

(西暦) 2022 年度 博士前期課程学位論文要旨

学位論文題名

MR elastography と T₁-map を同時に取得する方法

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 放射線学域

学修番号 21897706

氏名： 長田 海豊

(指導教員名： 沼野 智一)

現在、血液検査などの定量値による臨床検査が多く行われているが、臨床画像においては、定性的に画像評価される場合も少なくない。しかし、定性評価には豊富な臨床経験や知識が必要であり、観察者間による診断の不一致が生じる場合もある。それに対して、定量値を用いた画像診断は、撮影装置や撮像パラメータ、また観察者間によらず客観的な判断をすることができる。

定量的な画像診断の中には、MR elastography(MRE)や T₁-map がある。MRE とは、MRI を利用し、外部から振動を加えながら撮像を行うことで、組織の硬さを画像化する技術である。T₁-map は、組織が固有に持つ縦緩和時間(T₁ 値)を画素ごとに反映させた定量画像であり、異なる撮像機種・パラメータ・時期によらず定量評価が可能である。この両者は臨床現場において主に肝臓に利用されている。MRE では肝線維化の程度を比較的広い肝領域で評価でき、肝生検にとって代わる手法として利用され始めている。T₁-map では、T₁ 値の逆数(R₁ 値)と細胞外液性造影剤(Gd-EOB-DTPA)濃度が高い線形性を示すことから、組織に取り込まれた造影剤の量を定量的に推定して、肝機能評価に利用されている。この MRE と T₁-map は、一般的に別々の撮影で取得されるが、同時取得が可能となれば検査時間の短縮により、患者負担軽減に貢献できる。そこで、本研究ではこの MRE と T₁-map の同時取得法の開発を行った。

我々の研究グループでは、Gradient echo(GRE) type multi-echo パルスシーケンスを用いて、MRE が実施できることを実証している。このシーケンスでは、第 1 エコーで高い SNR をもつ MR 強度画像、第 2 エコーで高い振動感度をもつ MR 位相画像を同時に取得できる特徴をもつ。そこで、第 1 エコーの MR 強度画像を Variable Flip Angle(VFA)法により T₁-map に利用し、第 2 エコーの MR 位相画像を MRE に利用することで、MRE と T₁-map を同時に取得する方法を提案する。MRE では、伝播波波長の算出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 回の撮像(振動オフセット角 0°, 90°, 180°, 270°の MR 位相画像)が必要となる。ここで、GRE type multi-echo MRE シーケンスでは、上記の 4 振動位相の MR 位相画像を取得すると同時に、4 枚(振動オフセット数)の MR 強度画像も取得できるため、この 4 枚の MR 強度画像を VFA 法 T₁-map に利用し、同時撮

像法の検討を行った。

MRE と T₁-map の同時撮像法の実現に向けて 3 つの検証を行った。1 つ目が, flip angle(FA)・repetition time(TR)等の撮像条件設定が弾性率画像へ及ぼす影響の検証(①)である。MRE と VFA 法 T₁-map を同時に撮像する場合, GRE type multi-echo MRE シーケンス上で異なる FA・TR 設定を使用し MR 強度画像を撮像することで実現可能であるが, この撮像条件設定が弾性率画像へ影響しないことが前提条件となる。これを確認するために検証①を行った。2 つ目は VFA 法 T₁-map の撮像パラメータの最適化の検証(②)である。VFA 法 T₁-map では, 異なる TR や FA を使用し T₁-map を作成するが, 使用する TR や FA によって T₁ 算出精度が異なるため, この撮像条件の最適化が必要となる。最後に, MRE と T₁-map の同時撮像法の検証(③)である。検証③は, 3 回の繰り返し検証を実施し, 正確性と再現性の評価を行った。本研究では自作のアガロースファントムを使用して検証を行った。

本研究により, MR Elastography(MRE)と VFA 法 T₁-map の同時撮像が実現可能であることを実証した。MRE は異なる TR・FA の組み合わせでも, 正確性・再現性ともに高く実施可能である。VFA 法 T₁-map における, 最適な FA の組み合わせは FA5°と FA10°であった。VFA 法 T₁-map の正確性の観点では, IR 法 T₁-map と比較し, T₁ 値が 10 %程短く評価される傾向がみられた。一方で, VFA 法 T₁-map の繰り返し検証では, 変動係数は 3 %未満であり, 再現性は担保されていると結果となった。本研究は, Phantom を用いた検証であったが, 今後, 人体へ適応できる可能性が示唆された。