

0.1. Гологуш Т.С. Численное моделирование оптимальной эмболизации артериовенозной мальформации

Артериовенозная церебральная мальформация (АВМ) является сложным и опасным врожденным пороком развития сосудов головного мозга. Наличие артериовенозного шунта с высокой скоростью кровотока и сброса крови из артериального в венозное русло, минуя капилляры, определяет патологию.

Наиболее предпочтительным методом лечения артериовенозных мальформаций является эмболизация — малоинвазивное хирургическое вмешательство, представляющее собой внутрисосудистое заполнение клубка патологических сосудов специальным эмболизирующим веществом. Данный способ хирургического вмешательства широко применяется, но до сих пор в некоторых случаях сопровождается интраоперационным разрывом сосудов мальформации (геморрагический инсульт). В связи с этим, моделирование процесса эмболизации АВМ является актуальной задачей. Целью работы является математическое моделирование процесса эмболизации и построение оптимизационного алгоритма.

Поскольку типичная АВМ состоит из большого количества взаимно пересекающихся сосудов малого диаметра, то она с достаточной точностью может рассматриваться как пористая среда. Процесс эмболизации моделируется как процесс двухфазной фильтрации несмешивающихся несжимаемых жидкостей, где вытесняемой фазой является кровь, а вытесняющей эмболизирующее вещество. Такой процесс в одномерном приближении описывается уравнением Баклея — Леверетта, которое решается численно с помощью монотонной модификации схемы Кабаре, обеспечивающей правильное описание распадов разрывов для уравнения с невыпуклой функцией потока [1]. Этот подход хорошо воспроизводит существенные особенности разрывных двухфазных течений, возникающих в задачах эмболизации [2].

Основная цель работы заключается в отыскании оптимального с точки зрения безопасности и эффективности сценария эмболизации артериовенозной мальформации. Целевой функционал и ограничения, возникающие в такой задаче оптимального управления, выбираются в соответствии с медицинскими показаниями. Управлением является зависящая от времени функция, определяющая объёмный расход эмболизирующего вещества на входе в АВМ. Сформулирована и для специального закона подачи эмболизирующего вещества решена задача оптимального управления эмболизацией с помощью модифицированного метода роя частиц.

При изучении задачи оптимальной эмболизации использовались клинические данные, полученные во

время мониторинга гемодинамических параметров при проведении нейрохирургических операций в НМИЦ им. ак. Е. Н. Мешалкина [2], [3].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-31-90096.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Черевко А. А.

Список литературы

- [1] OSTARENKO V., CHEREVKO A. Application of the CABARET scheme for calculation of discontinuous solutions of the scalar conservation law with nonconvex flux // Dokl. Phys., Pleiades Publishing Ltd. 2017. Vol. 62. P. 470–474.
- [2] CHEREVKO A., GOLOGUSH T., PETRENKO I. ET AL. Modelling of the arteriovenous malformation embolization optimal scenario // Royal Society open science. 2020. Vol. 7. N. 7. P. 191992.
- [3] КНЕ А., ШЕРЕВКО А., ШУРАКНИН А. ЕТ АЛ. Monitoring of hemodynamics of brain vessels // J. App. Mech. Tech. Phys. 2017. Vol. 58. P. 763–770.