

Касательное напряжение на стенке сосудистой бифуркации в условиях вихревого течения крови

Гольцев М. В., Мансуров В. А. Кафедра медицинской и биологической физики, БГМУ

Введение Касательные напряжения на стенках сосудистых бифуркаций существенно зависят от характеристик вихревого течения и могут оказывать влияние на развитие патологий сердечно-сосудистой системы. Моделирование гемодинамических процессов позволяют лучше понимать механизмы развития заболеваний и разрабатывать эффективные методы профилактики и лечения. Знание закономерностей анатомии и морфометрических характеристик бифуркации общей сонной артерии в зависимости от конституциональных особенностей черепа позволяет прогнозировать возникновение атеросклеротических бляшек в этих сосудах у людей с разной формой черепа

Цель. Исследование процессов течения и касательного напряжения на стенке в бифуркации отрезка общей сонной артерии в зависимости от конституциональных особенностей черепа для прогноза возникновения атеросклеротических бляшек с помощью численного моделирования.

Материалы и методы. Морфометрические Данные для различных форм черепа (долихокраний (d), мезокраний (m), и брахикраний (b)) предоставлены кафедрой Нормальной анатомии показаны на рисунке 1. На основе измерений угла бифуркации общей сонной артерии и диаметры общей, внутренней и наружной сонной артерий были построены 3 численных геометрических модели с различными углами (рисунок 2). Интегрирование уравнения движения крови, описываемое уравнением Навье-Стокса выполнялось методом конечных элементов

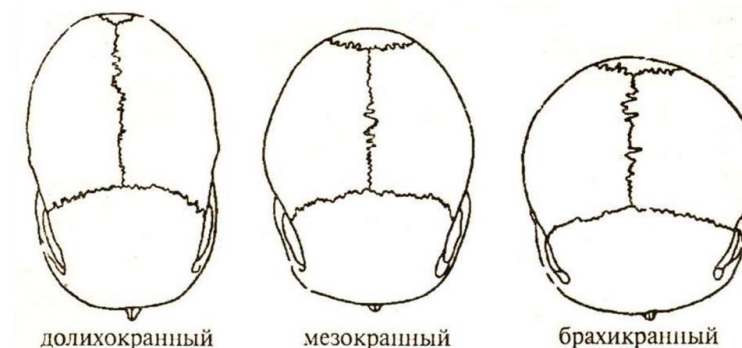


Рисунок 1 – различные формы

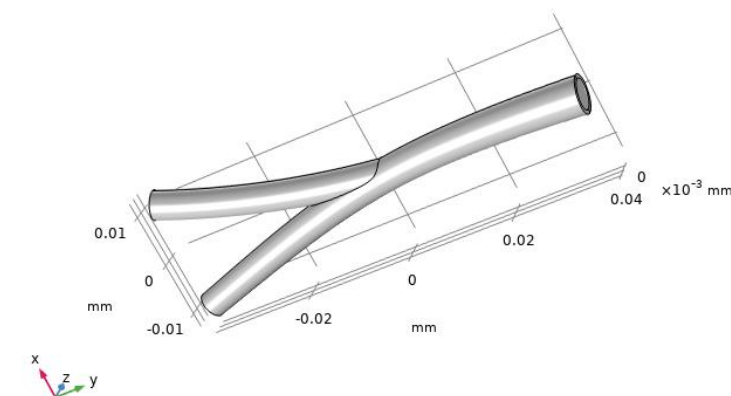


Рисунок 2 – геометрическая модель

Результаты и обсуждение. В результате моделирования показано, что линии тока искривляются при прохождении места соединения артерий в зависимости от формы черепа. Искривление порождает радиальное течение (рисунок 3) Для сравнения средней завихренности $\bar{\Omega}$ для данных бифуркаций в сечении места соединения артерий использовалась интегральная оценка

$$\bar{\Omega} = \iint_S \vec{\omega} dS/S$$

Здесь S - площадь сечения бифуркации в месте соединения дочерних артерий, ω - вихревой вектор (рисунок 4)

Выводы Чем больше угол бифуркации тем больше неоднородность поля скоростей течения, что приводит к увеличению градиентов скорости вблизи стенок сосудов, особенно в зонах, прилегающих к областям разветвлений. В результате возрастания сил трения и нагрузок растянут **касательные напряжения** на стенках сосудистых бифуркаций, что увеличивает риск повреждения клеток внутренней оболочки артерии. Это повышает вероятность возникновения атеросклеротических явлений в бифуркации.

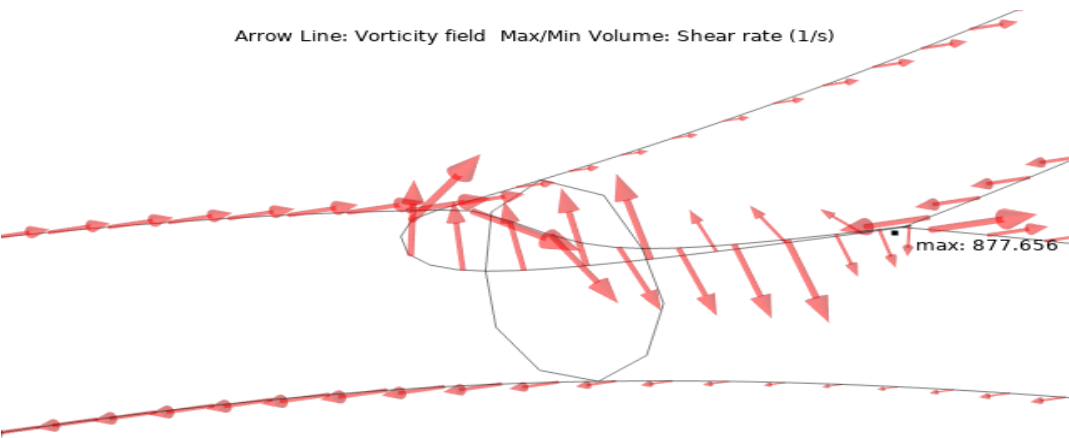


Рисунок 3. Поле вихревых векторов и максимум градиента скорости

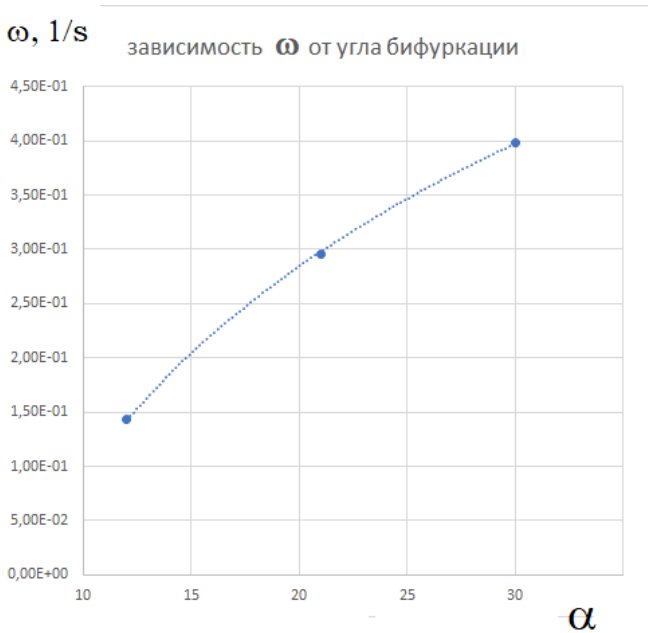


Рисунок 4. Средняя завихренность $\bar{\Omega}$ в зависимости от угла α

бифуркация	угол
b	30°
m	21°
d	12°