

Р.Г. Грынцевич

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ АНЕВРИЗМ
В ОБЛАСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ ПЛЕЧЕВОЙ АРТЕРИИ НА ЛОКТЕВУЮ
И ЛУЧЕВУЮ АРТЕРИИ**

Научные руководители: канд. техн. наук, доц. В.А. Мансуров,*

д-р мед. наук, проф. Н.А. Трушель

Кафедра нормальной анатомии

**Кафедра медицинской и биологической физики*

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

R.G. Hryntsevich

**MORPHOMETRIC PREREQUISITES FOR THE FORMATION
OF ANEURYSMS IN THE AREA OF SEPARATION OF THE BRACHIAL
ARTERY INTO THE ULNAR AND RADIAL ARTERIES**

Tutors: PhD, associate professor V.A. Mansurov,*

MD, professor N.A. Trushel

Department of Normal Anatomy

**Department of Medical and Biological Physics*

Belarusian State Medical University, Minsk

Резюме. При изучении кровотока в области разделения плечевой артерии на локтевую и лучевую артерии выявлен оптимальный угол разделения, равный 33°. Он характерен для людей-астеников. Выявлены морфометрические предпосылки формирования аневризм в исследуемой области.

Ключевые слова: верхняя конечность, артерии верхней конечности, математическое моделирование, гемодинамика.

Resume. When studying the blood flow in the area of separation of the brachial artery into the ulnar and radial arteries, the optimal separation angle of 33 ° was revealed. It is characteristic of asthenic people. Morphometric prerequisites for the formation of aneurysms in the studied area are revealed.

Keywords: upper limb, arteries of upper limb, mathematical modeling, hemodynamics.

Актуальность. На сегодняшний день особое внимание уделяется выяснению роли механических факторов, которые связаны с гемодинамикой и способствуют развитию атеросклероза сосудов [1,2]. Такими факторами являются, например, низкое касательное напряжение в потоке крови, высокое эффективное напряжение на стенке сосуда и высокие циклические деформации [1-6]. По данным некоторых современных исследований, в зонах, где значение касательного напряжения низкое (такими зонами являются латеральные углы разделения сосудов), наблюдается активная адгезия элементов крови (форменных элементов – эритроцитов, тромбоцитов; фракций липидов и др.) к внутренней оболочке сосуда, что можно считать ранней стадией формирования атеросклеротических бляшек (стадия «жировых полосок»). В области разделения потока крови, которой соответствует апикальный угол бифуркации, касательное напряжение стенки принимает высокие значения, что способствует развитию атеросклероза с развитием последующего осложнения в виде аневризмы. В настоящее время для изучения гемодинамики в

сосудах системного и органного кровотока применяют его численное моделирование [2, 5, 6].

Цель: выявить морфометрические предпосылки формирования атеросклероза и аневризм в области разделения плечевой артерии на локтевую и лучевую

Задачи:

1. Изучить кровотоки области разделения плечевой артерии на локтевую и лучевую.
2. Выявить оптимальный угол разделения плечевой артерии на локтевую и лучевую артерии у взрослого человека в зависимости от соматотипа.

Материалы и методы. Морфометрическим методом проведены измерения угла разделения плечевой артерии на локтевую и лучевую артерии, диаметров вышеуказанных артерий (на расстоянии 15 мм от угла бифуркации) на 20 препаратах верхней конечности людей в возрасте 75-70 лет мужского (5 человек) и женского (5 человек) пола из архива кафедры нормальной анатомии УО «БГМУ»; определён индекс Соловьёва для установления соматотипа. Методом математического моделирования изучен кровоток в исследуемой области. Полученные данные обработаны статистически с использованием программного комплекса Microsoft Excel 2016.

Результаты и их обсуждение. Для построения математической модели исследуемой области и последующего изучения кровотока в ней необходимы такие морфометрические параметры сосудов, как угол разделения плечевой артерии на локтевую и лучевую артерии, диаметры и длины указанных артерий (таблица 1).

Табл. 1. Параметры расчёта

Параметр	Обозначение	Значения		Ед. измерения
		Мужчины	Женщины	
Диаметр плечевой артерии	d_0	6,49	4,29	мм
Диаметр лучевой артерии	d_1	3,02	2,53	мм
Диаметр локтевой артерии	d_2	$d_0 - d_1$		мм
Длина сосудов	L	20		мм
Угол отклонения локтевой артерии	α	15		Град
Угол отклонения лучевой артерии	β	Изменяли		Град

Значение величины угла разделения (α) плечевой артерии на локтевую и лучевую артерии: среднее значение для людей гиперстенического телосложения равно 94° , для людей-нормостеников - 59° , для людей-астеников - 33° .

Средние диаметры плечевой и лучевой артерий (диаметр плечевой артерии равен 6,49 мм у мужчин и 4,29 мм у женщин, а лучевой - 3,02 мм у мужчин и 2,53 у женщин); средний диаметр локтевой артерии определялся как разница между диаметром плечевой и лучевой артериями автоматически в программном комплексе для построения математической модели. Длины всех указанных артерий принимали равными 20 мм от угла разделения. Корреляционной связи между диаметром сосудов и типом конституции не выявлено.

Геометрическая модель, построенная методом численного моделирования, представлена на рисунке 1.

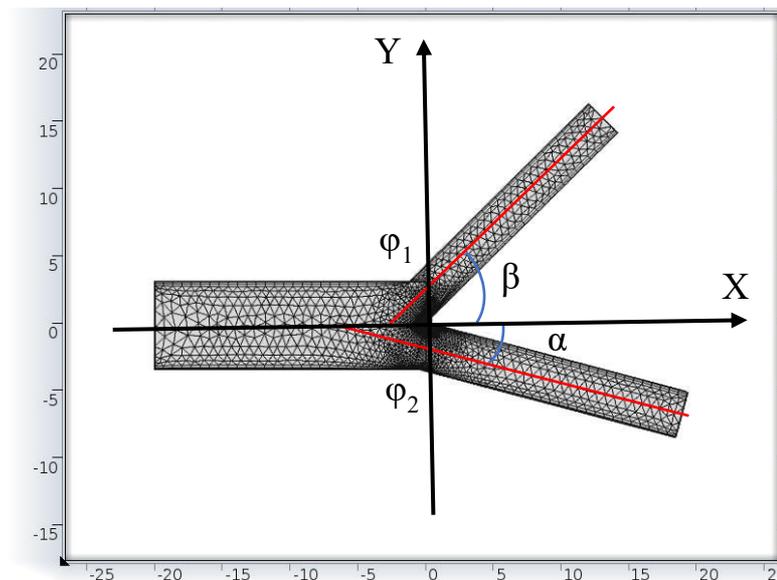


Рис. 1 – Геометрическая модель, построенная по заданным параметрам (описание в тексте)

Плечевая артерия разделяется на локтевую и лучевую артерию таким образом, чтобы площадь сечения локтевой и лучевой артерий была равна суммарной площади сечения плечевой артерии. Начало системы координат приходится на апикальный угол (угол бифуркации). Ось X проходит параллельно оси основного сосуда. От нее отсчитываются 2 угла: α — отклонение более толстого сосуда (в нашем случае локтевой артерии), равен 15° , угол β — отклонение более тонкого сосуда (лучевой артерии), который мы изменяли.

При изменении угла разделения в геометрической модели методом математического моделирования установлены геометрические параметры в виде изменения локальной скорости течения и перепада давления (рисунки 2, 3, 4).

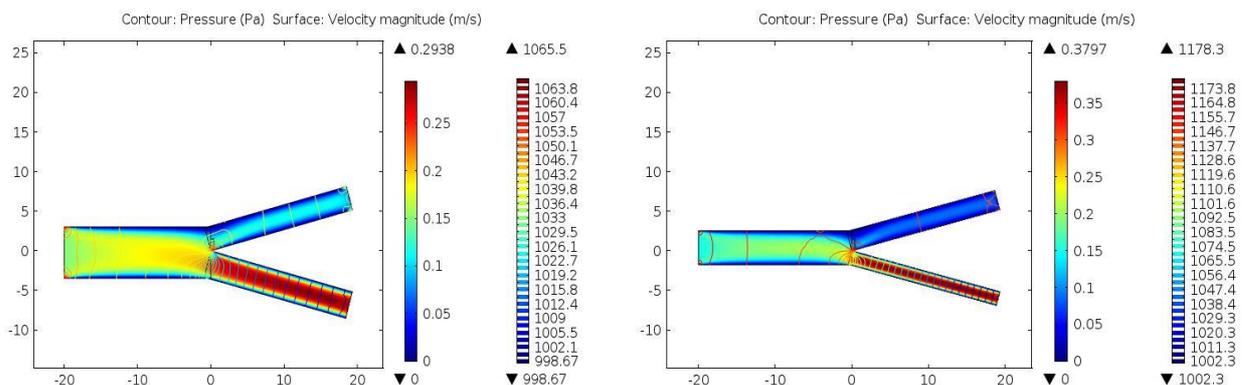


Рис. 2 – Изменение скорости сдвига и давления в исследуемой области при угле разделения 33° у мужчины (слева) и женщины (справа): скорость сдвига выделена цветом: min – синим, max – красным, изменение давления показано контурными линиями: min – синим, max – красным

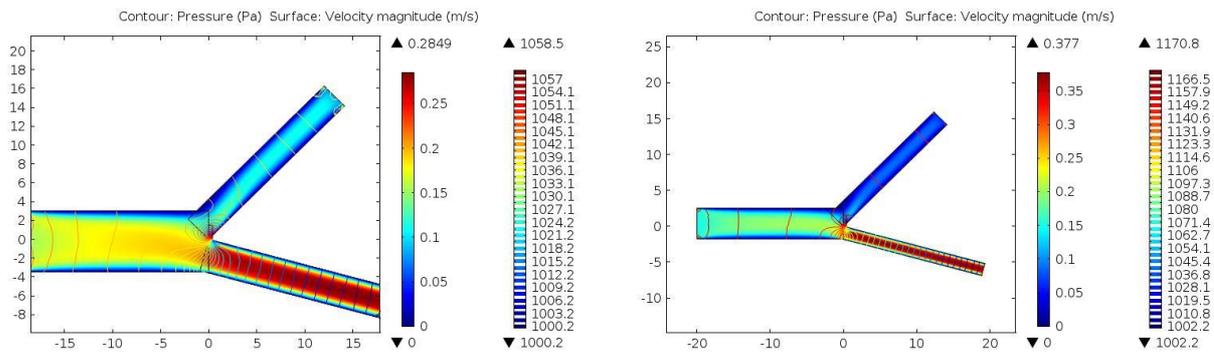


Рис. 3 – Изменение скорости сдвига и давления в исследуемой области при угле разделения 59° у мужчины (слева) и женщины (справа): скорость сдвига выделена цветом: min – синим, max – красным, изменение давления показано контурными линиями: min – синим, max – красным

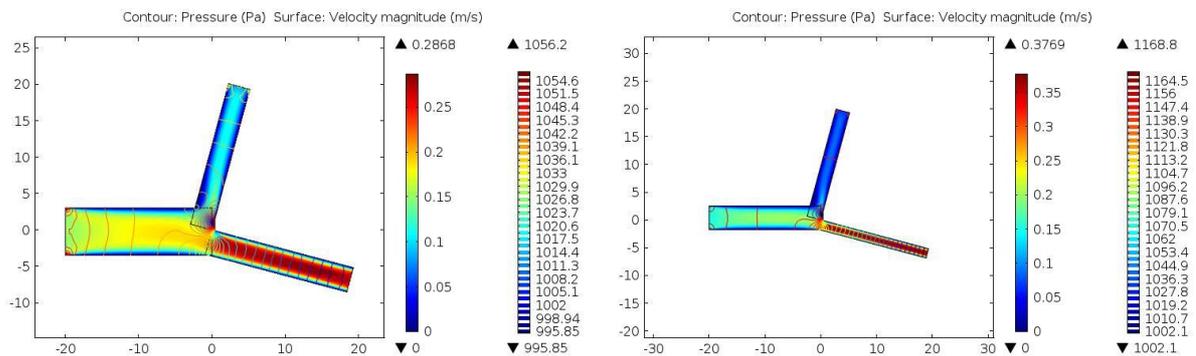


Рис. 4 – Изменение скорости сдвига и давления в исследуемой области при угле разделения 94° у мужчины (слева) и женщины (справа): скорость сдвига выделена цветом: min – синим, max – красным, изменение давления показано контурными линиями: min – синим, max – красным

На рисунках 2-4 видно, что максимальное воздействие поток крови оказывает на стенку апикального угла разделения. Здесь давление крови наибольшее (красный цвет), поскольку кровь вначале движется по плечевой артерии, а в последующем разделяется на два равных потока пропорционально диаметру локтевой и лучевой артерий. Это может способствовать ее выпячиванию и возникновению аневризмы. Наибольшая скорость сдвига наблюдается в области латерального угла ϕ_2 . При этом оптимальным углом разделения плечевой артерии на локтевую и лучевую артерии, при котором развитие атеросклероза минимально, является угол 33° , который характерен для людей астенического телосложения. Кроме того, необходимо учитывать и диаметр материнского и дочернего сосудов, поскольку у мужчин и женщин диаметр сосудов отличается. Так, у женщин с углом бифуркации 33° и меньшим диаметром сосудов, риск повреждения интимы сосуда в области латерального угла ϕ_2 в 2 раза выше, чем у мужчин с таким же углом бифуркации, но большим диаметром сосуда.

Выводы:

1. Максимальное воздействие потока крови приходится на апикальный угол разделения плечевой артерии на локтевую и лучевую (в этом месте давление крови наибольшее, так как поток крови движется по плечевой артерии и затем разделяется на два равных потока пропорционально диаметру локтевой и лучевой артерий, что может способствовать возникновению аневризмы).

2. Наибольшая скорость сдвига потока крови на стенке сосуда наблюдается в области латерального угла лучевой артерии.

3. Оптимальным углом разделения плечевой артерии, при котором развитие атеросклероза минимально, является угол 33° , который характерен для людей-астеников.

4. При выявлении морфометрических предпосылок формирования атеросклероза и аневризм, как последствий, помимо угла разделения плечевой артерии на локтевую и лучевую артерии крайне важно учитывать диаметр плечевой и лучевой артерий, поскольку у женщин с апикальным углом α , равным 33° , и меньшим диаметром сосудов, риск повреждения эндотелия в области латерального угла ϕ_1 в 2 раза выше, чем у мужчин с таким же углом α , но большим диаметром сосудов.

Литература

1. Трушель, Н. А. Роль морфологического и гемодинамического фактора в атерогенезе сосудов виллизиева круга / Н. А. Трушель, П. Г. Пивченко. – Минск : БГМУ, 2013. – 180 с.
2. Friedman, M. H. Effects of arterial compliance and non-newtonian rheology on correlations between intimal thickness and wall shear / M. H. Friedman // ASME J. Biomech. Engineering. – 1992. – Vol. 114. – P. 317-320.
3. Malek, A. M. Hemodynamics Shear Stress and Its Role in Atherosclerosis / A. M. Malek, S. L. Alper, S. Izumo // JAMA. – 1999. – Vol. 282. – № 21. – P. 2035-2042.
4. Thubrikar, M. J. Pressure-induced arterial wall stress and atherosclerosis / M. J. Thubrikar, F. Robicsek // Ann. Thorac. Surg. – 1995. – Vol. 59. – № 6. – P. 1594-1603.
5. Zu-rong, Ding. Flow field and oscillatory shear stress in a tuning-fork-shaped model of the average human carotid bifurcation / Zu-rong Ding // J. Biomechanics. – 2001. – Vol. 34. – 12. – P. 1555-1562.