

0.1. Тагильцев И.И. Оценка значимости рабочих гипотез при моделировании анастомоза

Механическое поведение мягких тканей кровеносных сосудов значительно нелинейно и анизотропно. Так как точное моделирование всех вовлеченных эффектов требует значительных вычислительных ресурсов, для клинического моделирования в режиме реального времени необходимо выбирать и учитывать только те, которые оказывают наиболее существенное влияние на решение. В работе проанализированы модельные допущения, необходимые для надежного расчета процесса анастомоза. Артерии моделируются в рамках теории конечных деформаций как гиперупругий преднапряженный многослойный композит, армированный семействами волокон. Для моделирования неупругих свойств применяются эффективные алгоритмы безитерационного интегрирования эволюционных уравнений [1, 2]. Исследование посвящено анализу чувствительности результирующего поля напряжений по отношению к принятым допущениям в трех случаях, в каждом из которых проведен ряд конечно-элементных моделирований. Так, изучено влияние (1) наличия остаточных напряжений (преднапряженное состояние моделируется в явном виде с помощью F_0 -подхода [3]), (2) геометрии разреза в сосуде-реципиенте и (3) неоднозначного определения параметров материала (при сохранении интегральных характеристик образца мягкой ткани).

В результате анализа показано, что рассматриваемые гипотезы значительно влияют на предсказательную силу моделирования. Указаны основные зоны критических напряжений, потенциально приводящие к пост-операционному разрыву ткани или образованию аневризм; показан механизм переноса напряжений в композитных материалах, противоречащий принципу Сен-Венана и приводящий к дополнительным концентраторам напряжений; продемонстрирована необходимость разработки более надежных экспериментальных протоколов для нахождения параметров композитных материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 20-31-90068).

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Шутов А. В.

Список литературы

- [1] SHUTOV A.V., TAGILTSEV I.I. Efficient integration of evolution equations for a fiber-like Maxwell body. // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1268. 012078.
- [2] TAGILTSEV I. I., LAKTIONOV P. P., SHUTOV A. V. Simulation of fiber-reinforced viscoelastic structures subjected to finite strains: multiplicative approach // Meccanica. 2018. Vol. 53. N. 15. P. 3779–3794.
- [3] TAGILTSEV I.I., SHUTOV A.V. Geometrically nonlinear modelling of pre-stressed viscoelastic fibre-reinforced composites with application to arteries // Biomechanics

and Modeling in Mechanobiology. 2021. Vol. 20. N. 1. P. 323–337.