

УДК 616-77; 616-073

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И МОДЕЛЕЙ ОРГАНОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭНДОПРОТЕЗОВ

Савченко А.Л.¹, Элмуротова Д.Б.²

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

²Ташкентская медицинская академия
Ташкент, Республика Узбекистан

Аннотация. Тема исследования связана с совершенствованием конструкций эндопротезов для кардиологии и ортопедии на основе анализа рентгеновских снимков органов. Ожидаемые результаты выполнения НИР заключаются в установлении оптимальных параметров эндопротезов с высокими показателями совместимости с организмом пациента. Ожидаемые результаты обеспечат теоретическую и экспериментальную основу для производства в Республике Беларусь высокоэффективных эндопротезов для использования в области кардиологии и ортопедии. Использование эндопротезов с конструкцией, учитывающей особенности анатомии пациента позволит улучшить качество жизни людей в послеоперационный период.

Ключевые слова: эндопротезы, рентгеновские снимки, кастомизация, аддитивные технологии.

STUDY OF X-RAY IMAGES AND ORGAN MODELS FOR DESIGNING ENDOPROTHESES

Savchenko A.L.¹, Elmurotova D.B.²

¹Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

²Tashkent medical academy
Tashkent, Republic of Uzbekistan

Abstract. The topic of the research is related to improving the designs of endoprostheses for cardiology and orthopedics based on the analysis of X-ray images of organs. The expected results of the research work are to establish the optimal parameters of endoprostheses with high rates of compatibility with the patient's body. The expected results will provide a theoretical and experimental basis for the production in the Republic of Belarus of highly effective endoprostheses for use in the field of cardiology and orthopedics. The use of endoprostheses with a design that takes into account the peculiarities of the patient's anatomy will improve the quality of life of people in the postoperative period.

Key words: endoprostheses, x-rays, customization, additive technologies.

Адрес для переписки: Савченко А.Л., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь
e-mail: alsavchenko@bntu.by

Эндопротезы для использования в кардиологии и ортопедии достаточно разнообразны. Эндопротезы кровеносных сосудов как правило представляют собой пространственные формы, полученные из металлических и тканевых элементов. К ним относятся стенты, стентграфты, окклюдеры, искусственные клапаны сердца. Неотъемлемым элементом комплекта для установки эндопротеза является система доставки – набор трубок для перемещения эндопротеза через сосудистое русло к месту установки. При этом приходится учитывать проходимость сосудов для системы доставки, поэтому наряду с рекомендациями действующих стандартов возможно использование рентгеновских снимков сосудов для коррекции конструкции системы.

Эндопротезы суставов имеют, на первый взгляд, несложную конструкцию, однако форма рабочих поверхностей может быть достаточно сложной и иметь индивидуальные особенности, без учета которых сложно обеспечить оптимальную биомеханику пациента. Это относится, в первую очередь, к протезам коленных суставов, для изготовления которых можно использовать

цифровые двойники, полученные по результатам рентгеновской съемки.

Качество эндопротезов для челюстно-лицевой хирургии требует особого подхода, так как приходится учитывать кроме функционального еще и косметический аспект. Обеспечение требуемой эстетики имплантов также может осуществляться на основе трехмерных изображений челюстно-лицевой зоны.

Несколько другого подхода требуют импланты для травматологии. Здесь на первое место выходят требования к прочности их установки, что напрямую связано с прочностью костей, следовательно с их формой, размерами и механическими характеристиками. Цифровое проектирование имплантов будет более эффективным при использовании расчетов с участием моделей костей.

Моделирование сосудистого русла выполняется, как правило, с целью анализа механики кровотока и стенок сосудов [1; 2]. Испытания системы доставки включают испытания на возможность проталкивания, которые выполняются в соответствии с нормативно-технической доку-

ментацией в макете сосудистого русла с рекомендуемыми углами изгиба модели. То есть используется усредненный подход вместо возможного индивидуального. Сосудистое русло представляет собой сложную трехмерную структуру, поэтому для построения модели используют компьютерную томографию [3; 4].

Использование трехмерных цифровых моделей органов, полученных на основе изображений или синтезированных связано, в первую очередь, с аддитивными технологиями изготовления протезов с помощью 3D-принтеров [5]. Это направление широко обсуждалось на всероссийской конференции 3D-технологии в медицине в Нижнем Новгороде в феврале 2023 года [6].

По данным новостных каналов ученые Донского государственного технического университета (ДГТУ), Уральского федерального университета (УрФУ) и Первого Московского государственного медицинского университета имени Сеченова работают над совместным проектом по совершенствованию 3D-моделирования на основе томографических снимков. Главная цель заключается в разработке уникального программного комплекса для анализа данных магнитно-резонансной и компьютерной томографии. Работы ведутся с расчетом на аддитивное производство оптимизированных эндопротезов для челюстно-лицевой хирургии.

Эндопротез нижней челюсти является одним из самых востребованных в челюстно-лицевой хирургии. Такой протез, полученный на основе рентгеновских изображений рассматривается в работе [7].

В Российской Федерации передовыми исследовательскими организациями в описываемой области являются Научный центр «Передовые цифровые технологии» (Санкт-Петербург); Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг» СПбПУ, Центр НТИ «Новые производственные технологии» СПбПУ, Институт передовых производственных технологий СПбПУ, ИЦ «Центр компьютерного инжиниринга» СПбПУ, УНИЛ «Вычислительная механика» (CompMechLab) СПбПУ, ООО Лаборатория «Вычислительная механика» (CompMechLab® LLC).

Авторы проекта с узбекской стороны представляют профильную кафедру Ташкентского государственного технического университета «Биомедицинская инженерия». Кафедра занимается научными исследованиями в области исследования методов и средств анализа и обработки медицинских и биологических сигналов и данных, в том числе обработкой рентгеновских изображений.

Научная идея проекта состоит в установлении основных факторов и зависимостей, определяющих

конструкции эндопротезов для обеспечения оптимальной совместимости с организмом пациента с учетом индивидуальных особенностей анатомии.

В Республике Беларусь и Республике Узбекистан исследования в области кастомизации эндопротезов с использованием цифровых моделей и аддитивных технологий будут выполняться впервые.

Ожидаемые результаты выполнения НИР заключаются в установлении оптимальных параметров эндопротезов с высокими показателями совместимости с организмом пациента. Ожидаемые результаты обеспечат теоретическую и экспериментальную основу для производства в Республике Беларусь высокоэффективных эндопротезов для использования в области кардиологии и ортопедии. Использование эндопротезов с конструкцией, учитывающей особенности анатомии пациента позволит улучшить качество жизни людей в послеоперационный период.

Научная значимость состоит в разработке цифровых моделей органов, которые могут быть использованы при дальнейших исследованиях и проектировании средств замены органов.

Практическая значимость состоит в разработке методик проектирования и изготовления эндопротезов с улучшенными физико-механическими, эксплуатационными характеристиками и анатомической совместимостью для применения в области кардиологии и ортопедии.

Литература

1. Башарова, Г. Моделирование в 3D-пакете и биомеханическое исследование состояния кровеносных сосудов, питающих мозг / Г. Башарова, П.И. Бегун, О.В. Тихоненкова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. Научный журнал. – 2018. – Том 6, № 3. – С. 30–38.
2. Бегун, П.И. Биомеханическое моделирование объектов протезирования: учебное пособие / П.И. Бегун. – СПб. : Политехника, 2011. – 464 с.
3. Носова, С.А. Построение модели кровеносных сосудов и их исследование по данным компьютерной томограммы / С.А. Носова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2014. – № 1 (2). – С. 265–269.
4. Olufsen, M.S. Modeling the Arterial System with Reference to an Anesthesia Simulator. Technical report, IMFUFA Text 345,1998. Roskilde University, Denmark, Ph.D. Thesis.
5. Сорокин, В. Аддитивные технологии в медицине: перспективы развития, ближайшие ориентиры, долгосрочные цели / В. Сорокин // Аддитивные технологии. – 2023. – № 2. – С. 58–68.
6. 3D-технологии в медицине / С.И. Гажва [и др.] // Аддитивные технологии. – 2023. – № 2. – С. 70–77.
7. Эндопротез нижней челюсти с опорными зонами как искусственный орган / А.И. Шайхалиев [и др.] // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2020. – Т. 22, № 3. – С. 115–122.