

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626820>

Создание антропоморфных тест-объектов брюшного отдела аорты для компьютерно-томографической ангиографии

А.В. Гусева¹, М.Р. Коденко^{1,2}¹ Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Россия;² Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Антропоморфные тест-объекты сосудов — важный инструмент совершенствования компьютерно-томографических ангиографических исследований, так как они позволяют избежать воздействия лучевой нагрузки на пациента. Представленная работа является продолжением исследования в сфере разработки и внедрения системы имитации пульсового кровенаполнения сосудов для компьютерно-томографических ангиографических исследований. На основании результатов успешной апробации экспериментального стенда с использованием тест-объектов упрощённой формы [1] была инициирована и проведена работа по созданию антропоморфных тест-объектов брюшного отдела аорты, имитирующих нормальный и аневризматически расширенный сосуд.

Цель — создание антропоморфных тест-объектов брюшного отдела аорты из материалов, одновременно имитирующих биомеханические и рентгеновские свойства реального сосуда.

Материалы и методы. Для создания тест-объектов антропоморфной формы были выбраны данные компьютерной томографии пациентов, находящиеся в открытом доступе [2]. С помощью программного обеспечения 3D Slicer проведена сегментация исследований, содержащих нормальный и аневризматически расширенный просвет брюшной аорты. Обработка полученных в ходе сегментации моделей проведена с помощью системы автоматизированного проектирования Autodesk Meshmixer. Подготовка модели к печати выполнена с помощью системы автоматизированного проектирования Polygon X. Печать моделей выполнена из водорастворимого пластика с использованием 3D-принтера Picaso X PRO. Полученная модель использована в качестве основы для создания тест-объекта методом намазки. Для обеспечения равномерной по толщине стенки сосуда разработана конструкция, представляющая собой вращающуюся рамку с регулируемой частотой вращения. В качестве тканеимитирующего материала, обладающего требуемыми рентгеновскими и биомеханическими свойствами, использовано сочетание силиконового матрикса и армирующих нитей [3].

Результаты. Были изготовлены тест-объекты антропоморфной формы для случаев нормального и аневризматически расширенного просвета брюшной аорты в масштабе 1:3 и 1:1. Разработан технологический процесс нанесения материала, который позволил получать равномерный слой материала по всему объёму модели.

Заключение. Результаты предназначены для развития компьютерно-томографических ангиографических исследований с использованием антропоморфных тест-объектов, позволяющих учитывать индивидуальные особенности пациента. Дальнейшее развитие проекта предполагает апробацию полученных тест-объектов в рамках компьютерно-томографического ангиографического исследования с помощью устройства, имитирующего пульсовое кровенаполнение.

Ключевые слова: тест-объект; тканеимитирующий материал; антропоморфное моделирование; брюшной отдел аорты; компьютерно-томографическая ангиография.

Как цитировать:

Гусева А.В., Коденко М.Р. Создание антропоморфных тест-объектов брюшного отдела аорты для компьютерно-томографической ангиографии // Digital Diagnostics. Т. 5, № S1. С. 27–29. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626820>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коденко М.Р., Гусева А.В. Устройство для имитации пульсового кровенаполнения брюшного отдела аорты // Digital Diagnostics. 2023. Т. 4, № S1. С. 35–36. EDN: SATOLX doi: 10.17816/DD430337
2. MosMedData KT с признаками аневризмы аорты тип III [Интернет]. Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамен-
- та здравоохранения города Москвы»; с2013–2023 [дата обращения: 13.06.2023]. Доступ по ссылке: <https://mosmed.ai/datasets/mosmeddata-kt-s-priznakami-anevrizmyi-aortyi-tip-iii/>
3. Kwon J., Ock J., Kim N. Mimicking the mechanical properties of aortic tissue with pattern-embedded 3D printing for a realistic phantom // Materials. 2020. Vol. 13, N 21. P. 5042. doi: 10.3390/ma13215042

Рукопись получена: 13.02.2024

Рукопись одобрена: 13.03.2024

Опубликована online: 30.06.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626820>

Anthropomorphic abdominal aortic phantoms for computed tomography angiography

Anastasia V. Guseva¹, Maria R. Kodenko^{1,2}

¹ Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia;

² Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Anthropomorphic vascular test objects are an important tool for improving computed tomography angiography studies, as they allow avoiding the impact of radiation exposure on the patient. The presented work is a continuation of the research in the field of development and implementation of the system of pulse blood flow simulation of vessels for computed tomography angiography studies. Based on the results of successful validation of the experimental test bench using simplified test objects [1], the work on creation of anthropomorphic test objects of the abdominal aorta imitating normal and aneurysmatically dilated vessels was initiated and carried out.

AIM: Creation of anthropomorphic test objects of the abdominal aorta from materials that simultaneously mimic the biomechanical and X-ray properties of the real vessel.

MATERIALS AND METHODS: Publicly available computed tomography data of patients were selected to create anthropomorphic test objects [2]. 3D Slicer software was used to segment studies containing normal and aneurysmatically dilated abdominal aortic lumen. The models obtained during segmentation were processed using Autodesk Meshmixer computer-aided design system. Model preparation for printing was performed using Polygon X computer-aided design system. The models were printed from water-soluble plastic using Picaso X PRO 3D printer. The resulting model was used as the basis for creating a test object using the smearing method. In order to ensure uniform thickness of the vessel wall, a structure, which is a rotating frame with adjustable speed, was developed. A combination of silicone matrix and reinforcing threads was used as a tissueimitating material with the required X-ray and biomechanical properties [3].

RESULTS: Anthropomorphic test objects were made for cases of normal and aneurysmatically dilated abdominal aortic lumen in 1:3 and 1:1 scale. A technological process of material application was developed, which made it possible to obtain a uniform layer of material over the entire volume of the model.

CONCLUSION: The results are intended for the development of computed tomography angiography using anthropomorphic test objects that allow taking into account the individual characteristics of the patient. Further development of the project involves testing of the obtained test objects within the framework of computed tomography angiography research using a device simulating pulse blood flow.

Keywords: tissue-mimicking materials; anthropomorphic phantom; abdominal aorta; computed tomography angiography.

To cite this article:

Guseva AV, Kodenko MR. Anthropomorphic abdominal aortic phantoms for computed tomography angiography. *Digital Diagnostics*. 2024;5(S1):27–29. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626820>

REFERENCES

1. Kodenko MR, Guseva AV. Hydraulic circuit for pulse flow simulation in the tissue-mimicking aortic phantom. *Digital Diagnostics*. 2023;4(S1):35–36. EDN: SATOLX doi: 10.17816/DD430337
2. MosMedData CT scan with signs of aortic aneurysm type III [Internet]. State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department»; c. 2013–2023 [cited 2023 Jun 13]. Available from: <https://mosmed.ai/datasets/mosmeddata-kt-s-priznakami-anevrizmyi-aortyi-tip-iii/> (In Russ)
3. Kwon J, Ock J, Kim N. Mimicking the Mechanical Properties of Aortic Tissue with Pattern-Embedded 3D Printing for a Realistic Phantom. *Materials*. 2020;13(21):5042. doi: 10.3390/ma13215042

Received: 13.02.2024

Accepted: 13.03.2024

Published online: 30.06.2024

ОБ АВТОРАХ

*** Гусева Анастасия Викторовна;**

ORCID: 0009-0006-1787-4726;

e-mail: anastas_g01@mail.ru

Мария Романовна Коденко;

ORCID: 0000-0002-0166-3768;

eLibrary SPIN: 5789-0319;

e-mail: kodenkomaria@yandex.ru

AUTHORS' INFO

*** Anastasia V. Guseva;**

ORCID: 0009-0006-1787-4726;

e-mail: anastas_g01@mail.ru

Maria R. Kodenko;

ORCID: 0000-0002-0166-3768;

eLibrary SPIN: 5789-0319;

e-mail: kodenkomaria@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author