

Доль А. В.

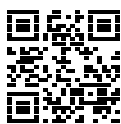
ИССЛЕДОВАНИЕ БРАХИОЦЕФАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени
Н. Г. Чернышевского, Саратов, Россия

Аннотация. Работа посвящена комплексному исследованию системы артериальных сосудов шеи и головы (брахиоцефальных артерий), включающей сонные артерии, базилярную артерию и сосуды виллизиева круга. предложена методология оценки рисков отрыва атеросклеротических бляшек и образования аневризм сосудов виллизиева круга на основе биомеханического моделирования при сочетанной патологии комплекса артерий шеи и головы, включающей поражение сонных артерий атеросклерозом, аплазию участков виллизиева и круга и синдром позвоночно-подключичного обкрадывания. Помимо комплексной оценки состояния пациента на основе имеющихся данных о патологиях артериальной системы в случаях с повышенным риском отрыва атеросклеротической бляшки методология включает этап уточняющего расчета в двумерной постановке, позволяющего уточнить степень риска и скорректировать результаты. Предложена методика полуавтоматического создания геометрических моделей на основе данных медицинского диагностического оборудования. Предложена концепция и проведена сборка мобильного испытательного стенда для испытаний на одноосное растяжение и сжатие. Стенд использован для проведения исследований механических характеристик артериальных стенок (здоровых и патологически измененных), а также атеросклеротических бляшек и их покрышек. Выполнена верификация граничных условий с использованием разработанного автором испытательного стенда для моделирования течения жидкостей по системе разветвляющихся сосудов. На основе численного моделирования проведена оценка риска образования аневризм в сосудах виллизиева круга, а также отрыва атеросклеротических бляшек. Представлены результаты разработки теоретических основ и методов практической реализации для системы поддержки принятия решений при сочетанной патологии участка сосудистого русла «сонные артерии-базилярная артерия-виллизиев круг». На основе предложенной методологии и разработанного прототипа проведена оценка рисков отрыва бляшек и образования аневризм для конкретного пациента с сочетанной патологией артерий шеи и головы, сделаны выводы о необходимости наблюдения и консервативного лечения без хирургического вмешательства, которые были подтверждены клинически.

Ключевые слова: артерия, Виллизиев круг, эксперимент, аневризма, бляшка, атеросклероз.

Доль Александр Викторович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры математической теории упругости и биомеханики; e-mail: dolav86@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5842-1615>; AuthorID: 601135



для цитирования: Доль А. В. Исследование брахиоцефальных артерий // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2026. № 1(67). С. 219–223. DOI: 10.37972/chgpu.2026.67.1.014. EDN: XICJPU

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0).

A. V. Dol

STUDY OF THE BRACHIOCEPHALIC ARTERIES

Saratov State University, Saratov, Russia

Abstract. The work is devoted to a comprehensive study of the arterial system of the neck and head (brachiocephalic arteries), including the carotid arteries, the basilar artery, and the vessels of the Circle of Willis. A methodology is proposed for assessing the risks of atherosclerotic plaque rupture and the formation of aneurysms in the vessels of the Circle of Willis based on biomechanical modeling in cases of combined pathology of the neck and head arterial system. This includes carotid artery atherosclerosis, aplasia of segments of the Circle of Willis, and subclavian steal syndrome. In addition to a comprehensive assessment of the patient's condition based on available data on arterial pathologies, in cases with an increased risk of plaque rupture, the methodology includes a stage of уточняющего (refined) calculation in a two-dimensional formulation, allowing for a more accurate risk assessment and adjustment of the results. A method for semi-automatic creation of geometric models based on data from medical diagnostic equipment is proposed. A concept is also presented and a mobile testing stand is developed for uniaxial tensile and compressive testing. The stand was used to study the mechanical characteristics of arterial walls (both healthy and pathologically altered), as well as atherosclerotic plaques and their fibrous caps. Boundary conditions were verified using the testing stand developed by the author to simulate fluid flow through a system of branching vessels. Based on numerical modeling, the risks of aneurysm formation in the vessels of the Circle of Willis and rupture of atherosclerotic plaques were assessed. The results of the development of theoretical foundations and practical implementation methods for a decision support system in cases of combined pathology of the vascular segment "carotid arteries – basilar artery – Circle of Willis" are presented. Based on the proposed methodology and the developed prototype, risk assessment of plaque rupture and aneurysm formation was performed for a specific patient with combined pathology of the neck and head arteries. Conclusions were drawn regarding the need for monitoring and conservative treatment without surgical intervention, which were subsequently confirmed clinically.

Keywords: artery, Circle of Willis, experiment, aneurysm, plaque, atherosclerosis.

Alexander V. Dol, PhD in Physics and Mathematics; e-mail: dolav86@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5842-1615>; AuthorID: 601135



to cite this article: Dol A. V. Study of the brachiocephalic arteries // Vestn. Chuvash. Gos. Ped. Univ. im. I.Ya. Yakovleva Ser.: Mekh. Pred. Sost. 2026. No 1(67). p. 219–223. DOI: 10.37972/chgpu.2026.67.1.014

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. А. В. Доль — постановка задачи, анализ литературы, интерпретация результатов, подготовка текста рукописи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Работа выполнена при поддержке Благотворительного фонда Владимира Потанина (проекты № ПР24-002612, ПР23-002167, АкаД21-000211, АкаД21-001423).

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. Alexander V. Dol – formulated the research problem, analyzed the literature, interpreted the results, and prepared the manuscript.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding. The work was supported by the Vladimir Potanin Charitable Foundation (projects No. PR24-002612, PR23-002167, AkaD21-000211, AkaD21-001423).

ЛИТЕРАТУРА

1. Доль А. В. Биомеханика артерий шеи и головы: развитие аневризм и отрыв атеросклеротических бляшек при сочетанных патологиях // Российский журнал биомеханики. – 2024. – Т. 28, № 3. – С. 25–38. – DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2024.3.02. – EDN: BWBEXL.
2. Dol A. V., Ivanov D. V., Fomkina O. A. Optimizing the process of developing human blood vessel models // Saratov Medical Journal. – 2020. – Vol. 1, no. 2. – e0201.
3. Доль А. В. Механические свойства атеросклеротических бляшек, покрышек и стенок артериальных сосудов: испытания на мобильном стенде // Российский журнал биомеханики. – 2023. – Т. 27, № 3. – С. 81–88. – DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2023.3.06. – EDN: ETVZOO.
4. Граничные условия на выходах при численном моделировании гемодинамики сонной артерии / А. В. Доль [и др.] // Российский журнал биомеханики. – 2021. – Т. 25, № 1. – С. 20–31. – DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2021.1.02. – EDN: IAICWU.
5. Ivanov D. V., Dol A. V. Influence of the internal carotid arteries stenosis on the hemodynamics of the Circle of Willis communicating arteries: a numerical study // Mechanics of Solids. – 2025. – Vol. 60, no. 2. – P. 1329–1339. – DOI: 10.1134/S0025654425601028. – EDN: JAGWIB.

Received: 10.03.26;

accepted: 19.05.26;

published: 01.07.26.

REFERENCES

1. *Dol A. V.* Biomechanics Cerebral and Carotid Arteries: Aneurysm Development and Atherosclerotic Plaque Detachment in the Presence of Combined Pathologies // Russian Journal of Biomechanics. – 2024. – Vol. 28, no. 3. – P. 19–30. – DOI: 10.15593/RJBiomech/2024.3.02. – EDN: BWBEXL.
2. *Dol A. V., Ivanov D. V., Fomkina O. A.* Optimizing the Process of Developing Human Blood Vessel Models // Saratov Medical Journal. – 2020. – Vol. 1, no. 2. – e0201.
3. *Dol A. V.* Mechanical Properties of Atherosclerotic Plaques, Caps and Walls of Arterial Vessels: A Mobile Test Bench Experiments // Russian Journal of Biomechanics. – 2023. – Vol. 27, no. 3. – P. 65–70. – DOI: 10.15593/RJBiomech/2023.3.06. – EDN: ETVZ00.
4. Boundary Conditions at the Outlets for Numerical Modeling of Carotid Artery Hemodynamics / A. V. Dol [et al.] // Russian Journal of Biomechanics. – 2021. – Vol. 25, no. 1. – P. 16–26. – DOI: 10.15593/RJBiomech/2021.1.02. – EDN: IAICWU.
5. *Ivanov D. V., Dol A. V.* Influence of the Internal Carotid Arteries Stenosis on the Hemodynamics of the Circle of Willis Communicating Arteries: A Numerical Study // Mechanics of Solids. – 2025. – Vol. 60, no. 2. – P. 1329–1339. – DOI: 10.1134/S0025654425601028. – EDN: JAGWIB.