

ДЕФОРМАЦИЯ СОСУДИСТОЙ СТЕНКИ В МЕСТЕ СЛИЯНИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ АРТЕРИЙ В БАЗИЛЯРНУЮ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЯЗКОСТИ КРОВИ И СТРОЕНИЯ ЧЕРЕПА

Мансуров В.А., Трушель Н.А., Гольцев М.В.

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Актуальность. Деформация стенок сосудов является важным показателем при развитии патологий сердечно-сосудистой системы. Эта деформация зависит от модуля упругости сосудистой стенки, вязкости крови и геометрии строения сосудов. Исследование взаимосвязи данных компонентов может играть важную роль в диагностике ряда заболеваний, связанных с сердечно-сосудистой системой.

Цель. Установить взаимосвязь между вязкостью крови и абсолютной деформацией стенки сосуда в месте слияния позвоночных артерий в базилярную при различных типах строения черепа, а также влияние на нее различных заболеваний.

Материалы и методы. Макроскопически изучены морфометрические показатели на 30 препаратах головного мозга взрослых людей обоего пола с разной формой черепа в месте слияния позвоночных артерий в базилярную. Методом конечно-разностного интегрирования [1] исследовано взаимодействие жидкой и упругой среды для связанных задач: течения вязкой жидкости и деформации упругой среды в месте слияния позвоночных артерий в базилярную артерию. Исследована зависимость максимальной абсолютной деформации стенки сосуда для трех численных 3D моделей. Для расчетов использованы значения вязкости крови, приведенные в научной литературе для различных патологий: при анемии вязкость крови составляет $2,5 \pm 0,5$ мПа·с; при компенсированной хронической почечной недостаточности вязкость крови составила $4,12 \pm 0,49$ мПа·с; при сахарном диабете II типа вязкость крови равна $5,5 \pm 0,5$ мПа·с; при полицетимии вязкость крови составила $6,5 \pm 1,5$ мПа·с [2].

Результаты и их обсуждение. Максимальная абсолютная деформация возникает в области слияния указанных сосудов. Стенка сосуда в этом месте вытягивается в одном направлении и сжимается в другом, так как в случае сложной геометрии эти деформации могут быть несимметричны. Объяснить выпячивание стенки можно суммированием динамического давления $p_d = \rho v^2 / 2$ (ρ – плотность жидкости, v – скорость жидкости в данной точке) при взаимодействии двух потоков. Уменьшение вязкости приводит к увеличению скорости течения при заданном перепаде давления в сосудах и, следовательно, к увеличению динамического давления и местных гидравлических потерь в указанном месте. В результате исследования установлено, что при увеличении вязкости крови абсолютная деформация стенки сосуда уменьшается.

Выводы. Установлено, что изменения вязкости крови при патологиях приводят к изменению абсолютной деформации стенки сосуда. В результате исследования установлена нелинейная обратная зависимость между абсолютной деформацией стенки сосуда и вязкостью крови для слияния позвоночных артерий в базилярную для всех типов строения черепа, найдена связь между изменением значения вязкости крови и наличием патологий, получены эмпирические формулы этой зависимости.

Библиографические ссылки

1. Othman Yakhlef and Cornel Marius Murea. Numerical Simulation of Dynamic Fluid-Structure Interaction with Elastic Structure–Rigid Obstacle Contact // Fluids 2021. Vol.6. №2. P. 51 – 60. - <https://doi.org/10.3390/fluids6020051>

2. Oguz K Baskurt, Ozlem Yalcin, Herbert J Meiselman. Hemorheology and vascular control mechanisms // Clin Hemorheol Microcirc. 2004. Vol. 30. № 3-4. P. 169-78.