

Исследование влияния стволовых клеток на зоны ишемического поражения мозга методами цифровой обработки и когнитивной визуализации по данным МРТ

М.В. Хачумов^{1,2}, В.М. Хачумов^{1,2,3}, М.В. Шустова³

¹Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, 60-летия Октября 9, Москва, Россия, 117312

²Российский университет дружбы народов, Орджоникидзе 3, Москва, Россия, 115419

³Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, Петра Первого 4а, с. Вельково, Россия, 152020

Аннотация

Разработаны методы цифровой обработки данных МРТ головного мозга, в том числе методы выделения скоплений трансплантированных мезенхимальных стволовых клеток в режимах T2 и SWI. Разработаны методы когнитивной 2D- и 3D-визуализации их движения, построен графический интерфейс врача-исследователя для решения комплекса задач анализа и когнитивной визуализации областей интереса с применением машинной графики. Выполнен интеллектуальный анализ данных МРТ с применением разработанного инструментария для проверки гипотезы о терапевтическом воздействии мезенхимальных стволовых клеток на очаги ишемического инсульта.

Ключевые слова

Цифровая обработка, данные МРТ, ишемический инсульт, мезенхимальные стволовые клетки, когнитивная визуализация движения, терапевтический эффект

1. Введение

Клеточная терапия с использованием мезенхимальных стволовых клеток (МСК) является инновационной биомедицинской технологией в регенеративной медицине. Комбинирование современных методов магнитно-резонансной томографии (МРТ) и методов научной визуализации позволяет строить карты миграции и распространения МСК после их трансплантации, что позволяет лучше понимать механизмы их воздействия на очаги заболевания, например, при ишемическом поражении головного мозга [1,2]. Однако, при попытках отследить траекторию движения стволовых клеток возникают проблемы точного сопоставления начального и конечного положения МСК из-за сильного разнесения во времени срезов МРТ [3].

В настоящей работе основное внимание уделено разработке методов автоматического выделения и интеллектуального анализа областей интереса, включая скопления стволовых клеток и очаги ишемического поражения мозга на снимках МРТ.

2. Исследования и полученные результаты

Разработан комплекс методов и инструментальных средств цифровой обработки данных МРТ головного мозга, включающий: выделение очагов ишемического поражения, моделирование, анализ и когнитивную 2D- и 3D-визуализацию движения скоплений трансплантированных МСК. Методы предварительной обработки снимков МРТ, в основу которых положены инструментальные средства выравнивания освещенности, удаления фона и фильтрации, направлены на повышение качества обработки исследуемых изображений.

Выделение и анализ характеристик областей ишемического поражения на МРТ-снимках в различных режимах работы томографа основаны на применении искусственной нейронной

сети и обобщенной метрики. Предложенный метод анализа областей интереса позволяет визуализировать одновременно результаты МРТ-анализа зон ишемического поражения и скоплений стволовых клеток в T2- и SWI-режимах томографа, как показано на Рисунке 1. Построение прогнозных карт миграции МСК выполнялось путем решения открытой транспортной задачи. На Рисунке 2 представлена когнитивная визуализация полученного решения. Оттенками зеленого и синего цветов отмечены начальные позиции скоплений МСК, пурпурным – конечные позиции. Пример 3D-моделирования областей интереса задачи приведен на Рисунке 3.

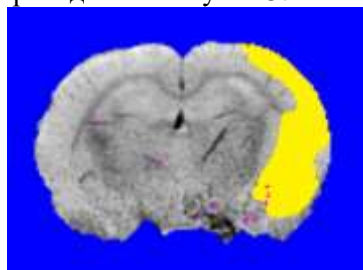


Рисунок 1: 2D-совмещение МСК и зон поражения

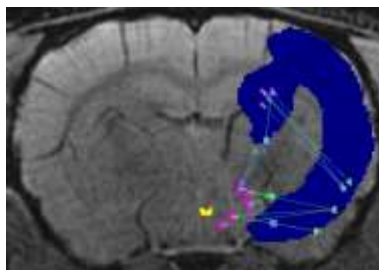


Рисунок 2: Траектории движения МСК

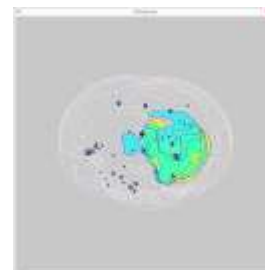


Рисунок 3: 3D-визуализация областей интереса

Одновременно с построением траекторий движения скоплений МСК проводится отслеживание пересечения этими траекториями зоны ишемического поражения (Рисунок 2). Разработан исследовательский программный комплекс, существенно расширяющий возможности врача-исследователя в изучении процессов миграции и хоуминга МСК в мозге. Графический интерфейс комплекса поддерживает работу с данными в формате DICOM, предоставляет возможность выделения и когнитивной визуализации областей интереса, моделирования движения МСК и просмотра вычисленных характеристик.

Впервые методами цифровой обработки данных МРТ выполнено исследование терапевтического влияния МСК на области ишемического поражения головного мозга. Показано, что очаг ишемии под воздействием МСК существенно уменьшился за 7-13 дней. Полученные экспериментальные результаты согласуются с врачебными исследованиями по изучению движения и влияния стволовых клеток на очаги ишемического инсульта [3].

3. Заключение

Разработанные средства автоматического выделения зон интереса по функциональным возможностям не уступают имеющимся аналогам. Наиболее близкие по возможностям программные решения содержатся в пакетах FMRIB Software Library («FSL»), 3D Slicer и NITRC. Сравнение с ними показало преимущество разработанного программного комплекса в части возможностей моделирования, анализа и визуализации движения стволовых клеток.

4. Литература

- [1] Shustova, M.V. The tools for automatically finding and visualization of interest areas in the MRI data to support of medical researchers decision-making / M.V. Shustova, V.P. Fralenko, M.V. Khachumov // Scientific and Technical Information Processing. – 2017. – Vol. 44(6). – P. 397-405.
- [2] Shustova, M.V. Isolation and Tracking of Transplanted Mesenchymal Stem Cells on MRI Images / M.V. Shustova, V.P. Fralenko, M.V. Khachumov // Proceedings of 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC). – 2018.
- [3] Конијева, А.А. Влияние экзогенных мезенхимальных стволовых клеток плаценты человека на динамику некоторых патологических процессов ЦНС в эксперименте / А.А. Конијева // Дисс. ... канд. мед. наук. – Москва, 2010. – 117 с.