

Код УДК 004.942

**Моделирование структуры микроциркуляторного русла
при опухолевом ангиогенезе**

Н. О. Городнова

Институт вычислительной математики

Среди причин смертности населения в развитых странах ведущее место занимают рак и болезни системы кровообращения. В связи с этим становятся особо актуальными исследования развития и влияния на организм опухолевого ангиогенеза. К подобным исследованиям относится и моделирование динамики микроциркуляторного русла.

В данной работе планируется создать модель микроциркуляторного русла в области опухолевого ангиогенеза. Ангиогенез — процесс образования новых кровеносных сосудов в органе или ткани [1]. В здоровом организме процессы ангиогенеза протекают с умеренной интенсивностью. В опухолевых же тканях, особенно в тканях злокачественных опухолей, ангиогенез протекает постоянно и очень интенсивно.

В [2] подробно описаны части микроциркуляторной системы, полученной с помощью методов с высоким разрешением, такие как МКТ (микрокомпьютерная томография является компьютерной томографией исключительно высокого разрешения, достигающего уровня микронов или даже сотен нанометров.) До недавнего времени моделирование этого типа кровотока опухоли было затруднено по причине ограниченной информации относительно подробной 3D морфологии сосудистой опухоли. Методы с высоким разрешением могут обеспечить такие 3D данные с высокой точностью, и проложить путь для использования вычислительных модели кровотока в медицине. В частности, пространственная визуализация с высоким разрешением, охватывающая сосудистую сеть всей опухоли позволит реалистичное моделирование кровотока в каждом сегменте сети сосудистой опухоли. Математическое моделирование, основанное на изображении гемодинамики, может помочь в детальном понимании распределения крови в сосудистой сети в различных пространственных масштабах.

Методика построения сети

На основе приведенных в [2] моделях планируется построить и рассчитать 3D граф сосудистой сети. Сосудистая сеть строиться в единичном кубе. На первом этапе в кубе произвольно размещаться узлы графа, так что их координаты подчиняются равномерному

распределению. После этого для каждого узла находятся 3 ближайших узла и связываются с ним сосудами. Далее из распределения каждому сосуду присваивается длина и диаметр.

На полученном графе планируется посчитать распределение кровотока в области микроциркуляции. В процессе роста злокачественной опухоли сеть сосудов вокруг нее будет изменяться (вырастут какие то новые сосуды и исчезнут некоторые старые), соответственно планируется изменить построенный граф и для нескольких этапов роста опухоли рассчитать гемодинамику. Совмещая ее с существующей моделью зависимости изменения опухоли от поступающих питательных веществ [3] можно ответить на вопрос, насколько влияет ангиогенез на рост опухоли, и проанализировать эффективность антиангиогенной терапии.

Литература

1. Физиология человека: учебник для вузов: в 2 ч. / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М.: Мир, 1996. Ч. 2
2. *Axel R. Pries, Bettina Reglin, Timothy W. Secomb.* Modeling of angioadaptation: insights for vascular development // *Int. J. Dev. Biol.* 55: 399-405
3. *Spyros K. Stamatelos, Eugene Kim, Arvind P. Pathak, Aleksander S. Popel.* A bioimage informatics based reconstruction of breast tumor microvasculature with computational blood flow predictions // *Microvascular Research* 91 (2014) 8-21.