

Блинкова А. Д.

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И ГЕМОДИНАМИКИ В ОБЛАСТИ СЛИЯНИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ АРТЕРИЙ В БАЗИЛЯРНУЮ

Научные руководители: д-р мед. наук, проф. Трушель Н. А., доц. Мансуров В. А.

Кафедра нормальной анатомии, кафедра медицинской и биологической физики

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Актуальность. Актуальность исследования морфологических и гемодинамических особенностей сосудов головного мозга объясняется стенотическими поражениями внутричерепной части позвоночных и базилярной артерий у взрослого человека (до 21% случаев), а также образованием аневризм в базилярной артерии (до 10%).

Цель: установление особенностей строения области соединения позвоночных артерий в базилярную у взрослого человека в зависимости от формы черепа и установление параметров кровотока в сосудах методом численного моделирования для установления морфологических предпосылок развития цереброваскулярной патологии (аневризм, атеросклеротических бляшек).

Материалы и методы. Макро- и микроскопически изучены морфометрические показатели (диаметр, угол слияния) позвоночных и базилярной артерий на 30 препаратах головного мозга взрослых людей обоего пола с разной формой черепа. Установлены 3 модели сосудов в зависимости от формы черепа человека (мезо-, брахи- и долихокран). Построены численные трехмерные геометрические модели соединения сосудов.

Для расчета профиля течения жидкости в непрерывно деформируемой геометрии использован метод Лагранжа-Эйлера (ALE – arbitrary Lagrange Euler). Вычисление координат сетки в области канала на основе движения границ и сглаживания сетки использован метод Винслоу. Уравнения Навье-Стокса для вязкого течения сформулированы для движущихся координат.

Результаты и их обсуждение. Макроскопическим методом установлены диаметры позвоночных и базилярной артерий, а также величина угла слияния позвоночных артерий в базилярную в зависимости от формы черепа человека: 77° - у долихокрана, $76,75^\circ$ - мезокрана и $53,9^\circ$ - у брахикрана. Методом численного моделирования установлено, что максимальная абсолютная деформация стенки сосудов возникает в области соединения позвоночных артерий. В этом же месте наблюдается максимум напряжения фон Мизеса. Стенка сосуда в данном сечении вытягивается в одном направлении и сжимается в другом, так как в случае сложной геометрии эти деформации могут быть несимметричны, это может вызывать вторичные течения в жидкости. Объяснить выпячивание стенки можно суммированием динамического давления. На полученных графиках можно наблюдать, что напряжение и деформация уменьшаются с увеличением угла соединения позвоночных артерий. Это является следствием изменения динамического давления в центре сосуда в зависимости от угла (меньшим углам соответствует большее динамическое давление).

Выводы. Наибольший угол слияния позвоночных артерий в базилярную наблюдается у людей с долихокранной формой черепа, наименьший – у долихокранов, средний – у мезокранов. Математическое моделирование кровотока в сосудах, где сливаются два потока, показывает, что в месте соединения двух потоков возникает дополнительное динамическое давление, которое приводит к деформации стенки сосуда или выпячиванию стенки сосуда. Это явление может спровоцировать рост аневризмы в этом месте. В результате численного математического моделирования обнаружено, что напряжение и деформация уменьшаются с увеличением угла соединения артерий. Следовательно, рост аневризмы в базилярной артерии вероятней провоцируется при малых углах соединения сосудов, что свидетельствует о более высоком риске развития аневризмы у брахикранов по сравнению с мезо- и долихокранами.