

(西暦) 2021 年度 博士前期課程学位論文要旨

学位論文題名 (注: 学位論文題名が英語の場合は和訳をつけること)

MR elastography における振動位相分割数と MR 位相シフトの影響

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 20897706

氏名: 坂田 大喜

(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。

病変の多くは組織の硬さを変化させることが知られている。そのため、組織の硬さを把握することは病理状態を把握するうえで非常に重要である。現在臨床で利用されている X 線画像や CT, MRI 検査などによる画像診断法は、組織の形状や大きさを把握することはできるが、組織の硬さを直接的に把握することができない。組織の硬さを知るための最も基本的な診断方法として触診がある。触診は古くから用いられてきた診断方法の一つであるが、術者の経験則に基づく評価となるために主観的な評価になりやすく、定量性を欠く。また、触診によって評価可能な組織は人体の表層に存在するものに限られるため、深部体内に位置する臓器の硬さを診断することが難しい。

このような背景の下、近年、magnetic resonance imaging(MRI)装置を用いた MR elastography(MRE)が開発された。MRE は、外部から振動を加えながら MR 撮像を行うことで組織の硬さを定量的かつ非侵襲的に測定することができる技術である。MRE では対象内部に伝わる振動波(伝播波)を MR 位相画像を用いて wave image として可視化する。その後、wave image から伝播波の波長を計測し、組織の硬さ(弾性率)を反映させた画像情報である elastogram を算出する。そのため、wave image から正確な波長を読み取ることが極めて重要となる。

局所波長の読み取り精度に影響を及ぼす因子として、振動位相分割数と MR 位相シフトが挙げられる。振動位相分割数は撮像時に対象に加える振動の種類で、一般的には振動 1 周期を 4 分割した、位相の異なる 4 種の振動を加えている (振動位相分割数 4)。振動位相分割数を増加させると伝播波 1 周期をより高い時間分解能で観察することになるため MRE の精度が向上する。デメリットは、撮像回数が増えることによる総撮像時間の延長である。そのため、振動位相分割数の増加による MRE の精度向上と撮像時間の延長はトレードオフの関係性にある。MR 位相シフトは wave image 上で可視化される伝播波のコントラストに影響する。MR 位相シフトの大きい wave image では伝播波のコントラストが増強して伝播波の「山と谷」が認識しやすくなるので、波長の読み取りが容易になり、MRE の精度が向上する可能性がある。

現在、臨床では振動位相分割数「4」が採用されているが、振動位相分割数の違いが MRE に及ぼす影響を検証した報告はなく、その検証は不十分であった。そこで、MR 位相シフトの異なる複数の MRE に対して、振動位相分割数を多様に変化させた実験を行った。はじめに、市販の果実入りゼリーを対象に実験を行い、そこで得られた知見をもとに人体組織を対象とした MRE(大腰筋 MRE)を行った。これらの実験から、MRE における振動位相分割数と MR 位相シフトの影響、さらに、これら二つの因子の関係性についても調査した。

本研究により、MR 位相シフトの小さい MRE では、振動位相分割数を増加させることで MRE の精度が向上する可能性があることが分かった。MR 位相シフトは、対象内の伝播波の検出を担う傾斜磁場(motion encoding gradient: MEG)の「強度」が低い場合や「印加回数」が少ない場合、また、対象臓器に伝わる伝播波の振幅が小さい場合に低下する。深部体内に位置する臓器は、振動が臓器に到達するまでに減衰することで伝播波の振幅が小さくなりやすい。また、横緩和時間の短い臓器では MEG の印加回数を増やすと、TE が延長するため、横緩和減少に伴う画質の低下を招く。したがって、MEG の印加回数が限られる。このように、深部体内に位置する横緩和時間の短い臓器を対象とした MRE では MR 位相シフトの低下に伴い MRE の精度低下をきたす可能性がある。このような状況下では、振動位相分割数を増加させることにより、MRE の精度向上が期待できる。