

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD430337>

Устройство для имитации пульсового кровенаполнения брюшного отдела аорты

М.Р. Коденко^{1, 2}, А.В. Гусева²¹ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Российская Федерация² Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование: компьютерная томографическая ангиография (КТА) является «золотым стандартом» диагностики большинства сосудистых патологий. Оптимальный метод совершенствования этой диагностики — использование антропоморфных тканеимитирующих фантомов, поскольку КТА-исследование сопровождается лучевой нагрузкой и риском аллергических реакций при использовании контрастных веществ. Помимо соблюдения соответствия рентгеновских свойств сосуда необходимо также воспроизводить пульсации, возникающие в аорте *in vivo*. Обзор существующих решений демонстрирует малое число отечественных разработок в данной области при сравнительно высокой стоимости зарубежных аналогов. Кроме того, стоит отметить отсутствие воспроизводимой методологии создания устройств имитации пульсового кровенаполнения с использованием доступных и недорогих материалов.

Цель: разработка гидроконтра для имитации пульсового кровенаполнения в тканеимитирующем фантоме аорты.

Методы: проведён литературный анализ существующих устройств имитации пульсового кровенаполнения, а также тканеимитирующих фантомов брюшного отдела аорты. Сформированы медико-технические требования к проектируемому устройству. Разработана схема управления, определена схемозлементная база и собран макетный образец гидроконтра. На основе обзора литературы определён материал, пригодный для воспроизведения биомеханических характеристик артериальной ткани. Изготовлен упрощённый фантом сегмента брюшной аорты. Макет устройства включает в себя: упрощённый фантом брюшной аорты, систему управления, насос, датчик давления, расходомер и регулятор потока. Проведено первичное тестирование разработанного контура в режиме базовых сигналов и в режиме имитации реального профиля потока. Базовые сигналы представляли собой периодические прямоугольные сигналы, воспроизводимые с различной частотой, имитирующие нормальный, учащённый и замедленный пульс. С использованием широтно-импульсной модуляции получен профиль пульсовой волны давления.

Результаты: разработанная конструкция гидроконтра позволила успешно воспроизводить профили давления и скорости потока в тканеимитирующем фантоме аорты. Дальнейшее развитие проекта предполагает изготовление и валидацию контура с использованием антропоморфных версий фантома, моделирование ангиографического исследования.

Заключение: полученные результаты могут быть полезны для совершенствования методик КТА, а также для разработки ангиохирургических обучающих стендов.

Ключевые слова: тканеимитирующий фантом; брюшной отдел аорты; компьютерная томографическая ангиография; гидроконтур.

КАК ЦИТИРОВАТЬ

Коденко М.Р., Гусева А.В. Устройство для имитации пульсового кровенаполнения брюшного отдела аорты // *Digital Diagnostics*. 2023. Т. 4, № 1 Supplement. С. 35–36. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD430337>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rengier F., Geisbüsch P., Vosshenrich R., et al. State-of-the-art aortic imaging: part I — fundamentals and perspectives of CT and MRI // *Vasa*. 2013. Vol. 42, N 6. P. 395–412. doi: 10.1024/0301-1526/a000309
2. Doppler Flow Pump [Internet]. Hospimedica Expo [дата обращения: 03.06.2023]. Доступ по ссылке: <https://mobile.hospimedica.com/expo/product/8996/doppler-flow-pump-model-model-769>.
3. Kwon J, Ock J.H., 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.

Рукопись получена: 15.05.2023

Рукопись одобрена: 05.06.2023

Опубликована Online: 10.07.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD430337>

Hydraulic circuit for pulse flow simulation in the tissue-mimicking aortic phantom

Maria R. Kodenko^{1,2}, Anastasia V. Guseva²¹ Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russian Federation² Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Computed tomographic angiography (CTA) is the “gold standard” in the diagnosis of most vascular pathologies. The optimal method to improve this technique is the use of anthropomorphic tissue-mimicking phantoms, since CTA is accompanied by radiation exposure and the risk of allergic reactions when using contrast agents. In addition to compliance with the X-ray properties of the vessel, the pulsations occurring in the aorta *in vivo* must be simulated. A review of existing solutions demonstrates a small number of national developments in this area at a relatively high cost of foreign analogues. Moreover, the lack of reproducible methodology for creating pulse flow simulation devices using available and inexpensive materials is worth noting.

AIM: To develop a hydraulic circuit to simulate pulse blood flow in a tissue-mimicking aortic phantom.

METHODS: A literature analysis of existing pulse flow simulation devices and tissue-mimicking phantoms of the abdominal aorta was conducted. The medical and technical requirements for the designed device were formulated. The control circuit was developed, the circuit element base was determined, and the hydraulic circuit prototype was assembled. Based on a literature review, a material suitable for reproducing the biomechanical characteristics of arterial tissue was selected. A simplified phantom of the abdominal aortic segment was made. The device model included a simplified abdominal aortic phantom, a control system, a pump, a pressure sensor, a flow meter, and a flow regulator. Initial testing of the developed circuit in the basic signal mode and in the real flow profile simulation mode was performed. The basic signals were periodic rectangular signals reproduced at different frequencies, simulating normal, rapid, and slow heart rate. Using pulse-width modulation, a profile of the pressure pulse wave was obtained.

RESULTS: The developed hydraulic circuit allowed successful reproduction of pressure and flow velocity profiles in a tissue-mimicking aortic phantom. Further development of the project will involve fabrication and validation of the circuit (using anthropomorphic versions of the phantom) and simulation of the angiographic study.

CONCLUSIONS: The results may be useful for the improvement of CTA techniques and the development of angiosurgical training stands.

Keywords: tissue-mimicking phantom; abdominal aorta; computed tomographic angiography; hydraulic circuit.

FOR CITATION

Kodenko MR, Guseva AV. Hydraulic circuit for pulse flow simulation in the tissue-mimicking aortic phantom. *Digital Diagnostics*. 2023;4(1S):35–36. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD430337>

REFERENCES

1. Rengier F, Geisbüscher P, Vosshenrich R, et al. State-of-the-art aortic imaging: part I — fundamentals and perspectives of CT and MRI. *Vasa*. 2013;42(6):395–412. doi: 10.1024/0301-1526/a000309
2. Doppler Flow Pump [Internet]. *Hospimedica Expo* [cited 2023 Jun 03]. Available from: <https://mobile.hospimedica.com/expo/product/8996/doppler-flow-pump-model-model-769>.
3. Kwon J, Ock JH, Kim N. Mimicking the mechanical properties of aortic tissue with pattern-embedded 3D printing for a realistic phantom. *Materials*. 2020;13(21):5042.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

* Коденко Мария Романовна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0166-3768>;

eLibrary SPIN: 5789-0319; e-mail: m.r.kodenko@yandex.ru

Гусева Анастасия Викторовна;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1787-4726>;

e-mail: anastas_g01@mail.ru

AUTHORS' INFO

* Maria R. Kodenko;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0166-3768>;

eLibrary SPIN: 5789-0319; e-mail: m.r.kodenko@yandex.ru

Anastasia V. Guseva;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1787-4726>;

e-mail: anastas_g01@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Received: 15.05.2023

Accepted: 05.06.2023

Published Online: 10.07.2023