

# かかりつけ医における 1.5T 高磁場 MRI 装置 ECHELON Vega への更新と検査の標準化

Renewal of the MRI to 1.5T High Magnetic Field MRI System ECHELON Vega and the Standardization of Examination at a Regular Doctors' Hospital

高瀬 奉博 Tomohiro Takabuchi  
石井 良篤 Yoshiaki Ishii  
常廣 啓造 Keizou Tsunehiro

佐藤 章夫 Akio Satou  
濱川 竜一 Ryuichi Hamakawa  
小島 國利 Kunitoshi Kojima

木更津東邦病院

2008年8月末に、当院では以前より使用していた0.5T低磁場MRI装置から1.5T高磁場MRI装置ECHELON Vega<sup>®</sup>へ更新した。当院には放射線科専門医が常時いないため、以前よりパワーの上がったMRI装置を使用し安全かつスムーズに検査を施行するには検査の標準化が必要であった。そこで当院に読影医として来ている放射線科専門医の助言をもとに、それぞれの部位においてルーチン検査法を検討し、MRI検査の標準化およびルーチン検査法を確立した。それらを症例とともに紹介する。

The 0.5T low magnetic field MRI system which had long been working at our hospital was replaced with 1.5T high magnetic field MRI system ECHELON Vega<sup>®</sup> in August 2008. Since our hospital has no full-time radiology specialist, the standardization of examination has become necessary to conduct safe and smooth examinations using an MRI system upgraded in power from the past. Therefore, we studied the routine examination methods classified by each body area and established the standardization and routine examination method in MRI examination, based on the advices given by radiology specialists who are visiting our hospital as image-reading doctors. The process of the standardization and related cases are introduced below.

**Key Words:** KAKARITSUKE I, Standardization of Examination, Safety, RAPID, HOSS

## 1. はじめに

木更津東邦病院(図1)は、千葉県木更津市で「地域の皆様にぬくもりのある安心で安全な医療を提供し、皆様に親しまれ信頼される病院を目指します」という理念のもと地域に密着した医療を目指している病床83床の施設である。整形外科・脳神経外科・内科・外科・皮膚科・形成外科・リハビリテーション科を診療科目としており、1日の平均外来患者数は約300名である。当院のMRI検査は、9割が整形外科と脳神経外科の検査である。

2007年にMRI装置の機器更新を計画し、2008年8月末に以前より使用していた0.5T低磁場MRI装置から1.5T高磁場MRI装置ECHELON Vega<sup>®</sup>(図2)に更新した。この約2年間に更新準備としてさまざまなことを行った。また更新後は安全かつスムーズな検査を施行するために検査の標準化を行った。当院におけるMRI装置更新の経緯と更新後の検査の標準化に伴うルーチン検査法をいくつかの症例とともに紹介する。

## 2. MRI装置更新の準備

—昨年2007年に当時の0.5T低磁場MRI装置の機器更新



図1：木更津東邦病院 外観



図2：ECHELON Vega

を計画した。理由は装置の老朽化や装置維持に掛かる保守費用軽減等である。当院にマッチしたMRI装置というテーマで検討の結果、検査数の増加・高精細な画像の取得・将来への発展性などの理由から1.5T高磁場MRI装置への更新となった。

MRI装置の更新に関する院内勉強会の内容は、MRI検査の利点・欠点、CTとMRIの対比、MRIにかかわるリスクマネジメント、当院におけるMRIの役割、低中磁場と高磁場MRI装置の違い(臨床面、経営面)、MRIの機能・性能について、そして導入後は安全性向上のための注意事項の確認と再確認、吸着事故の動画供覧などである(図3)。特に吸着事故の動画供覧は、日立メディコ作成の安全VTR「MRIを安全にご利用いただくために」を用いて行い、実際の吸着事故の様子や吸着の実験を見ることでスタッフの危機管理に対する意識が上がった。また医師・看護師・事務職員等の院内スタッフの検診を兼ねての機器最終調整と標準化の基本撮像のトレーニングを順次行った。

### 3. 検査の標準化

2008年8月末に1.5T高磁場MRI装置ECHELON Vegaに更新した。最大傾斜磁場33mT/m、最大スルーレート150T/m/s<sup>1)</sup>というハイスペックな装置であり、以前の装置では撮像できなかった特殊シーケンス(3DでのMRA・MRミエログラフィー・MRCP、CHESS法・選択的水励起法による脂肪抑制)が撮像可能となり、シーケンスの種類が増加した。各部位の検査におけるシーケンスの選択や条件の設定、シーケンスと撮像方向の適切な組み合わせを考えなければならなかった(図4)。放射線科医が常時いないため、その都度対応する形はとれず、MRIルーチン検査法の作成<sup>2)3)</sup>が必要となった。そのルーチン化にあたり「臨床家のためのOpen MRIのルーチン表」を参考にして、当院の診療体制に合ったMRIルーチン検査表を作成した。

#### (1) 頭部ルーチン検査(表1)

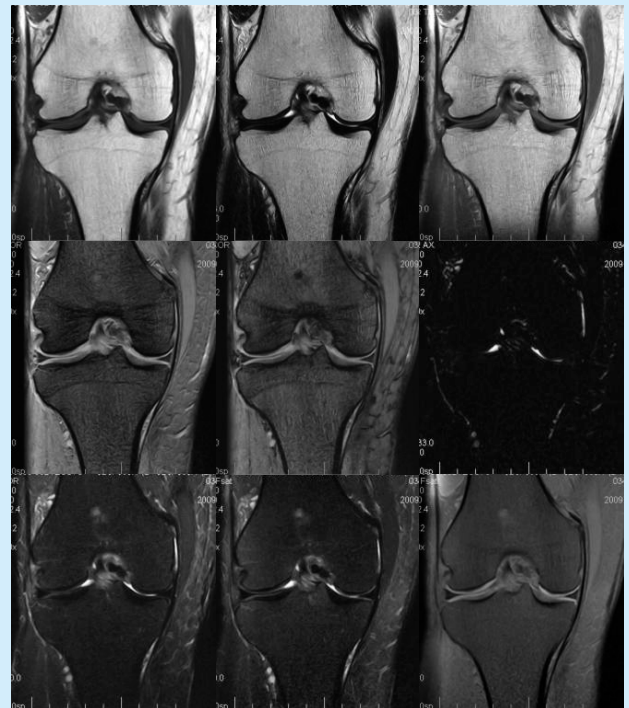
T1強調画像・T2強調画像・FLAIRの横断像とMRAの4シーケンスで撮像している。外部施設からの検査依頼、放射



図3：院内勉強会資料(一部)

線科医への読影依頼が前提となる頭部検査法においては上下方向の情報が必要なためT1強調画像の矢状断像を追加している。

MRA(3DTOF)は、通常6分5秒で撮像している。緊急時の対応の際は3分38秒の高速撮像を用いている。描出能においては、ともに末梢動脈まで描出良好であり、この装置の性能の高さと完成度の高いシーケンスがうかがえる(図5)。またRAPIDというパラレルイメージングを用いてT1強調画像・



T1強調画像	T2強調画像	プロトン密度強調画像
T2*強調画像 in phase	T2*強調画像 out of phase	HeavyT2強調画像
STIR画像	T2脂肪抑制画像	T1脂肪抑制画像

図4：多種多様なシーケンスを用いた種々の画像

表1：頭部ルーチン検査のパラメータ

画像種	断面	TR ms	TE ms	Thick mm	FOV mm	Freq	Phase	Time
T1WI	TRS	500	13.0	5.0	230	256	256	2:01
T2WI	TRS	4100	104.0			288	320	2:40
FLAIR	TRS	10000	121.0			256	224	1:41
MRA	3D	23	6.9	1.4	170	304	196	6:05
外部依頼検査等の場合の追加シーケンス								
T1WI	SAG	400	12.2	5.0	230	256	256	2:14
出血性変化を疑う場合の追加シーケンス								
T2*	TRS	438	16.1	5.0	230	256	204	0:50
超急性期・急性期脳梗塞を疑う場合の追加シーケンス								
DWI	TRS	3300	87.0	5.0	230	136	192	0:57
眩暈精査の場合の追加シーケンス								
T2WI	TRS	4000	96.0	3.0	200	224	192	3:25
T2WI	COR	3742	118.8	3.0	200	192	152	3:15
3DBASG	TRS	7	3.5	1.0	230	224	224	1:40



T2強調画像・FLAIR・MRAすべてを最短8分46秒で撮像することが可能である。

T1強調画像において高信号領域の存在を認めた場合やその他出血性変化を認めた際は、追加シーケンスとしてT2\*強調画像(out of phase)を撮像する。図6は脳基底核領域レベルにて右被殻部にT1強調画像とT2強調画像で、ともに高信号を示す領域を認める。出血性変化を疑いT2\*強調画像(out of phase)を撮像した。同部位に高信号領域と一部低信号領域の混在を認める。

発症後3時間以内の超急性期および急性期脳梗塞を疑った場合には、DWI拡散強調画像を追加する。HOSS、NATURALといった日立メディコ独自の静磁場補正・感度ムラ補正技術が有効的に働き非常に歪みの少ない、均一な安全性の

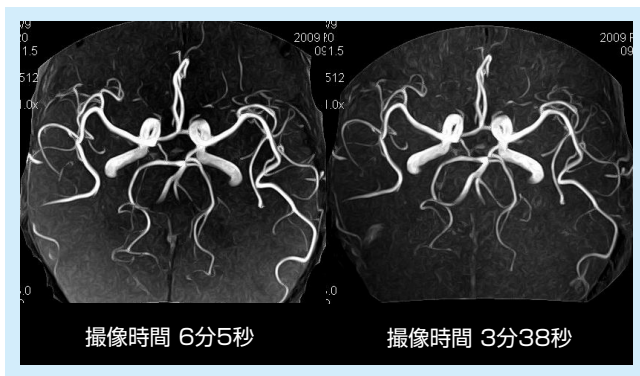


図5：通常のMRAと高速MRA(3DTOF)画像ともに末梢の描出は良好である。

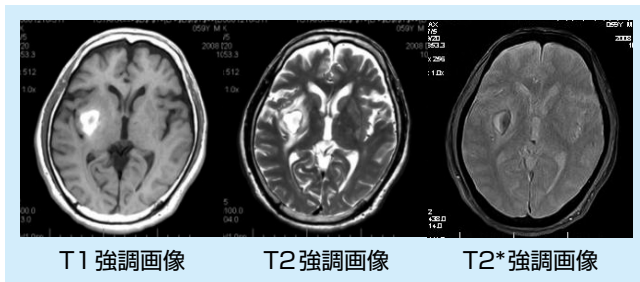


図6：右被殻出血(発症10日後) T1強調画像、T2強調画像ともに高信号を認める。T2\*強調画像で同部位に高信号と低信号が混在している。

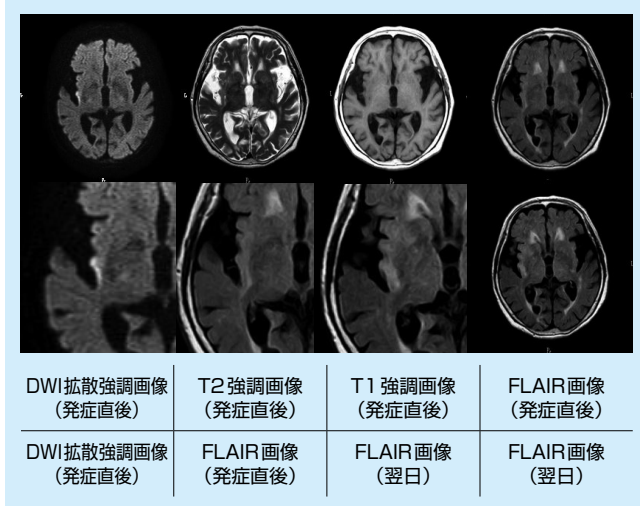


図7：超急性期の脳梗塞(発症2時間後) 右シルビウス裂皮質部に沿ってDWI拡散強調画像で高信号を認める。

高い画像が得られる。図7は発症2時間後の脳梗塞の症例である。右シルビウス裂皮質部に沿ってDWI拡散強調画像で高信号を認める。翌日のMRI検査(24時間後)では同部位に一致してFLAIR画像で高信号を認める。

眩暈や内耳等の精査の場合にはT2強調画像のスライス圧3mmの横断像と冠状断像を撮像している。また3DBASGにて内耳道のMIP像を作成する(図8)。3DBASGでは三叉神経、外転神経、前庭神経、舌下神経といった脳神経の観察に優れている。

〔パラメータ変更点〕

頭部MRI検査のルーチン化に際してパラメータ変更した箇所とその理由について以下に示す。

- ① T2WI Phase 256→320：面内分解能を向上させるために位相エンコード数を増加した。
- ② FLAIR TE 80→121：白質病変とのコントラスト差をより強調させるためにTEを延長した。
- ③ T2\* TE 14.0→16.1：出血部分の感度を向上させるため、Out of PhaseになるTEを設定した。
- ④ T1WI, FLAIR：時間短縮のために、RAPIDのFactorをそれぞれ1.6、1.8とした。

(2) 頸動脈ルーチン検査(表2)

MRA(3DTOF MTC)を撮像する。撮像範囲は大動脈弓からの腕頭動脈・左総頸動脈・左鎖骨下動脈3本の分岐部が入るようにする(図9)。

頸椎性の眩暈を疑う場合にはそのままコイル(NVコイル)

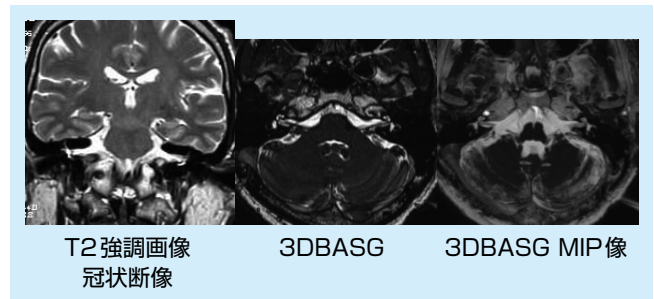


図8：眩暈・内耳精査の追加シーケンス画像 左右の内耳道内を走行する前庭神経と顔面神経が認められる。

表2：頸動脈ルーチン検査のパラメータ

画像種	断面	TR ms	TE ms	Thick mm	FOV mm	Freq	Phase	Time
MRA	3D	28.6	6.9	2.0	260	256	160	7:46

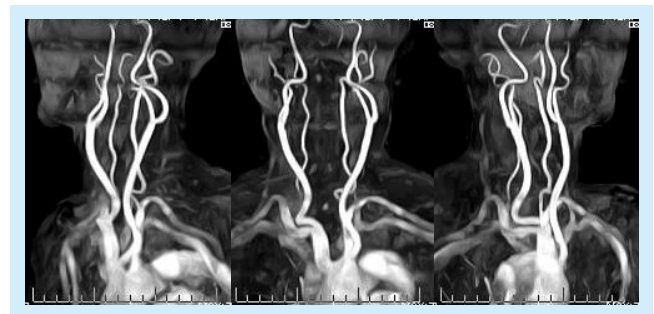


図9：頸動脈のMRA(3DTOF MTC)画像 腕頭動脈、左総頸動脈、左鎖骨下動脈の起始部や頸動脈、椎骨動脈の蛇行等も明瞭に描出されている。

を変えることなく同部位の頸椎ルーチン検査を行う。図10は頸椎性の眩暈の疑いで頸動脈検査を施行した。左椎骨動脈の一部蛇行を認め、そのままコイルを変えず頸椎ルーチン検査を施行した。

当初はBlack Blood Image(以下BBI)もルーチン検査にて行う予定であったが、標準プロトコルに不具合があり現状行っていない。頸部MRAにて異常所見があった場合にはBBIでのプラークの評価や横断像での血管壁や内腔を観察できることが望ましく、早急な開発と改善を期待する。

(3) 脊椎ルーチン検査(表3、表4、表5)

T1強調画像・T2強調画像の矢状断像 T2強調画像の横断像の3シーケンスで撮像している。T1強調画像、T2強調画像で骨髄内に異常信号が疑われたり認めた場合にはSTIRを追加する。図11は胸椎の3～8番と11番にT1強調画像で低信号、T2強調画像で低～等信号を呈す箇所を認める。STIRでは同部位に明らかな高信号を認める。

STIRは他の脂肪抑制シーケンスと比べて磁場均一度の影響

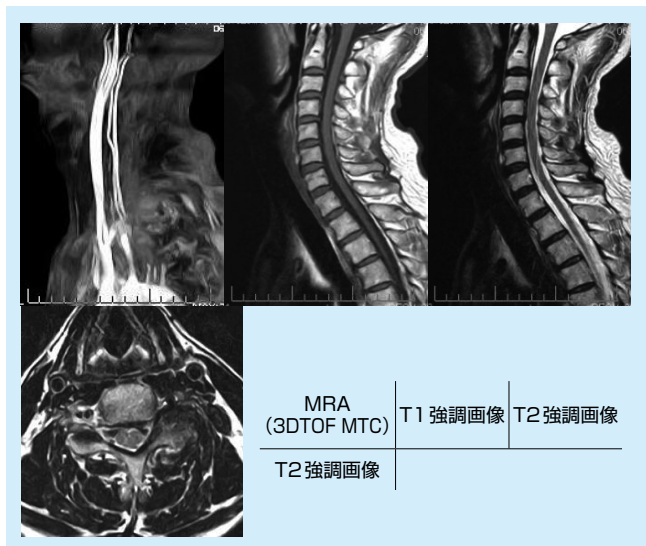


図10：頸椎性めまいの疑い  
左椎骨動脈の蛇行を認める。

表3：頸椎ルーチン検査のパラメータ

画像種	断面	TR ms	TE ms	Thick mm	FOV mm	Freq	Phase	Time
T1WI	SAG	400	8.0	3.0	220	256	256	3:25
T2WI	SAG	4000	120.0					
T2WI	TRS	2000	180.0	4.0	180	320	240	3:01
骨髄のダメージが疑われる場合の追加シーケンス								
STIR	SAG	3600	40.0	3.0	220	224	256	3:22

表4：胸椎ルーチン検査のパラメータ

画像種	断面	TR ms	TE ms	Thick mm	FOV mm	Freq	Phase	Time
T1WI	SAG	400	10.0	5.0	430	320	256	3:27
T2WI	SAG	2800	110.0					
T2WI	TRS	3880	150.0	5.0	150	224	200	5:14
骨髄のダメージが疑われる場合の追加シーケンス								
STIR	SAG	4000	55.0	5.0	430	256	256	3:25

を受けにくく簡易に安定した画像が得られるため多用している。STIRは出血性病変を抑制してしまう場合があるので出血性変化を疑う際にはT1ベースの脂肪抑制法を併用している。

腰椎検査のMR myelographyは撮像時間を優先して2Dを採用した。脊椎の広範囲な検査すべて15分以内での撮像が可能である。

頸椎と胸椎の横断象は嚙下や呼吸の動きに影響を受けやすいのでモーションアーチファクト軽減のためRADARを使用している。

[パラメータ変更点]

脊椎MRI検査のルーチン化に際してパラメータ変更した箇所とその理由について以下に示す。

- ① T2WI：CSFコントラストを抑えるために、DE-FSEをOFFとした。
- ② 腰椎T2WI(TRS)：円周状に発生するアーチファクトを避けるためにRADARをoffとした。

表5：腰椎ルーチン検査のパラメータ

画像種	断面	TR ms	TE ms	Thick mm	FOV mm	Freq	Phase	Time
T1WI	SAG	529	10.0	6.0	300	416	320	2:51
T2WI	SAG	2726	104.0					
T2WI	TRS	3737	108.0	4.0	180	384	240	3:34
MR2D myelo	SAG	8000	990.0	50.0	300	512	320	0:49
	COR							
骨髄のダメージが疑われる場合の追加シーケンス								
STIR	SAG	4000	55.0	6.0	300	256	256	3:25

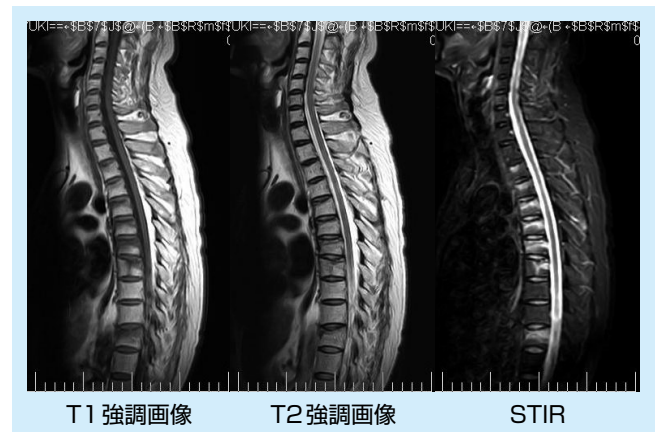


図11：胸椎—多発性圧迫骨折

第3から第8胸椎と第11胸椎にSTIRで明らかな高信号を認める。STIRは骨髄性病変の検出に適している。

表6：膝関節ルーチン検査のパラメータ

画像種	断面	TR ms	TE ms	Thick mm	FOV mm	Freq	Phase	Time
PDWI	COR	1500	12.0	4.0	150	320	320	4:02
T2WI	COR	5486	120.0					
PDWI	SAG	1500	12.0	3.0	150	320	320	4:02
T2WI	SAG	5486	120.0					
骨髄のダメージが疑われる場合の追加シーケンス								
STIR	COR	4200	36.0	4.0	150	256	256	3:31



(4) 膝関節ルーチン検査(表6)

プロトン密度強調画像・T2強調画像の冠状断像プロトン密度強調画像・T2強調画像の矢状断像の4シーケンスで撮像している。膝関節では軟骨部や半月板の信号がより明瞭になるシーケンスを整形外科担当医と検討した結果、T1強調画像とT2\*強調画像の組み合わせではなくプロトン密度強調画像とT2強調画像を膝関節のルーチン検査とした。

また椎体と同様、プロトン密度強調画像、T2強調画像で骨髄内に異常信号が疑われたり認めた場合にはSTIRを追加撮像する。図12は右膝内側顆にプロトン密度強調画像で低信号、T2強調画像で低信号、一部高信号を呈す箇所を認める。STIRでは同部位および周囲に高信号領域を認める。

現在のルーチン撮像法では、プロトン密度強調画像は4分2秒と他のシーケンスに比べて撮像時間が長い。モーションアーチファクト軽減を目的とした3分台での撮像ができるようメーカーに改善を要求している。

膝関節が伸展していると前十字靭帯のanteromedial band (AMB)が大腿骨と重なって評価が困難になる。現状のRAP-ID kneeコイルの関節部の湾曲のみでは十分な屈曲の角度が得られないため、コイルの下にマットを敷きコイルの高さを上げることでより屈曲しやすくしている(図13)。

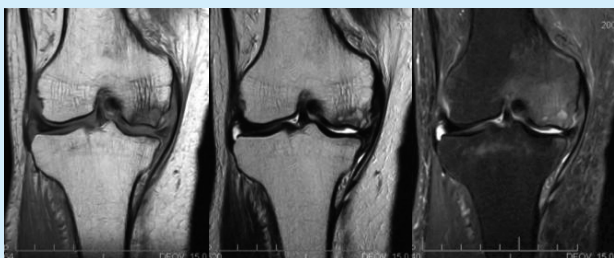
[パラメータ変更点]

膝関節MRI検査のルーチン化に際してパラメータ変更した箇所とその理由について以下に示す。

- ①T2WI TE 110→120：関節腔の浮腫性変化によるコントラスト差をより強調させるためにTEを延長した。
- ②PDWI：動静脈の影響を避けるためにPresatを頭側と尾側両方向に一つずつ設定した。
- ③T2WI：簡便なTEの延長と最適なエコー配列を図るためにシーケンスをPrimeFSEとした。

(5) 足関節ルーチン検査(表7)

T1強調画像・T2強調画像の冠状断像T1強調画像・T2強調画像・STIRの矢状断像の5シーケンスで撮像している。当院は足関節および足・足趾を頭頸部に用いるNVコイルを使用して検査を行っている。利点としてはMPコイルなどと比べポジショニングがやすく検査部位の固定が容易である。MPコイルよりもFOVが広く撮像できる。欠点としては子供や女性などで足が小さく細い場合、コイル内の信号として十分な信号を検知できずにエラーとなってしまう。このよ



プロトン密度強調画像 T2強調画像 STIR

図12：右膝内側半月板損傷  
右膝内側顆にSTIRで高信号領域を認める。

うな場合は既存のMRI用ファントムを用いてコイル内の信号を増やして検査を行っている。図14はアキレス腱断裂疑いでMRI検査を施行した症例である。

[パラメータ変更点]

膝関節MRI検査のルーチン化に際してパラメータ変更した箇所とその理由について以下に示す。

- ①T2WI TE 110→120：関節腔の浮腫性変化によるコントラスト差をより強調させるためにTEを延長した。
- ②PDWI：動静脈の影響を避けるためにPresatを頭側と尾側両方向に一つずつ設定した。
- ③T2WI：簡便なTEの延長と最適なエコー配列を図るためにシーケンスをPrimeFSEとした。

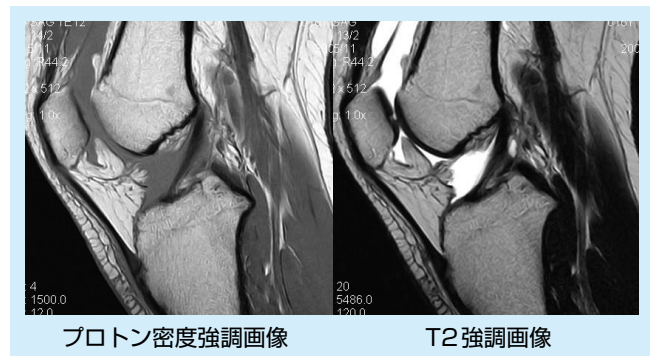
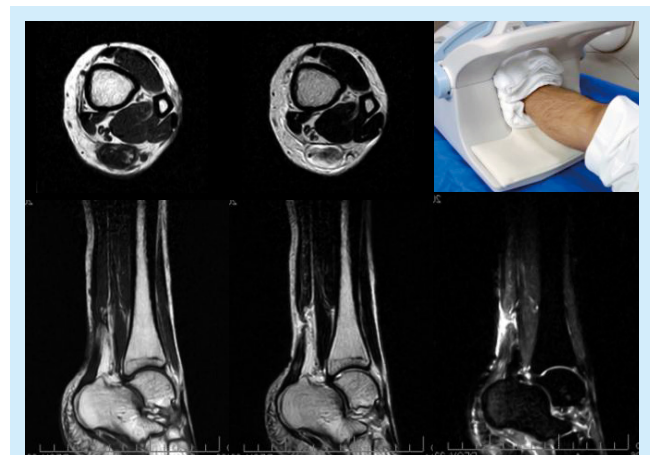


図13：前十字靭帯のanteromedial band(AMB)の描出  
膝関節をより屈曲させたことで前十字靭帯が明瞭に描出されている。

表7：足関節ルーチン検査のパラメータ

画像種	断面	TR ms	TE ms	Thick mm	FOV mm	Freq	Phase	Time
T1WI	COR	317	13.1	3.0	150	288	224	2:51
T2WI	COR	4510	120.0			320	192	2:11
T1WI	SAG	317	13.1	3.0	150	288	224	2:51
T2WI	SAG	4510	120.0			320	192	2:11
STIR	SAG	4500	12.0			256	256	3:46



T1強調画像 T2強調画像 セッティング側  
T1強調画像 T2強調画像 STIR

図14：左アキレス腱断裂  
足を頭頸部用のNVコイルを用いて検査をしている。

## 4. おわりに

当院に1.5Tの高磁場MRI装置が稼働して約9ヶ月が経った。結論から述べると当院では1.5Tを導入して成功であった。今回のMRI装置更新では病院全体で考えることができ、特にスタッフの危機管理に対する意識の高さが上がった。またECHELON Vegaというハイスペックな装置を使用するに当たって勉強せざるを得なかった。院内のスタッフ全員の能力およびモチベーションといったものを装置が自然と引っ張り上げたように思える。そして以前に比べ医師等が積極的にMRI検査を取り入れるようになった。その理由としてシーケンスの増加や画質の向上といった装置依存によるものももちろんあるが、それらを安全にかつスムーズに活用するための検査の標準化およびルーチン検査法の確立が検査数増加の鍵になったと考える。まだまだ可能性を秘めているこのECHELON Vegaを使って、指趾等を含めたさまざまな部位での非造影MRA、血管壁や内腔の評価、昨今のメタボリックシンドロームの検査に際して脂肪抑制法を応用した脂肪定量の評価など可能な限り挑戦したい。それにはメーカーの開発や協力は必須であり、より一層の開発の進展および現行装置の改善を望むとともに強くお願いするものである。

今後も周囲の力を借りつつ現状の質を保ちながら、またより高度な検査を目指し、診断する臨床家の医師のニーズに応えられる豊富な画像情報提供と検査をしていきたい。今回はそういう検査を行うための第一歩である検査の標準化および当院における現時点でのルーチン検査法を紹介した。

最後に、私の所属している研究会の格言に「知識の更新・再保存」という言葉がある。まさにこの言葉通り日々得た知識をしっかりと自分のものとし、以前に得たが曖昧で不正確であったものを正確なものとし再保存する。今後もECHELON Vegaを活用していくに当たってこの言葉のように、装置とともに自分自身も日々更新できるように頑張っていきたい。

## 5. 謝辞

MRI導入に際しての勉強会開催やルーチン化の作成にご尽力ご助言いただいた大日方医院(木更津市)の大日方先生、高橋技師に深く感謝いたします。

※ ECHELON Vegaは株式会社日立メディコの登録商標です。

## 参考文献

- 1) 中西 彰, ほか: 超電導磁石方式1.5TMRIシステム ECHELON Vegaの開発. MEDIX, 45: 27-32, 2006.
- 2) 松嶋 民夫, ほか: かかりつけ医におけるMRIルーチン検査法の撮像と工夫. Rad Fan, 3: 113-116, 2005.
- 3) 大日方 研, ほか: 臨床家のためのOpen MRI, 1: 162-165, 2003.