験

Experience of Using Aperto at a National University Hospital

山下 康行¹⁾ Yasuyuki Yamashita
肥合 康弘²⁾ Yasuhiro Hiai

林田 佳子¹⁾ Yoshiko Hayashida

¹⁾熊本大学大学院医学薬学研究部 放射線診断学部門
²⁾熊本大学医学部附属病院 中央放射線部

近年、磁気共鳴撮影の技術革新が進み、通常画像撮像のみならず、高度の技術を要する撮像法が高磁場の機種を中心に開発されている。永久磁石オープンMRIも高度の機能が要求され、その性能は急速に向上しており、従来は不可能と考えられていた撮像法が実用化されつつある。

永久磁石オープンMRIは開放性が高く被検者へ安心感を与え、操作性も飛躍的に向上し、検査姿勢をフレキシブルにできる特徴がある。さらに超電導型に対し比較的安価でランニングコストを圧倒的に減らすことができる。このオープンMRI Aperto¹⁾を導入したので、その初期経験を評価報告する。

In recent years, the technology innovation of MRI has shown a remarkable progress. Not only conventional imaging but also imaging methods which require high level techniques have been developed mainly for high magnetic field systems. Permanent magnet open-MRI system is also required to incorporate high level functions, and its rapid improvements are realizing imaging methods which were thought to be impossible to achieve in the past.

Permanent magnet MRI is featuring high openness that gives relaxed feeling to patients, rapidly improved operability and allows flexible patient's posture during examination. Furthermore, the system is relatively inexpensive and its running cost can be drastically reduced. Since our hospital has introduced this open-MRI system, we report on our evaluation based upon our early stage experience.

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

1. はじめに

近年、磁気共鳴撮影(magnetic resonance imaging : MRI)の技術革新が進み、通常のT1強調画像やT2強調画像のみならず、高度の技術を要する撮像法が高磁場の機種を中心に開発されている。一方、オープンMRIは開放性が高く患者さんの安心感があること、比較的廉価であることなど高磁場のMRIと異なった道を歩んできた感がある。しかし、オープンMRIとして高度の機能が要求され、その性能は近年急速に向上しており、従来は不可能と考えられていた撮像法が実用化

されつつある¹⁾²⁾。熊本大学医学部附属病院でも昨年末より日立のオープンMRI装置 Aperto¹⁾(0.4 tesla)を導入しており、その初期経験について述べる。

2. 機器の概要

熊本大学医学部附属病院ではこれまで²⁾台のシーメンス社製の高磁場(1.5 tesla)MRI装置が稼働しており、日立のオー

ブンMRI装置 Aperto(0.4 tesla)は3台目のMRIとして導入された。

オープンMRIはその構造から“ハンバーガー型”とも呼ばれており、高磁場で主流のトンネル型MRIと比べ、寝台に横たわった被検者は両手両脇が開放される(図1)。その結果、被検者の開放感と安心感が高まる。またシングルピラーのオープン型装置は、被検者に対する不安を大幅に軽減するとともに操作性も飛躍的に向上し、患者セッティングのフレキシブルな対応が可能となった。さらに従来超電導と比較して、永久磁石は圧倒的にランニングコストを減らすことが可能である。

Apertoは傾斜磁場強度22mT/m、SS型(セルフシールド)傾斜磁場コイルの採用により、従来の永久磁石MRIでは実用性に乏しかったMRCP(magnetic resonance cholangiopancreatography)、DWI(diffusion weighted imaging)、Balanced SARGE(BASG)、心臓のイメージングなどの撮影法も可能となっている。通常のT1強調画像やT2強調画像などに加えて、これらのパルス系列をさまざまな領域でどのように応用しているかを以下に述べる。



図1 : Apertoの外観

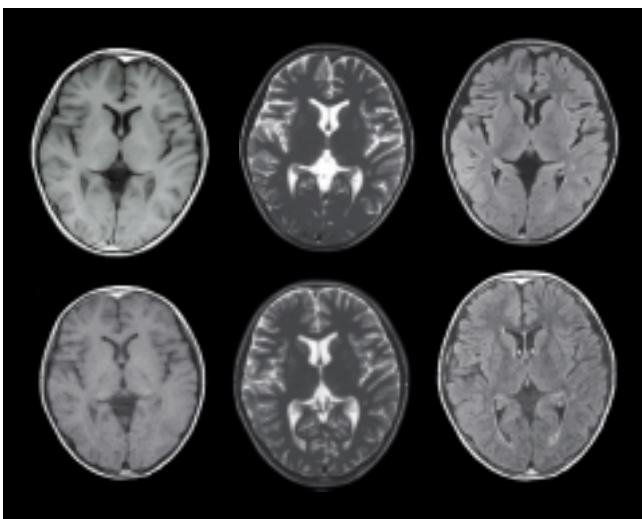


図2 : 同一患者でのAperto(上段)と1.5 tesla(下段)での頭部MRIの比較

左よりT1強調画像、T2強調画像、FLAIR画像
Apertoと1.5 teslaではほぼ同程度の分解能であり、T1強調画像の白質、灰白質のコントラストはApertoの方がむしろ勝っている。

3. 脳のMRI

MRIにおいては通常のSE法によるT1強調画像、fast SE法によるT2強調画像加えて、MR angiographyをルーチンとしてほぼ全例行っている。

図2は頭部のT1、T2WIの画像について1.5 teslaの高磁場MRIとオープンMRIを用い、同じ患者さんで比較してみたものである。オープンMRIでも微細な部分も十分良く描出され、T1強調画像ではコントラストはむしろ超電導の装置より優れている。また頭蓋底などでも超電導の装置よりアーチファクトの少ない画像が得られる(図3)。

一方MR angiographyでは、オープンMRIは臨床的には必要にして十分な画質であるが、細かな血管は若干超電導が勝っているようであった。これは1.5 teslaと0.4 teslaのSN比の差によるものであるが、SN比を上げようとすると若干撮像時間が延びる。しかし実際に臨床に問題となる血管に関しては、全く問題ないと言って良い(図4)。

Apertoでは拡散強調画像も撮像可能で、少し驚いている。超電導に比して頭蓋底の歪みが少ない画像が得られ、ADC mapを得ることも可能である(図5)。ただ、シミングや計算で時間が少しかかることがあり、ソフトの改良で時間が短縮できるであろう。

またBalanced SARGE法は水分成分を強調した画像を短時間で撮像し、高SN比・高コントラストの画像を得るシーケンスで、頭部では聴神経の描出に優れた方法である(図6)。このような特殊なシーケンスは、これまで脳神経外科領域における術前診断において、高磁場の上位機種でなければ行うことができなかった。Apertoは、従来の撮影法からこのような極めて高度な技術を要求される撮影法まで撮像可能であり、今後の診断ツールとしての有用度の高さを期待させる。

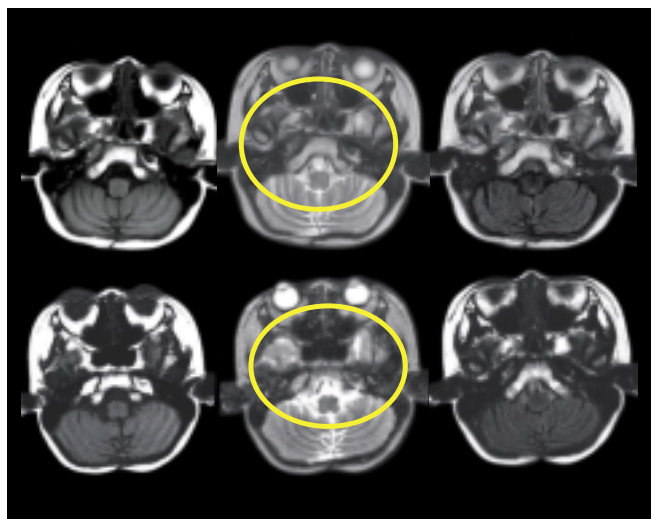


図3 : 同一患者でのAperto(上段)と1.5 tesla(下段)での頭蓋底MRIの比較

左よりT1強調画像、T2強調画像、FLAIR画像
Apertoと1.5 teslaではほぼ同程度の分解能であり、Apertoの方が頭蓋底のアーチファクトは少ない。

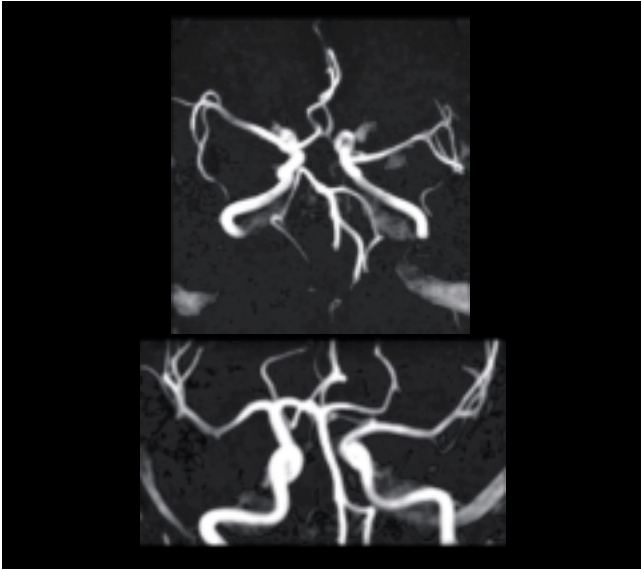


図4：ApertoでのMR angiography
臨床的に問題となる血管に関しては良好な画質が得られる。

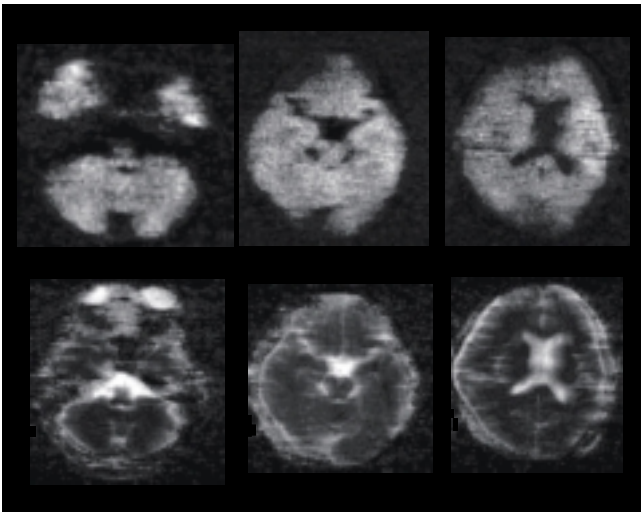


図5：Apertoでの拡散強調画像
上段 拡散強調画像
下段 ADC map

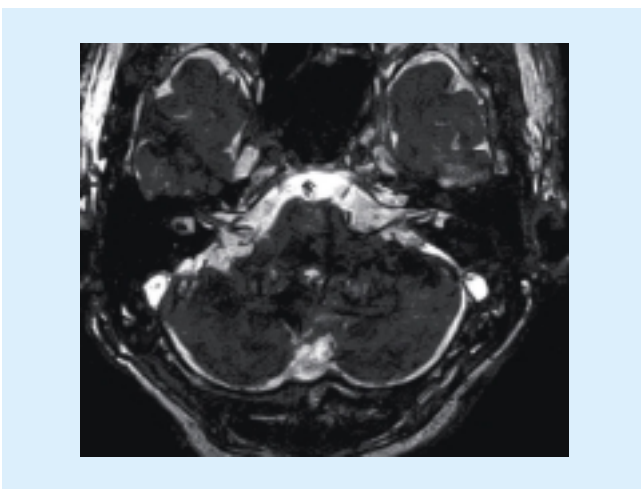


図6：BASG法による脳神経、血管の描出
BASG法は水成分を強調した画像を短時間で撮像し、高SN比・高コントラストの画像を得るシーケンスで、頭部では聴神経の描出に優れた方法である。

4．脊椎のMRI

脊椎はオープンMRIで良好な画像を得ることが可能で、コントラストが高いため、超電導の装置より画質がむしろ良好なことも少なくなく、積極的に応用している。特に仰臥位が困難で、長時間臥床が側臥位でしか無理な患者では、臨床的に大変有用である(図7)。また脊椎では手術後など金属が見られる人がいるが、そのような場合でもアーチファクトの少ない画像が得られる(図8)。さらにMR myelography(図9)やDixon法を応用した脂肪抑制によるT2*強調画像では、神経根の描出も良好である(図10)。

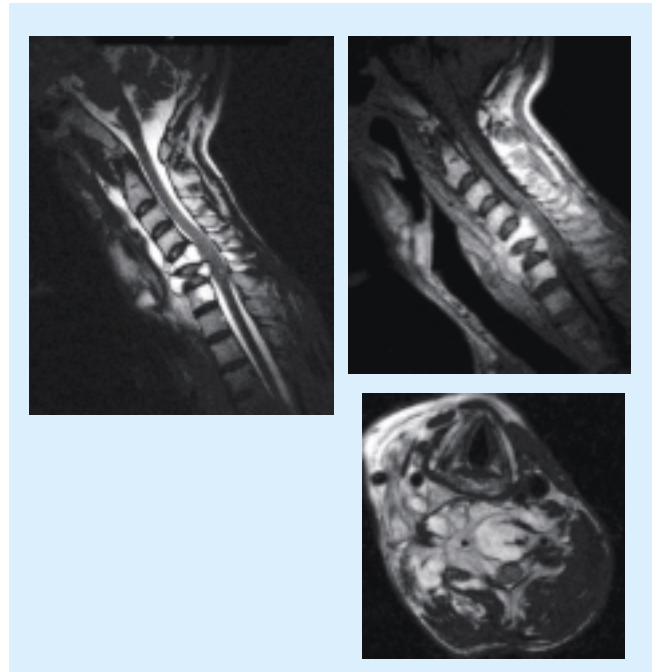


図7：疼痛のため斜め側臥位しか体位がとれない患者の頸部MRI
T2強調画像(左)、T1強調画像(右上)、T1強調画像横断像(右下)
Apertoは、仰臥位が困難で長時間臥床が側臥位でしか無理な患者では、臨床的に大変有用である。C5、C6に転移による圧迫骨折を認める。

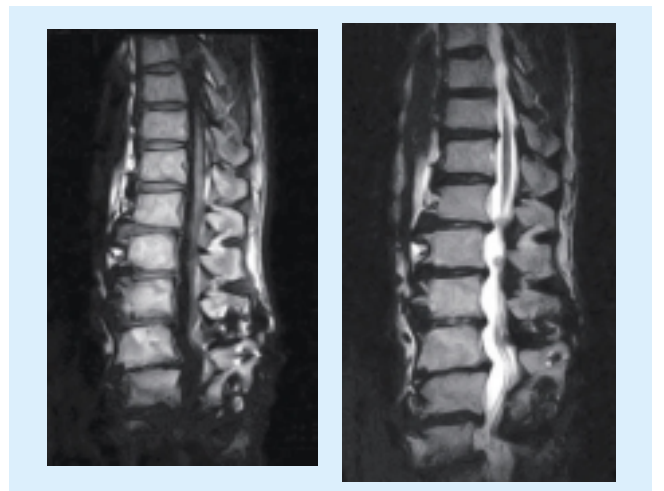


図8：後方固定術(椎体に金属あり)の周囲の膿瘍の有無の精査
脊椎では手術後など金属が見られる人がいるが、そのような場合でもアーチファクトの少ない画像が得られる。

5. 四肢のMRI

膝関節領域などの可動域の広い部位に対するMRI撮影は、その高いセットアップ能力のため開放型MRIのもっとも得意とする分野であり、患者さんにとって楽な姿勢で撮像できるメリットは大変大きい。Apertoでは膝関節、肩関節、股関節などあらゆる整形外科領域での画像診断において、詳細で診断能力の高い画像を容易に得ることができる(図11)。

膝関節などでも通常のT1強調画像、T2強調画像のみならず、Dixon法を用いた脂肪抑制法やT2*強調画像などが施行可能で、半月板や軟骨の評価に有用である(図12)。

6. 骨盤のMRI

骨盤部も他の部位同様、アーチファクトの少ない良好な画像が得られ、コントラストも良好である(図13)。また骨盤部では皮様嚢腫とチョコレート嚢胞の鑑別に脂肪抑制画像は不

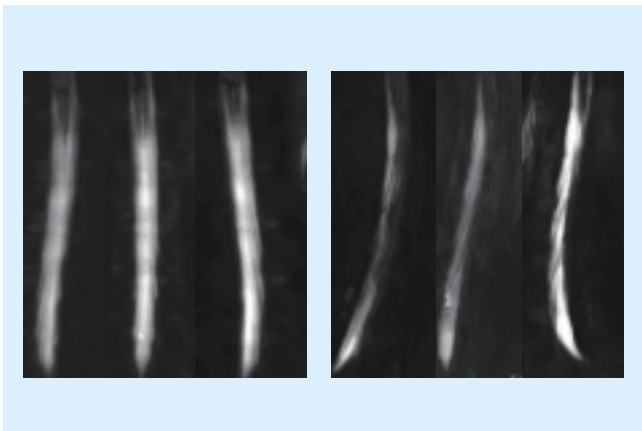


図9：MR myelography

左3点 中間位、右3点 後屈位

ApertoではMR myelographyの良好な画像が得られ、容易に中間位や後屈位などの体位を取ることが可能である。



図10：脊椎のMRI

Dixon法を応用した脂肪抑制法では神経根の描出も良好である。

可欠であるが、一般に低磁場の機械は脂肪抑制法が苦手であった。しかし、ApertoではDixon法を応用した脂肪抑制によって良好な脂肪抑制画像を得ることが可能である(図14)。

7. 腹部のMRI

腹部のイメージングはこれまでオープンMRIでは積極的に行われていなかった領域であるが、Apertoではかなり画質が向上し、血管腫の診断(図15)や鉄の造影剤であるレゾピスト²

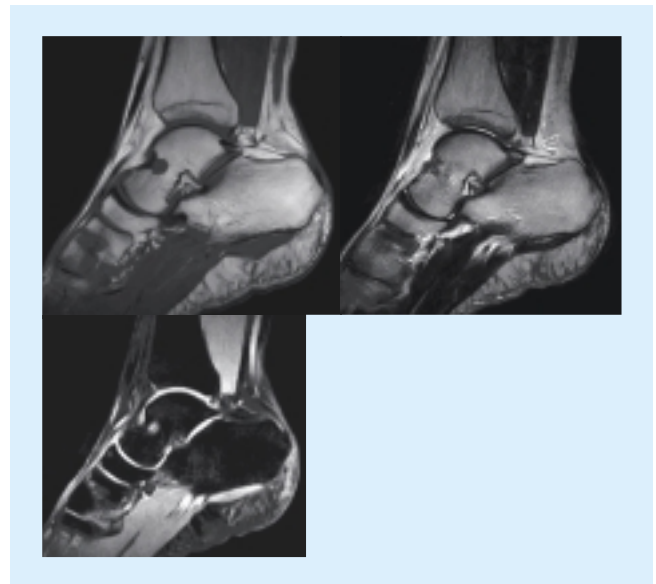


図11：足関節のMRI

上段 T1強調画像(左)、T2強調画像(右)

下段 Dixon法によるT1脂肪抑制画像

Apertoでは膝関節、肩関節、股関節などあらゆる整形外科領域での画像診断において、詳細で診断能力の高い画像を容易に得ることができる。またDixon法によるT1脂肪抑制画像では骨軟骨観察が容易である。

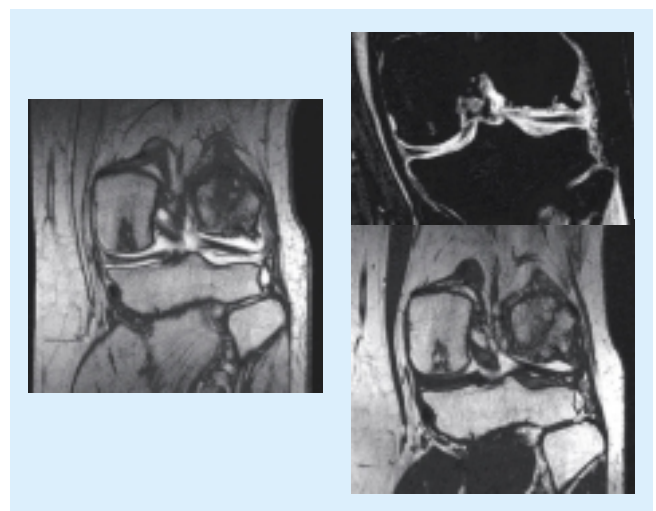


図12：膝関節のMRI

T2*強調画像(左)、Dixon法によるT1脂肪抑制画像(右上)、Balanced SARGE(右下)

膝関節などでも通常のT1強調画像、T2強調画像のみならず、Dixon法を用いた脂肪抑制法やT2*強調画像などが施行可能で、半月板や軟骨の評価に有用である。

を用いた転移の診断で良好な画質が得られている(図16)。特に呼吸停止下のT2*強調画像の画質が良好である。また、MRCPも画質は良好である(図17)。ただ、肝臓癌のダイナミックMRIについてはもう少し、適切なパルス系列の検討が必要かと考えている。

8. 心臓などその他の発展的な応用

オープンMRIは、汎用MRIとして十分な基本画質を有す

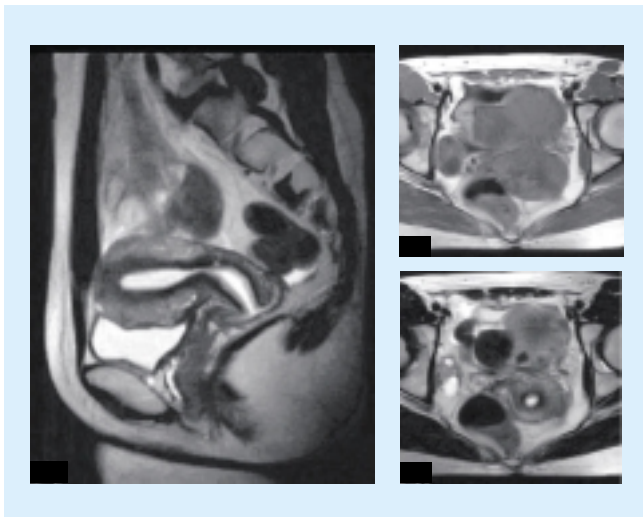


図13：子宮筋腫のMRI

T2強調画像(左)、T1強調画像横断(右上)、T2強調画像横断(右下)
骨盤部も他の部位同様、アーチファクトの少ない良好な画像が得られ、コントラストも良好である。横断像で、子宮の右側壁に筋腫核を認める。

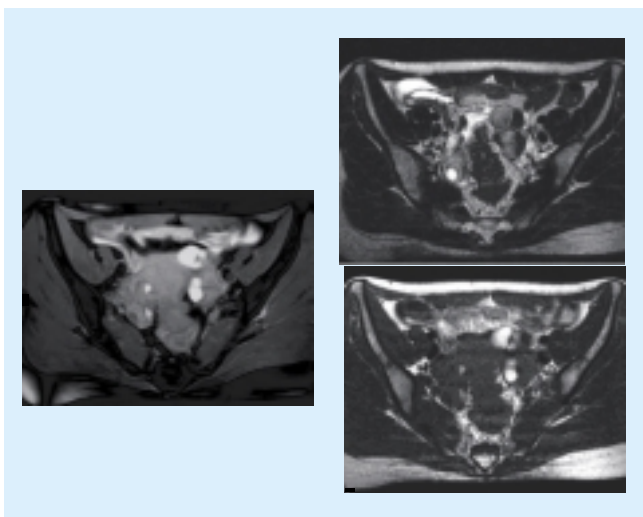


図14：Dixon法を応用した脂肪抑制画像によるチョコレート嚢胞

Dixon法を応用した脂肪抑制画像(左)、T2強調画像(右上)、T1強調画像(右下)
骨盤部では皮様嚢腫とチョコレート嚢胞の鑑別に脂肪抑制画像は不可欠であるが、一般に低磁場の機械は脂肪抑制法が苦手であった。しかし、ApertoではDixon法を応用した脂肪抑制によって良好な脂肪抑制画像を得ることが可能である。

ることに加え、従来ハイエンドの高磁場MRIでのみ可能と考えられてきた各種機能もいくつか実用化されつつある¹⁾²⁾。

高速撮影技術の向上により、MRIで心臓を高コントラスト、高分解能で撮影できるようになりつつある。特に定常状

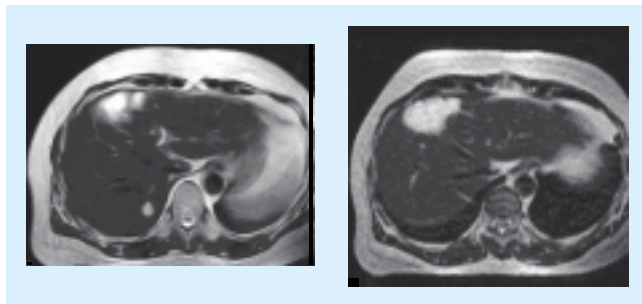


図15：血管腫のT2強調画像

呼吸下のfast spin echo法(左)、single shot法(右)
Apertoでは腹部の画質が向上し、比較的良好なT2強調画像を得ることが可能である。

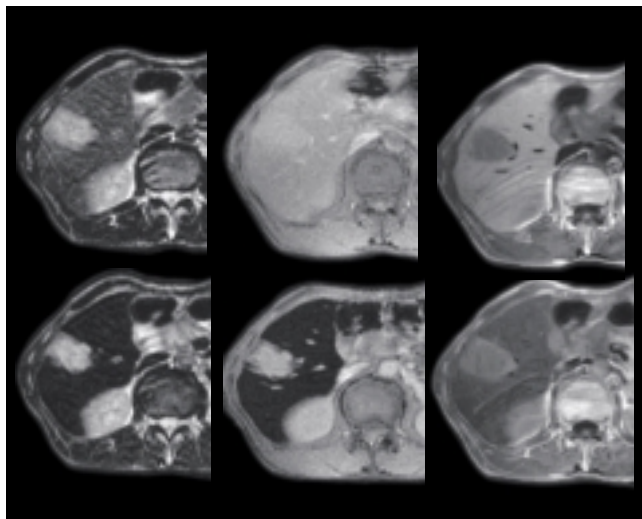


図16：転移性肝臓癌の患者のレゾピスト造影MRI

上段は造影前、下段はレゾピスト造影後
左よりT2強調呼吸同期画像、T2*強調画像、T1強調画像
Apertoにおいて鉄の造影剤であるレゾピストを用いた転移の診断で良好な画質が得られている。

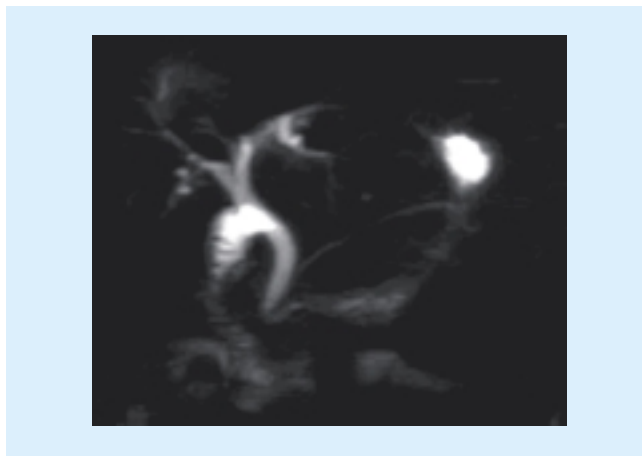


図17：single shot法によるMRCP

短時間撮像法のsingle shot法でも良好な膵胆管の画像が得られる。

態でエコーを取得するBalanced SARGEシーケンスを用いることにより、マルチスライス、マルチフェイズで心臓を高コントラストで撮影可能となった(図18)。BASGシーケンスは、T2 / T1コントラストを呈するため、心筋が抑制され心室が高信号となる。図18は非造影息止め下で撮影したシネ短軸像であり、体動アーチファクトがなく心筋・心室が高コントラストで描出されている。シネ画像を使って心室容積、壁厚、駆出率などを算出するなどの高精度な心機能解析が可能になると期待される。今後はBASGに脂肪抑制パルス(chemical saturation法：CHESS法)を併用することにより、冠動脈周辺の脂肪を抑制でき冠動脈を非造影で描出することも検討したい。

現在のわれわれの機械では実現していないが、試用機レベルでは複数の受信コイルパラレルイメージングもオープンMRIで施行可能と聞いている。今後、臨床機にも搭載され、画質の向上とともに撮像時間が一層短縮することを期待している。

低侵襲治療器の1つとして期待される冷凍治療器のイメージガイドツールとしては、北海道大学や慈恵医大柏病院などで行われている³⁾⁴⁾。今のところその装置は薬事申請中で、入手できないが、将来は導入しMRI guide下のIVRにも組みたいと考えている。またオープンMRIは手術場などでもさらに威力を発揮していくものと思われる。

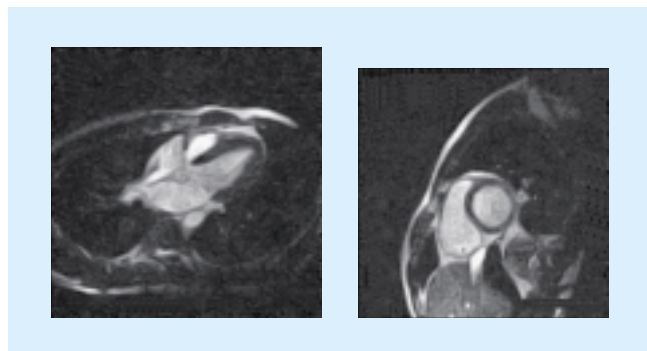


図 18 : Balanced SARGE による心臓の画像

定常状態でエコーを取得するBalanced SARGE(BASG)シーケンスを用いることにより、マルチスライス、マルチフェイズで心臓を高コントラストで撮影可能となった。

9. まとめ

ApertoによるオープンMRIの使用経験について説明した。われわれはオープンMRIを導入してまだ数ヶ月足らずと非常に短く、十分に機械の性能を引き出しているとは言い難い。しかし予想以上に性能が高く、われわれのような特定機能病院でも超電導の装置とともに使うことで、そのフレキシビリティの高さによってMRI室の機能が大幅に向上することを実感できた。今後はその臨床的有用性を各領域にわたって詳細に検討していきたい。

1 Apertoは株式会社日立メディコの登録商標です。

2 レゾピストは独国SCHERING社の登録商標です。

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) 最上拓児, ほか: 穿刺補助器具Interactive Scan Controlを使用したオープンMRIガイド下凍結療法. Radiology Frontier, 5: 2002-2.
- 4) 澤田明宏, ほか: 低侵襲治療を担う凍結治療の新しい展開. 新医療, 347: 89-91, 2003-11.