

Исследование влияния метаустройства на качество МР-изображений сердца

Шарипова Л.В.

(Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н., научный сотрудник Щелокова А.В.

(Университет ИТМО)

Научный консультант – к.т.н., научный сотрудник Бруй Е.А.

(Университет ИТМО)

Аннотация

В данной работе представлены результаты оценки влияния радиочастотной подкладки на основе метаповерхности на однородность распределения РЧ магнитного поля в области сердца, посредством анализа специальными методами магнитно-резонансной томографии, основанными на T1- и T2*- картировании. Выявлено, что подкладки на основе метаповерхностей улучшают качество визуализации, одновременно с этим уменьшают величину подаваемой РЧ мощности, тем самым повышаются качество и безопасность процедуры исследования пациентов методом магнитно-резонансной томографии.

Введение

Магнитно-резонансная томография (МРТ) — современный, динамично развивающийся метод неинвазивной визуализации, используемый для диагностики патологических состояний и контроля эффективности лечения. Благодаря высокому качеству и информативности получаемых данных, а также безопасности процедуры, количество установленных клинических аппаратов МРТ во всем мире продолжает расти. Следует отметить, что наиболее распространенными и доступными для населения являются томографы с напряженностью магнитного поля 1.5–3 Тл.

Текущие исследования в области МРТ нацелены на диагностику определенных небольших областей внутри тела или частей тела. Исходя из этого, одной из действительно важных задач является разработка специализированных радиочастотных (РЧ) устройств. В частности, такие устройства могут быть разработаны с помощью применения концепции «искусственных» материалов, таких как метаматериалы и метаповерхности, которые способны желаемым образом управлять распределением ближнего электромагнитного поля. Многочисленные работы показывают, что искусственные метаматериалы могут повысить однородность РЧ поля [1], увеличить разрешение МР-изображений [2] и снизить уровень удельного коэффициента поглощения электромагнитной энергии телом человека [3]. В настоящем исследовании была поставлена задача изучить влияние подкладок на основе метаповерхности параметры МР-изображений сердца: отношение сигнал/шум, разрешение изображений, карты времен релаксации в области предсердия для предоперационной оценки и последующего выявления областей фиброза в предсердиях и желудочках.

Основная часть

В ходе работы проведено МР-исследование сердца на выборке здоровых добровольцев. Экспериментальные данные по количественной МРТ получены на высокопольном аппарате МРТ «Siemens Trio» с индукцией магнитного поля 3 Тл с применением поверхностной матричной катушки для тела. Для каждого добровольца сканирование проводилось в два этапа: с подкладками для повышения качества МР-сканирования сердца и без них. Подкладка на основе метаповерхности представляла собой гибкую печатную плату с нанесенной на нее периодической структурой в виде

плоскопараллельных конденсаторов, соединенных плоскими медными проводниками. По результатам сканирования и последующего анализа выявлено влияние подкладок на однородность радиочастотного поля и повышение надежности методик картирования.

Для нахождения статистической значимости различий между двумя сравниваемыми выборками применялся парный t-критерий Стьюдента, где нулевая гипотеза гласила об отсутствии различий между средними значениями времен релаксации для сравниваемых выборок, альтернативная – о наличии статистически значимых различий. Тем самым, для времен $T2^*$ рассчитанное значение парного t-критерия Стьюдента было больше критического, что является достаточным для утверждения о наличии статистически значимой разницы между средним значением измеряемых времен релаксации $T2^*$ с и без подкладки. Значительная разница не наблюдалась для времен релаксации $T1$ при использовании подкладки и без нее.

Выводы

Экспериментальные исследования с добровольцами показали, что при использовании радиочастотных подкладок наблюдалось изменение однородности распределения магнитного поля передачи, встроенной в бор томографа радиочастотной катушки типа «птичья клетка». Наличие существенной разницы во временах релаксации $T2^*$ доказывает эффективность применения метаповерхностей в клинической МР-диагностики. Таким образом, улучшение МР-сигнала от области интереса в миокарде может привести к повышению вероятности обнаружения сердечных патологий.

Список использованных источников

- [1] Vorobyev V., et al., Improving B_1^+ homogeneity in abdominal imaging at 3T with light, flexible, and compact metasurface. *Magnetic resonance in medicine*, 2022, 87(1), 496-508.
- [2] Shchelokova A. V., et al., Locally enhanced image quality with tunable hybrid metasurfaces. *Physical Review Applied*, 2018, 9(1), 014020.
- [3] Shchelokova A. V., et al., Volumetric wireless coil based on periodically coupled split-loop resonators for clinical wrist imaging. *Magnetic resonance in medicine*, 2018, 80(4), 1726-1737.