

SIGNA™ Explorer Lift revives our MR.

一般財団法人 恵愛会 聖隷富士病院

当院の紹介

当院は1946年に静岡県富士市に開院以来、地域に密着した医療を提供してきました。2007年には急性期病院機能のさらなる向上を目的に、現在地に新築移転されました。

今後、日本の人口の3人に1人が65歳以上、5人に1人が75歳以上になる2025年に向かい、医療を取り巻く環境は大きく変化することが予想されます。当院は、病床数151床の小規模病院ですが、「私たちは人と人とのつながりを大切に、地域に貢献できる医療を目指します。」という病院理念のもと、地域の医療機関との連携を強化し、高度な医療を提供できる設備を充実させることで、地域医療への貢献に尽力していきます。



Newgrade 前の外観

Newgrade 後の外観

SIGNA Explorer Newgrade の臨床的・経済的有用性
診療部 放射線科 部長 塩谷 清司 先生

MRI 装置更新の理由

2015年6月に当院に赴任した私は、稼動していたMRI装置の性能、画質に落胆しました。それは、当時、静岡県には1.5T以上のMRI装置が113台(3テスラ20台、1.5テスラ93台)^{*1}が稼動していましたが、2001年3月に導入された当院のMRI装置(GE社製 Signa MR/i SmartSpeed 1.5T)はそれらの中で最も陳旧化していたためです。当時の当院放射線科職員の間では、「最新のMRI装置をスマートフォンとすると、当院のMRI装置は黒電話のようなものだ」と揶揄されていました。

そして、MRI装置の陳旧化による複数の弊害が実際に起こっていました。

画質に関する弊害

- 当時のMRI装置は、最近のMRI装置と比較すると信号収集に時間がかかり、また体動補正技術もなかったため、特に胸部MRI検査では、呼吸によるアーチファクトにより診断可能な画像を得ることができず、検査自体を施行していませんでした。
- 上腹部MRI(肝臓、MRCP)検査は、一度に広範囲の画像収集ができず、シークエンスごとに、上部、中部、

下部と三分割して撮像するしかありませんでした。これにより、シリーズが分かれて再構成されるため、非常に読影しにくく、遠隔読影をしてくださっている先生からも、読影が難しいと何度も指摘され、改善を要望されていました。例えば、



呼吸が安定しない患者さんの上腹部検査の場合、上部、中部、下部を別々のシリーズとして撮像すると、患者さんの息止めの状態がシリーズごとに異なってしまいます。そのような症例の中には、各臓器の連続性を確認することが非常に難しく、胃の背側に突出するような胃粘膜下腫瘍を疑われて、他の検査が追加施行された症例もありました(図1)。

- 検査件数の多い頭部や椎体も、依頼医の要求に十分応えることができる画質ではありませんでした(図2、3)。

これらの問題は、経験年数の長い読影医であっても、MRI装置の性能、画質が低ければ、質の高い読影ができない

だけでなく、むしろ誤診を招く危険性や、本来は必要がない検査を施行することにより医療費を高騰させる弊害もあると痛感したため、MRI 更新の強い動機づけとなりました。

また上記以外に、以下のような弊害もありました。

- 当院の放射線技師が学会や研究会に参加して、より進歩した MRI の話を聴講しても、当院の MRI 装置が陳旧化しているため、聴講内容を日常診療に生かすことができず、学会や研究会に参加しないスタッフが多い状態に陥っていました。
- 当院の MRI 装置の陳旧化と同時に、周辺病院での MRI 新規導入や更新もあり、院外からの紹介患者の多くが他院へ流出し、10 年以上前には満員だった MRI 検査の紹介枠が、ほとんど埋まらないような状態となっていました。

MRI 装置更新の選択肢

—既存マグネットを有効活用した Newgrade—

新しい装置を導入することにより、これらの問題を解決することができるかと確信してはいましたが、一方で新しい装置への機器更新には非常に大きな投資を必要とし、これがボトルネックとなっていました。しかし、当初使用してい

た MRI 装置は、マグネット以外の構成部品を一新することで GE の最新機種^{*2}である SIGNA Explorer ヘグレードアップ^{*3}することが可能でした。GE ではこれを Explorer Newgrade (以下単に Newgrade)と呼んでおり、新規入れ替えに比べて非常に経済的な解決策でした。今回の MRI 装置更新の最大の目的は画質の改善でしたので、既に Newgrade されていたご施設 みやぎ県南中

図 2

一過性脳虚血発作が主訴の 70 歳代男性。Newgrade 前に撮像された頭部水平断拡散強調画像 (図 2a) と Newgrade 後のそれ (図 2b) を比較すると、Newgrade 後に、ざらつきが消失し、既存構造の描出が明瞭になっている。これは、マルチコイルにより信号雑音比が向上したことによる。

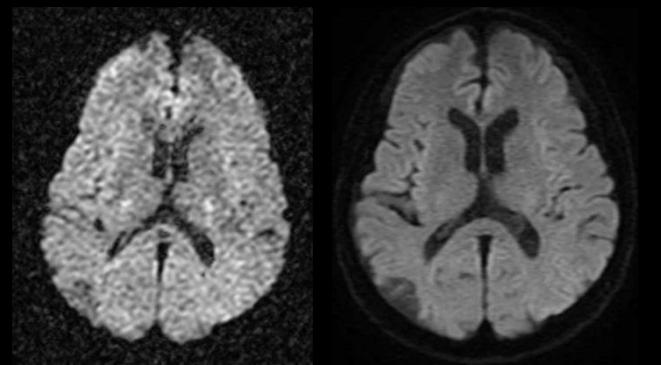


図 2a Newgrade 前
頭部拡散強調画像

図 2b Newgrade 後
頭部拡散強調画像

図 1

健診超音波検査で膵体部腫瘍を疑われた 30 歳代女性。精査目的で Newgrade 前に撮像された MRCP 上、胃の背側に 3cm 大の腫瘍があるように見えたため (図 1a 矢印)、胃粘膜下腫瘍が疑われた。造影 CT で膵体部の上縁へ伸びた正常胃壁に相当することが判明した (図 1b 矢印)。



図 1a Newgrade 前の MR

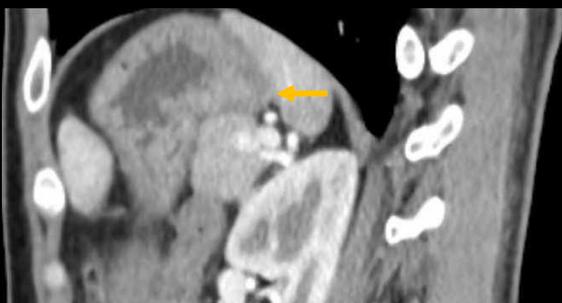


図 1b 腹部 CT 画像

図 3

腰痛が主訴の 80 歳代男性。Newgrade 前に撮像された腰椎矢状断 T2 強調画像 (図 3a) と Newgrade 後のそれ (図 3b) を比較すると、Newgrade 後に、既存構造の描出が明瞭になっている。これは、撮像時間の短縮と体動補正技術により体動アーチファクトが消失したこと、コイル感度補正技術により背部皮下脂肪組織や棘突起の信号上昇が抑制されたことによる。



図 3a Newgrade 前
腰椎 T2 強調画像

図 3b Newgrade 後
腰椎 T2 強調画像

核病院様 (GE SmartMail Vol. 142, 2016 年 3 月号)を視察させていただきました。そして、Newgrade と、新規導入された MRI 装置の画像を比較し、画質に全く差がないことを確認しましたので、Newgrade を選択しました。

その上で、Newgrade による費用対効果を試算しました。新規入れ替えには 1 億円以上かかりますが、Newgrade にかかる費用は新規入れ替えに比べ非常に経済的でした。さらに設置工事により装置を止める期間は、新規入れ替えでは 2~3 ヶ月かかるところ、Newgrade では 1 か月未満におさえられました。いずれも新規導入に比べ初期投資を大幅に削減できました。

Explorer Newgrade の利点

Newgrade により MRI 装置の性能と画質が格段に向上したことで、当初抱いていた MRI 読影へのストレスは激減しました。MRI 装置の Newgrade は、誤診や見逃しを減少させていることを実感しています。

Newgrade は画質向上だけでなく、検査時間も短縮できるため、患者さんの負担を軽減でき、緊急検査にも即時対応可能となり、医療安全にも貢献しています。そして、検

査時間の短縮は、1 日に施行できる検査件数を増加させ、これは病院の増収につながっています。

当院の MRI の検査件数は、Newgrade 前には 1 ヶ月に約 240 件 (12 件/日 × 5 日/週 × 4 週/月)でしたが、Newgrade 後は 1 日あたり最低 3 件増やすことができ、現在では 1 ヶ月あたり約 300 件 (15 件/日 × 5 日/週 × 4 週/月)まで検査件数が増加しています。

この様に検査件数が増加した背景には、Newgrade により病院の集客力が向上したことも挙げられます。Newgrade された MRI 装置は病院の魅力となり、紹介患者を増加させました。院内と院外からの両方の検査依頼件数が増加したため、前述のように検査枠を増やしたにもかかわらず、既に予約待ち期間が延長し始めています。今後、1 日あたりの検査件数をさらに増やす予定です。

当院の Newgrade の場合、人件費、保守費用などを考慮しても 3 年以内に減価償却可能であると見込んでいます。また、Newgrade は人材育成にもつながっています。MRI 装置で実施できる検査の幅が広がることにより、若手放射線技師が勉強する動機づけとなり、知識、技術向上に役立っています。

SIGNA Explorer Newgrade による上腹部検査の画質改善 放射線課技師長 杉村 正義 様

MRCP

以前の装置では MRCP は 2D Fast Spin Echo (FSE)を用い撮像していましたが、今回導入した SIGNA Explorer では Parallel Imaging の ASSET 併用 3D Fast Recovery FSE (FRFSE) による MRCP が撮像可能となりました(図 4.)。3D FRFSE は Fast Recovery により短い TR でも縦磁化を強制回復することで信号強度を高める事が出来ます。かつ ASSET を併用することで FSE の Echo Train を減らすことができ、その結果 T2 減衰による bluer を低減することが可能です。また 3D 撮像は画像処理で多方向からの観察も容易になります。さらに呼吸の動きに対しては呼吸同期と横隔膜同期が選択でき汎用性も向上しました。

実際に導入から 1 ヶ月で撮像された MRCP 画像 約 40 症例 (胆石胆嚢炎 20、脾腫瘍性病変 11、その他 9)を Review しました。男女比は男:女=18:22、平均年齢 65.8 歳 (最高 85 歳、最低 36 歳)です。評価は良好で、再撮像の必要性の評価を 3 段階で行ったところ、結果は良好が 27、再撮の必要なし 10、要再撮 3 となり、若干のアーチファクトは認められるが再撮までは必要ないものは約 90% でした(図 5)。

要再撮となった場合でも若干の分解能(スライス厚)を厚くすれば呼吸停止下で 3D FRFSE 撮像が可能でした。3D FRFSE は画像の In-Plane は Single Shot で信号収集しているため、撮像時間短縮のためにはスライス枚数を減らす、または TR を短縮する必要があります。スライス厚を厚くすることは分解能を落とすことにはなりますが SN は向上します。TR の短縮は Fast Recovery を使用したとしても

縦磁化の回復が十分ではないため SN 低下につながります。それらの点を考慮し、当院では息止め時間が 25 秒以下になるようにスライス厚、スライス枚数、TR を調整しています(図 6.)。

今回の評価ではすべて呼吸同期で行いましたが MRCP については横隔膜同期 Body Navigator の併用も可能であり、これにより画質が改善するという報告もあります。



LAVA FLEX

T1WI についても 2D の撮像から LAVA FLEX を用いた 3D 撮像が可能となりました。LAVA FLEX は 2point Dixon 法を用いた撮像で In-Phase と Out-of-Phase のタイミングで信号収集した際に、ある pixel を基準として、その信号強度から水信号優位か脂肪信号優位かを推定し、近接する pixel からすべての pixel の磁場不均一度を計算しています (Region Growing)。それをもって各 pixel の信号強度を同定することで、均一な水画像 (脂肪抑制画像) と脂肪画像 (水抑制画像) を計算で得ることが可能です。

LAVA FLEX を用いる利点として、3D 撮像であるためスライス厚を薄くできること、均一な脂肪抑制画像が得られること、脂肪抑制の有りの無い画像が一度の撮像で得られることなどが挙げられます。以前の装置では 2D FSPGR

図 4: Newgrade 前後の MRCP 画像比較

- a. Newgrade 前 2D FSE MRCP
胆嚢については評価不能
- b. Newgrade 後 3D FRFSE MRCP
膵管なども良好に描出

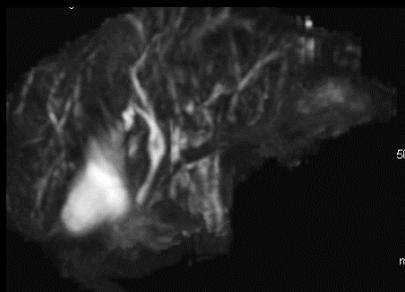


図 4a Newgrade 前 2D FSE MRCP

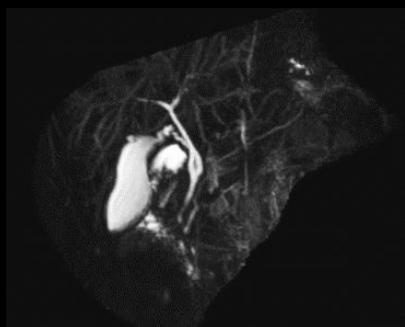
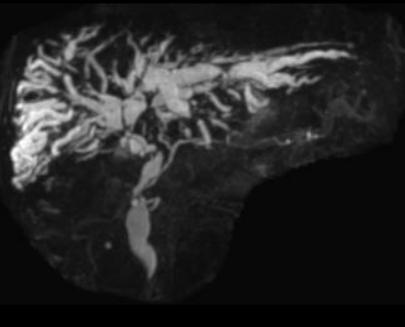


図 4b Newgrade 後 3D FRFSE MRCP

図 5:

胆管拡張、多発胆管狭窄症例
呼吸同期を併用し精度よく撮像し狭窄部位なども容易に観察できている。



で肝臓、胆嚢、膵臓を撮像するには 5mm 厚で 2~3 回に分けて撮らなければならなりません。かつ脂肪抑制有り・無しを必要とする場合は、その倍の回数の息止め撮像が必要でした。しかし LAVA FLEX を用いた場合には、3.2mm 厚のギャップレスで、1 回の息止めで同様の範囲を撮像でき、脂肪抑制の有り・無し画像も同時に得ることができます(図 7)。

ここで課題となるのが、息止めが十分にできない場合の対処法です。このような場合、通常は息止め時間を短縮するため、スライス厚や、位相エンコード数を調整し分解能を犠牲にして撮像してきました。しかし Explorer では Navigator gating が併用できます。これは 3D MRCP で使用する横隔膜の動きを trigger する Navigator triggering

図 6:

呼吸同期 MRCP と呼吸停止 MRCP。呼吸同期で画質不良な場合にオプションとして呼吸停止でも撮像できる。

- a. 呼吸同期 3D MRCP。胆嚢がぶれている。
- b. 呼吸停止 3D MRCP。SN が低い胆嚢もシャープに描出できている。

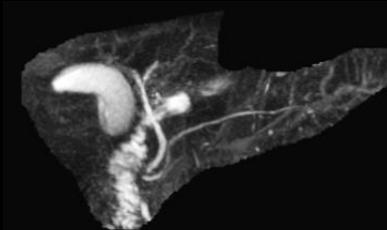


図 6a 呼吸同期 3D MRCP

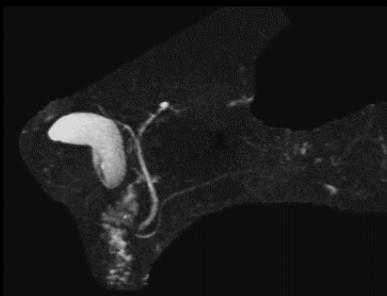


図 6b 呼吸停止 3D MRCP

ではなく、Gate Scan に用いることで、自由呼吸下で 3D の T1WI を得ることができるというものです。LAVA FLEX に Navigator gating を併用することで、息止めが不十分、もしくは息止めが出来ない患者さんにも 3D の T1WI を脂肪抑制有り無しで撮像することができるようになっていきます。(図 8.)

Parallel imaging の応用

従来 Parallel Imaging の ASSET は撮像時間短縮のために用いられてきました。しかし Explorer では折り返しアーチファクト低減にも活用することができます。元々 ASSET はデータ収集量を間引くことで時間短縮を行うパラレルイメージング法です。本来、データ収集量を間引いた場合には折り返しアーチファクトが現れますが、ASSET ではその折り返した部分の信号強度から、計算式を用いて折り返しアーチファクトのない画像を得ることができます。この時の計算を、もともと折り返しアーチファクトのある画像(被写体より小さい FOV の設定)に用いたとき、ASSET の Reduction Factor を 1 とすることで折り返しアーチファクトのない画像を得ることができます。そもそも折り返しアーチファクト対策としては No Phase Wrap (NPW) を用い、データ収集を Over Sampling して対処してきましたが、NPW は Over Sampling する技術であるため撮像時間が延長してしまいます。このような場合でも ASSET を用いることにより、時間延長なしでデータ収集することが可能となります。ただしシーケンスによっては、1NEX の場合 Half NEX を使用しデータ数を減らし NPW を用いても、完全に倍のデータを必要としない場合があります。しかし IDEAL など

図 7:

以前の装置との T1 強調画像の比較。b, c は LAVA FLEX でスライス厚を薄くできるため肝内の脈管がパーシナルボリュームの影響なく観察できる。

図 7a

Newgrade 前
呼吸停止
T1w 2D
FSPGR
脂肪抑制

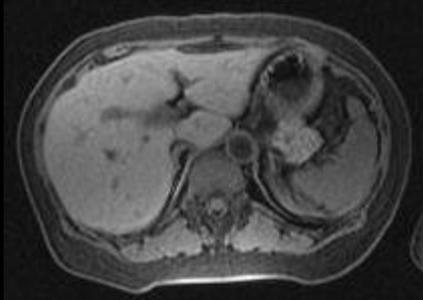


図 7b

Newgrade 後
呼吸停止
T1w LAVA FLEX
脂肪抑制
(Water)



図 7c

Newgrade 後
呼吸停止
T1w LAVA FLEX
(In Phase)

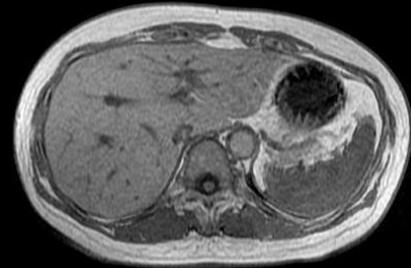


図 8:

Navigator gating の効果。プリモビスト EOB 使用 肝細胞相撮像において息止め不良となり、Navigator gating を併用し再撮した。a, b の画像はブレが目立つ。Axial でも Coronal でも併用可能。

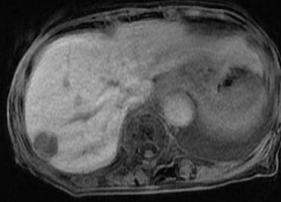


図 8a
呼吸停止 LAVA FLEX,
Axial

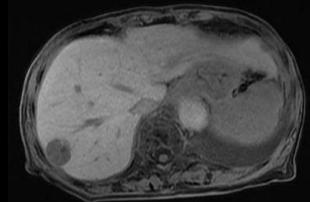


図 8c
Navigator gating
LAVA FLEX, Axial

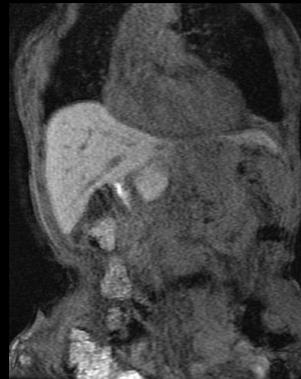


図 8b
呼吸停止 LAVA FLEX,
Coronal

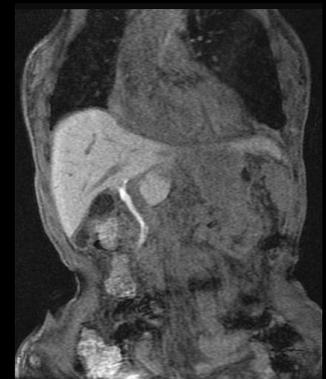


図 8d
Navigator gating
LAVA FLEX, Coronal

Full Echo が必要な場合は NPW を用いると撮像時間が倍になってしまいます。図 9 はファントムに対し IDEAL にて撮像した画像です。撮像は Coronal 断面で被写体より小さな FOV にて撮像しています。a が元画像、b が NPW 使用、c が ASSET を用い Reduction Factor 1 とした画像です。撮像時間は a が 3:36、b が 6:00、c が 3:36 となり、c は元画像と同等の時間で折り返りアーチファクトのない画像が得られています。

まとめ

以前使用していた装置では以上に挙げたような新しい撮像法による画像を得られず、最新の MRI での画像情報が診療科に提供できませんでした。このことにより院内における MRI の検査オーダーは頭打ちの状態となっていました。しかし導入後 1 ヶ月が経過した 6 月には、過去最高件数をこなすことができるまでになりました。通常であれば新しいアプリケーションによる最新画像取得のためには装置を更新するしかありませんでした。しかし今回のような Newgrade という手法を用いることで、コストを大きく抑え最新の画像を得ることが出来ます。またそのような新しい画像を得る場合も、検査時間の延長なく撮像できる事もメリットのひとつであると感じています。これらのことは病院経営的にも、診療の質の向上につい

図 9:

12ch body array coil を使用し Coronal plane でファントムを撮像。c は b と比較し半分の時間で、アーチファクトについては同等の画像が取得可能

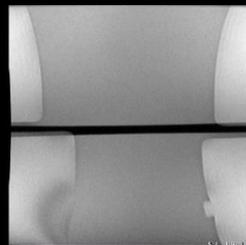


図 9a 元画像

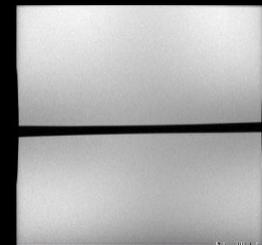


図 9b NPW 併用画像

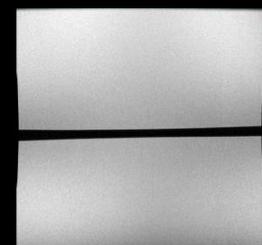


図 9c ASSET 併用画像
Reduction Factor 1

でも大きな意味があると考えています。
現在の診療報酬の制度の中で、磁場強度による差は付けられていても、得られる画質、画像情報に対して大差はありません。言い換えれば、古い装置でも新しい装置でも同様の画像情報を提供する必要があると思っています。しかし装置の新旧では、その差は大きく、そのような状況の中で、SIGNA Explorer Newgrade は最新の装置導入を、以前よりも容易にすることで MRI による画像情報の質を向上し社会に貢献する model となると思われます。

本カスタマーボイスはお客様の使用経験に基づく記載です。
仕様値として保証するものではありません。

- *1 2015 年新医療データ
- *2 2015 年 12 月現在
- *3 グレードアップでは、既存 MR のマグネットを残し、その他のコンポーネントを交換しております。グレードアップ後は製品の薬事販売名称・薬事番号なども変更になります。



一般財団法人 恵愛会 聖隷富士病院 放射線課

当院は、大型診断機器として、CT1 台、MRI1 台、血管造影装置 1 台を設置しており、放射線課には計 8 名の診療放射線技師が在籍しています。当院の診療は、救急、癌、慢性疾患、そして終末期医療と多岐にわたっています。放射線課の行動目標は、安全、迅速に患者さんの画像データを収集し、病態が正確に理解されるようにそれらを加工作することで、診療に最大限貢献できる画像を提供することです。

© 2015 General Electric Company-All rights reserved.

General Electric Company reserves the right to make changes in specifications and features shown herein, or discontinue any products escribed at any time without notice or obligation. Please contact your GE representative for the most current information.

GE and GE Monogram are trademarks of General Electric Company.

GE Healthcare, a division of General Electric Company.

GE Healthcare Japan
www.gehealthcare.co.jp



SIGNA Explorer 磁気共鳴断層撮影装置 Optima MR360/Brivo MR355 類型 SIGNA Explorer / 認証番号 222ACBZX00009000
シグナ核磁気共鳴コンピュータ断層撮影装置 / 認証番号 16100BZY00207000
シグナエコースピード / 認証番号 20900BZY00067000
シグナ EXCITE HDx 1.5T / 認証番号 21800BZX10026000

JB43945JA