

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD627089>

Антропоморфный фантом коленного сустава для исследований методом компьютерной томографии

Е.Д. Белякова, А.А. Насибуллина, Ю.В. Булгакова, О.В. Власова, В.В. Гребенникова, О.В. Омелянская, А.В. Петряйкин, Д.В. Леонов

Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Коленный сустав — часто визуализируемая анатомическая область в клинической практике. Точная интерпретация компьютерных томограмм требует глубокого знания анатомии и хорошего понимания основных технических принципов и протоколов визуализации. При проведении компьютерной томографии, чтобы не подвергать риску здоровье пациента, немаловажно избежать ошибочных исследований, возникающих из-за некачественной работы оборудования, проблем с его настройкой и укладкой пациента. Этим трудностей можно избежать, если использовать фантомы для предварительной настройки оборудования и обучать медицинский персонал методике сканирования.

Цель — разработать методику создания антропоморфного медицинского фантома коленного сустава, адекватно моделирующего рентгеновскую плотность соответствующих тканей человека, для исследований методом компьютерной томографии.

Материалы и методы. Фантом коленного сустава содержит модели бедренной, большеберцовой и малоберцовой костей, надколенника, а также коллатеральные связки, латеральный и медиальный мениски, сухожилие четырёхглавой мышцы бедра, переднюю и заднюю крестообразные связки, связку надколенника. Модели связок распечатаны на 3D-принтере из смолы, кости отлиты из силикона, мягкие ткани моделировались однородной структурой из силиконоподобных материалов и изготавливались методом литья в силиконовые формы. Аналогичным образом моделировался кожный покров. При исследовании диапазон анодного напряжения компьютерного томографа варьировал от 80 до 140 кВ, толщина среза равна 1,25 мм.

Результаты. Разработанный антропоморфный фантом коленного сустава продемонстрировал рентгеновскую плотность моделируемых анатомических структур: связок в диапазоне 80–120, костей — 320–370, мягких тканей и кожи — 20–60 единиц по шкале Хаусфилда. Использование аддитивных технологий позволило добиться схожести форм фантома с коленным суставом. Дальнейшие исследования могут быть направлены на создание более сложной модели костной ткани (раздельно кортикального слоя и губчатого вещества).

Заключение. Антропоморфный фантом коленного сустава облегчает получение качественных изображений компьютерной томографии, без предварительного сканирования пациентов.

Ключевые слова: медицинский фантом; компьютерная томография; коленный сустав.

Как цитировать:

Белякова Е.Д., Насибуллина А.А., Булгакова Ю.В., Власова О.В., Гребенникова В.В., Омелянская О.В., Петряйкин А.В., Леонов Д.В. Антропоморфный фантом коленного сустава для исследований методом компьютерной томографии // Digital Diagnostics. Т. 5, № S1. С. 115–117. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD627089>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kapisiz A., Kaya C., Eryilmaz S., et al. Letter to the Editor in Response to: Reducing Unnecessary Computed Tomography Scan // Journal of pediatric surgery. 2023. Vol. 58, N 7. P. 1402. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2023.02.048
2. Hernandez A.M., Bayne C.O., Bateni C., et al. Extremity radiographs derived from low-dose ultra-high-resolution CT: a phantom study // Skeletal Radiol. 2024. doi: 10.1007/s00256-024-04600-y
3. Leonov D., Venidiktova D., Costa-Júnior J.F.S., et al. Development of an anatomical breast phantom from polyvinyl chloride plastisol with lesions of various shape, elasticity and echogenicity for teaching ultrasound examination // Int J CARS. 2023. Vol. 19. P. 151–161. doi: 10.1007/s11548-023-02911-4
4. Leonov D., Kodenko M., Leichenko D., Nasibullina A., Kulberg N. Design and validation of a phantom for transcranial ultrasonography // Int J Comput Assist Radiol Surg. 2022. Vol. 17. P. 1579–1588. doi: 10.1007/s11548-022-02614-2

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD627089>

Medical phantom of the knee joint for computed tomography studies

Ekaterina D. Belyakova, Anastasia A. Nasibullina, Julia V. Bulgakova, Olga V. Vlasova, Veronika V. Grebennikova, Olga V. Omelyanskaya, Alexey V. Petraikin, Denis V. Leonov

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

ABSTRACT

BACKGROUND: The knee joint is a frequently visualized anatomical region in clinical practice. Accurate interpretation of CT scans necessitates a comprehensive understanding of anatomy and a sound grasp of fundamental technical principles and imaging protocols. To safeguard the patient's well-being, it is of paramount importance to prevent erroneous studies resulting from suboptimal equipment quality, setup issues, and patient positioning. These difficulties can be circumvented by the use of phantoms to pre-adjust the equipment and the provision of training to medical staff in scanning techniques.

AIM: The aim of the study was to develop a technique for creating an anthropomorphic medical phantom of the knee joint that would accurately reflect the X-ray density of the corresponding human tissues, thus enabling the use of computed tomography studies.

MATERIALS AND METHODS: The knee joint phantom comprises a series of models representing the femur, tibia, fibula, patella, collateral ligaments, lateral and medial menisci, tendon of the quadriceps femoris muscle, anterior and posterior cruciate ligaments, and patellar ligament. Ligament models were 3D-printed from resin, bones were cast from silicone, soft tissues were modeled with a homogeneous structure of silicone-like materials and made by casting into silicone molds. The skin was similarly modeled. In the study, the anode voltage range of the CT scanner varied from 80 to 140 kV, and the slice thickness was equal to 1.25 mm.

RESULTS: The developed anthropomorphic knee joint phantom demonstrated the X-ray density of the modeled anatomical structures, with ligaments exhibiting a range of 80–120 units on the Hausfield scale, bones exhibiting a range of 320–370 units, and soft tissues and skin exhibiting a range of 20–60 units. The use of additive technologies made it possible to achieve a high degree of similarity between the phantom forms and the knee joint. Further research may be directed towards the creation of a more complex model of bone tissue, comprising a separate cortical layer and spongy substance.

CONCLUSIONS: The use of an anthropomorphic knee phantom allows for the acquisition of high-quality CT images without the need for prior scanning of patients.

Keywords: medical phantom; computed tomography; knee joint.

To cite this article:

Belyakova ED, Nasibullina AA, Bulgakova JV, Vlasova OV, Grebennikova VV, Omelyanskaya OV, Petraikin AV, Leonov DV. Medical phantom of the knee joint for computed tomography studies. *Digital Diagnostics*. 2024;5(S1):115–117. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD627089>

REFERENCES

1. Kapisiz A, Kaya C, Eryilmaz S, et al. Letter to the Editor in Response to: Reducing Unnecessary Computed Tomography Scan. *Journal of pediatric surgery*. 2023;58(7):1402. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2023.02.048
2. Hernandez AM, Bayne CO, Bateni C, et al. Extremity radiographs derived from low-dose ultra-high-resolution CT: a phantom study. *Skeletal Radiol*. 2024. doi: 10.1007/s00256-024-04600-y
3. Leonov D, Venidiktova D, Costa-Júnior JFS, et al. Development of an anatomical breast phantom from polyvinyl chloride plastisol with lesions of various shape, elasticity and echogenicity for teaching ultrasound examination. *Int J CARS*. 2023;19:151–161. doi: 10.1007/s11548-023-02911-4
4. Leonov D, Kodenko M, Leichenko D, Nasibullina A, Kulberg N. Design and validation of a phantom for transcranial ultrasonography. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2022;17:1579–1588. doi: 10.1007/s11548-022-02614-2

Received: 16.02.2024

Accepted: 13.03.2024

Published online: 30.06.2024

ОБ АВТОРАХ

*** Белякова Екатерина Дмитриевна;**
ORCID: 0009-0009-0316-0628;
e-mail: belyakova_e_d@student.sechenov.ru

Насибуллина Анастасия Александровна;
ORCID: 0000-0003-1695-7731;
eLibrary SPIN: 2482-3372;
e-mail: NasibullinaAA@zdrav.mos.ru

Булгакова Юлия Владиславовна;
ORCID: 0000-0002-1627-6568;
eLibrary SPIN: 8945-6205;
e-mail: BulgakovaYV@zdrav.mos.ru

Власова Ольга Викторовна;
ORCID: 0009-0003-6041-132X;
eLibrary SPIN: 4492-3864;
e-mail: VlasovaOV10@zdrav.mos.ru

Гребенникова Вероника Вячеславовна;
ORCID: 0009-0003-6041-132X;
eLibrary SPIN: 4949-1057;
e-mail: GrebennikovaVV@zdrav.mos.ru

Омелянская Ольга Васильевна;
ORCID: 0000-0002-0245-4431;
eLibrary SPIN: 8948-6152;
e-mail: OmelyanskayaOV@zdrav.mos.ru

Петряйкин Алексей Владимирович;
ORCID: 0000-0003-1694-4682;
eLibrary SPIN: 6193-1656;
e-mail: PetryajkinAV@zdrav.mos.ru

Леонов Денис Владимирович;
ORCID: 0000-0003-0916-6552;
eLibrary SPIN: 5510-4075;
e-mail: LeonovDV2@zdrav.mos.ru

AUTHORS' INFO

*** Ekaterina D. Belyakova;**
ORCID: 0009-0009-0316-0628;
e-mail: belyakova_e_d@student.sechenov.ru

Anastasia A. Nasibullina;
ORCID: 0000-0003-1695-7731;
eLibrary SPIN: 2482-3372;
e-mail: NasibullinaAA@zdrav.mos.ru

Julia V. Bulgakova;
ORCID: 0000-0002-1627-6568;
eLibrary SPIN: 8945-6205;
e-mail: BulgakovaYV@zdrav.mos.ru

Olga V. Vlasova;
ORCID: 0009-0003-6041-132X;
eLibrary SPIN: 4492-3864;
e-mail: VlasovaOV10@zdrav.mos.ru

Veronika V. Grebennikova;
ORCID: 0009-0003-6041-132X;
eLibrary SPIN: 4949-1057;
e-mail: GrebennikovaVV@zdrav.mos.ru

Olga V. Omelyanskaya;
ORCID: 0000-0002-0245-4431;
eLibrary SPIN: 8948-6152;
e-mail: OmelyanskayaOV@zdrav.mos.ru

Alexey V. Petraikin;
ORCID: 0000-0003-1694-4682;
eLibrary SPIN: 6193-1656;
e-mail: PetryajkinAV@zdrav.mos.ru

Denis V. Leonov;
ORCID: 0000-0003-0916-6552;
eLibrary SPIN: 5510-4075;
e-mail: LeonovDV2@zdrav.mos.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author