

(西暦) 2021 年度 博士前期課程学位論文要旨

学位論文題名

MR elastography における新たな撮像時間短縮法の開発

学位の種類： 修士 (放射線学)

東京都立大学大学院

人間健康科学研究科 博士前期課程 人間健康科学専攻 放射線科学域

学修番号 20897709

氏 名： 竹田 賢吾

(指導教員名： 沼野 智一)

注：1 ページあたり 1,000 字程度 (英語の場合 300 ワード程度) で、本様式 1～2 ページ (A4 版) 程度とする。

医療における最も古典的診断法のひとつに触診があり、生体臓器や病変の形状、大きさや硬さなど解剖学的情報を診る方法である。多くの病変は、線維化、細胞稠密性などにより、正常組織と比較して硬いことが経験的にも病理学的にも知られている。また、病変の種類によってその「硬さ」が異なることも知られており、「硬さ」が病変検出ならびに特異的診断の指標になりうる。触診によって「硬さ」の情報を得ることが可能であるが、触診は「硬さ」の評価が主観的であることや体内深部に位置する臓器は触診できないという問題がある。一方で、elastography は非侵襲的に病変の硬さを測定する診断法であり、「硬さ」の指標として弾性率を用いる。弾性率は客観的な硬さの指標であり、MRI で elastography(MRE)を実施することで、触診が困難となる部位に対しても「硬さ」の評価が可能である技術として注目を浴びている。

MR elastography(MRE)では、外部から振動を加えながら撮像することで対象物内の伝播波によって生じる変位を MR 位相画像上に位相シフトとして可視化し(wave image)、その wave image から伝播波波長を読み出すことで硬さの分布を画像化する(elastogram)。伝播波によって生じる変位は微小なため、位相シフト量を増強させる MRE 専用傾斜磁場 Motion Encoding Gradient(MEG)が組み込まれた MRE 専用撮像シーケンスが必要となる。そこで我々の研究グループでは、一般的なグラディエントエコー(GRE)系 multi-echo 法で、MRE が実施できることを実証し、MRE が利用できる環境を押し上げてきた。これまでに実施してきた GRE 系 multi-echo MRE では、伝播波波長の読み出し精度を向上させるため、外部振動の振動位相を変化させた 4 回撮像(振動位相 0° :1 回目,90° :2 回目,180° :3 回目,270° :4 回目)が行われる。そのため、MRE 被験者は外部振動による不快感を撮像回数分(一般的には 4 回)経験する。そこで本研究では、MRE 被験者の不快感軽減のため、MRE における新たな撮像回数削減法 (Minimize Mre acquisition with Invert phase image Contrast : MiMIC)を開発した。振動位相の“0° と 180° ”, “90° と 270° ” は互いに振動位相が逆相関係にあり、逆相の wave image は互

いに伝播波の“山と谷”部分の画像コントラストが反転している。そこで MiMIC では、まず2回(振動位相 0° と 90°)の撮像を行い、これら wave image の画像コントラストを反転させることで、疑似 wave image(振動位相 180° と 270°)を取得する(なお、MiMIC は wave image 上の伝播波が正弦波であることが前提である)。上記より MiMIC における撮像時の加振回数は一般的な MRE に対して半減(2回)する。本研究では、MiMIC を phantom 及び人体(大腰筋)に適用し、取得した elastogram でその特性を評価した。

前述の通り MRE では、外部から振動を加えながら撮像することで対象物内の伝播波によって生じる変位を MR 位相画像上に位相シフトとして可視化する。本研究で使用した GRE 系 multi-echo MRE パルスシーケンスでは、この位相シフトが後半の Echo で蓄積するため、後半の Echo ほどパルスシーケンスの振動感度が高い(wave image 上で伝播波の“山と谷”が明瞭となる)。一方で前半の Echo では、振動感度が低いため、wave image が潜在的にもつ画像ノイズ(例えば、磁場の不均一性による雑音やコイルと信号源からの熱雑音、MRI 装置そのものが発生させる雑音など)に伝播波の情報がかき消されてしまう(wave image 上で伝播波の“山と谷”が曖昧となる)。したがって、MiMIC の適用は振動感度が高い状況が好ましい。また、MiMIC の精度が低下する領域は伝播波がコヒーレントでない領域(伝播波の反射や回折が原因で wave image 上の伝播波の進行方向が不明瞭な領域)であった。MiMIC は wave image 上の伝播波が正弦波であることが前提である。しかし伝播波がコヒーレントでない領域は伝播波が正弦波でない可能性があり、MiMIC の精度が低下したことが予想される。そのため、MiMIC で算出した elastogram を用いて弾性率評価を行う場合、wave image 上でコヒーレントな伝播波を視認することが極めて重要である。