

УДК 621.391.8

ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЯХ МЕТОДОМ МРТ

Алексеева А.С. (АО "НИИ Командных приборов")

Научный руководитель – к.т.н., доцент Казначеева А.О. (НМИЦ-Томография)

Рассмотрена методика оценки диффузии в биологических тканях методом МР-томографии. Проанализировано качество DWI, источники помех, проведен анализ артефактов в поле 1,5 и 3 Тл. Оценка коэффициентов диффузии выполнены по результатам исследований головного мозга 567 здоровых добровольцев; измерения выполнены в области белого вещества лобных долей и серого вещества головки хвостатого ядра. Рассчитаны средние значения, показано, что результаты распределены по нормальному закону, не зависят от пола пациентов, при увеличении индукции поля интервал значений сужается.

Оценка подвижности молекул в биологических тканях методом магнитно-резонансной томографии является критерием диагностики, основанным на измерении коэффициента диффузии. Качество изображений и чувствительность метода зависят от амплитуды и скорости нарастания диффузионного градиента (b-фактора). Однако высокая скорость получения изображений, временное разрешение и особенности эхо-планарных импульсных последовательностей приводят к появлению на изображениях яркостных и геометрических артефактов. При увеличении индукции магнитного поля увеличивается чувствительность метода, снижается уровень шума, однако увеличивается и количество изображений с артефактами. Предметом данного исследования является сравнительный анализ качества диффузионно-взвешенных изображений и точности измерения коэффициента диффузии в магнитных полях 1,5 и 3 Тл.

Анализируемые данные получены на магнитно-резонансных томографах производства General Electric с полем 1,5 и 3 Тл. В обоих случаях для DWI EPI импульсной последовательности использован протокол с параметрами: время эхо 80 мс, время повторения 8000 мс, b-фактор 1000 с/мм², полоса пропускания 125 кГц, поле сканирования 24 см, срез 5 мм, одно усреднение сигнала, матрица 164×128. Анализировались исследования здоровых добровольцев, из которых 328 выполнены на МРТ с полем 1,5 Тл (34% мужчин, 66% женщин, средний возраст 39 лет) и 239 на МРТ с полем 3 Тл (42% мужчин, 58% женщин, средний возраст 36 лет). Измерения выполнялись для левого и правого полушарий.

На первом этапе оценивалась подверженность изображений артефактам. Геометрические искажения присутствовали на 42,9% DW-изображений в поле 1,5Тл и 55,2% DW-изображений в поле 3 Тл. Эффект магнитной восприимчивости проявляется на 45,1% и 62,1% изображений, соответственно; появление ложных изображений в виде дублирующихся структур наблюдалось на 14,7% и 18,4% изображений. Небольшая доля изображений (3,2% и 7,8%) содержала незначительные артефакты вихревых токов в виде подчеркнутых контуров. Изображения, полученные в более сильных полях, характеризуются высоким соотношением сигнал/шум, в большей мере подвержены влиянию артефактов, что объясняется физическими принципами получения изображений. DWI ВИ более чувствительны к эффектам, связанным с магнитными и градиентными полями, проявление на них эффекта магнитной восприимчивости объясняется более низким сигналом от здоровых тканей.

На втором этапе оценивалась точность измерения коэффициента диффузии (ADC) для симметрично расположенных областей правого и левого полушарий. Для белого вещества головного мозга измерения выполнялись для лобных долей, для серого вещества – в области головки хвостатого ядра. Во всех случаях распределение результатов соответствовало нормальному закону. В поле 1,5 Тл в области площадью около 120 мм² рассчитанные значения ADC белого вещества составили $(743 \pm 50) \cdot 10^{-6}$ мм²/с, измеренные значения лежали в диапазоне $(572 \div 947) \cdot 10^{-6}$ мм²/с. Для серого вещества выбиралась область измерений

площадью около 30 мм^2 , значение ADC составило $(743 \pm 39) \cdot 10^{-6} \text{ мм}^2/\text{с}$, измеренные значения лежали в более узком диапазоне $(642 \div 921) \cdot 10^{-6} \text{ мм}^2/\text{с}$. Несмотря на меньшую площадь области измерения, диапазон значений ADC для серого вещества был уже, чем для белого вещества, отклонение от среднего меньше.

В поле 3 Тл наблюдалось смещение средних значений коэффициента диффузии для анализируемых веществ в сторону увеличения и сужение диапазонов. Для белого вещества измеренное значение ADC составило $(829 \pm 39) \cdot 10^{-6} \text{ мм}^2/\text{с}$, диапазон расчетных значений $(699 \div 958) \cdot 10^{-6} \text{ мм}^2/\text{с}$. Для серого вещества коэффициент диффузии составил $(802 \pm 39) \cdot 10^{-6} \text{ мм}^2/\text{с}$, измеренные значения лежали в диапазоне $(682 \div 962) \cdot 10^{-6} \text{ мм}^2/\text{с}$. Снижение погрешности объясняется более высоким соотношением сигнал/шум и амплитудой РЧ-сигнала.

Корреляционный анализ показал, что значения коэффициента диффузии не зависят от возраста и пола пациента. Значения ADC симметричных областей в левом и правом полушариях отличаются на величину случайной ошибки, однако неоднородности магнитного поля могут вносить систематическую погрешность. В исследовании не выявлено корреляции между значениями ADC белого и серого веществ, результаты зависят только от точности локализации области измерений. Для всех проанализированных зависимостей, рассчитанный коэффициент Пирсона был выше для набора данных, полученных в поле 3 Тл, что объясняется большей точностью исходных данных (выше сигнал от тканей, ниже шум).

Результаты измерений показывают существенное пересечение диапазонов для исследуемых веществ и необходимость повышения соотношения сигнал/шум для исследований, выполненных в поле 1,5Тл. У отдельных пациентов наблюдалось существенное отличие рассчитанных значений коэффициента диффузии, что может быть связано с личностными особенностями и требует отдельного анализа анамнеза.