

А.О. Самохина, С.Е. Шемяков

СРАВНИТЕЛЬНАЯ АНАТОМИЯ ЛУЧЕВОЙ КОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова», г. Москва, Россия

В данном исследовании представлено сравнение морфометрических параметров лучевой кости человека, полученных с помощью компьютерной томографии и 3D-моделирования. Данное исследование позволило прийти к выводу, что подавляющее большинство сравниваемых морфометрических показателей, полученных при помощи компьютерной томографии, совпадают с результатами аналогичных параметров 3D-моделирования. Использование компьютерного моделирования с последующим автоматизированным определением морфометрических параметров лучевой кости позволит улучшить возможность воспроизведения нормальной анатомии при создании цифровой модели для потенциального использования протеза головки лучевой кости конкретного пациента.

Ключевые слова: *лучевая кость, головка лучевой кости, моделирование, протезирование.*

A.O. Samokhina, S.E. Shemyakov

COMPARATIVE ANATOMY OF THE HUMAN RADIUS BASED ON THE RESULTS OF COMPUTED TOMOGRAPHY AND 3D MODELING.

This study presents a comparison of the morphometric parameters of the human radius obtained using computed tomography and 3D modeling. This study allowed us to come to the conclusion that the vast majority of compared morphometric parameters obtained using computed tomography coincide with the results of similar parameters of 3D modeling. The use of computer modeling followed by automated determination of the morphometric parameters of the radius will improve the ability to reproduce normal anatomy when creating a digital model for the potential use of a patient-specific radial head prosthesis.

Keywords: *radius bone, head of the radius bone, modeling, prosthetics.*

Актуальность. Протезирование является «золотым» стандартом лечения сложных переломов головки лучевой кости. При производстве протезов используются статистически усредненные морфометрические параметры, полученные путем метасопоставления и суммирования результатов исследований без учета конституциональных антропометрических особенностей пациентов. Чтобы предотвратить развитие осложнений размер импланта должен соответствовать нормальной анатомии проксимального эпифиза лучевой кости. В отечественной медицине чаще используют готовые варианты протезов, представленные ограниченным набором размеров, что исключает возможность

персонализированного подбора модели протеза для пациента. Индивидуальный имплант, созданный с помощью технологий 3D-моделирования, позволит воспроизвести головку лучевой кости максимально приближенной к нормальной анатомии кости, тем самым уменьшив риск развития осложнений [1]. Исходя из этого, существует необходимость оценки моделирования головки лучевой кости по компьютерной томограмме контрлатерального локтевого сустава.

Цель исследования - сравнить результаты морфометрических показателей компьютерной томографии (КТ) и 3D-моделирования, и оценить точность метода при создании цифровой модели головки лучевой кости для дальнейшего возможного формирования индивидуального протеза.

Материалы и методы исследования. Материалом исследования послужила база компьютерных томограмм формата DICOM правых и левых локтевых суставов 30 человек (15 мужских, 15 женских), средний возраст которых составил 30 ± 10 лет, без признаков патологии опорно-двигательного аппарата. Компьютерные томограммы анализировались с помощью программы RadiAnt DICOM Viewer. Компьютерное моделирование проводилось с помощью программы ITK-SNAP (GNU General Public License version 3.0 (GPLv3)) (open-source-открытое программное обеспечение), с дальнейшей обработкой компьютерной модели при помощи разработанного программного метода с условным названием «автоматизированное определение морфометрических параметров кости» [2]. Статистическая обработка результатов исследования проводилась при помощи пакета прикладных программ «Statistica 13 for Windows».

Результаты исследования. Изученные морфометрические параметры представлены в таблице №1.

Таблица 1

Морфометрические параметры лучевой кости человека

Морфометрический параметр	Компьютерная томография (мм)		3D-моделирование (мм)		
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	
Диаметр головки лучевой кости во фронтальной плоскости	26,51±0,39	21,54±0,21	26,49±0,63	21,96±0,54	
Диаметр головки лучевой кости в сагиттальной плоскости	26,35±0,44	21,96±0,13	26,98±0,84	21,56±0,34	
Высота головки лучевой кости в фронтальной плоскости	Ф1	11,77±0,40	9,52±0,28*	11,59±0,54	10,21±0,25
	Ф2	9,99±0,34	7,99±0,19	10,32±0,14	7,32±0,89

Высота головки лучевой кости в сагиттальной плоскости	C1	9,52±0,24	7,99±0,2	9,98±0,14	7,56±0,6
	C2	10,29±0,29	8,26±0,22	10,56±0,89	8,16±0,12

Примечание: * - достоверные отличия между группами «мужчины» и «женщины» ($p < 0,05$).

Результаты морфометрических показателей, полученные при помощи компьютерной томографии в подавляющем большинстве случаев, совпадают с результатами аналогичных параметров 3D-моделирования. Достоверные отличия были выявлены как у мужчин, так и у женщин. При антропометрии с использованием классической компьютерной томографии у мужчин диаметр головки лучевой кости составил 26,51±0,39мм во фронтальной плоскости, 26,35±0,44мм в сагиттальной плоскости.

Использование разработанной программы компьютерного моделирования показало идентичность изучаемых показателей модели головки лучевой кости, которые составили - 26,49±0,63мм и 26,98±0,84мм, соответственно.

У женщин средние показатели диаметра головки лучевой кости во фронтальной плоскости, измеренные на томограммах, равнялись 21,54±0,21мм, а при компьютерном моделировании - 21,96±0,54мм. Соответствующий показатель в сагиттальной плоскости составлял 21,96±0,13мм и 21,56±0,34мм, соответственно.

Ранее Mahaisavariya B. et al. [3] на трупном материале без учета половых и возрастных различий представили метод, с помощью которого изображения компьютерной томографии объединяются с технологией обратного инжиниринга. Трехмерные модели были спроектированы по компьютерным изображениям конечностей 20 трупов.

Авторы определили, что диаметр головки лучевой кости в среднем составляет 20,5±1,9мм, что практически совпадает с показателями у женщин в нашем исследовании, у мужчин данный параметр в 1,3 раза больше с учетом фронтальной и сагиттальной плоскости. По нашему мнению, это связано с тем, что данное исследование проводилось на трупном материале без учета гендерных отличий.

Выводы. Подавляющее большинство сравниваемых морфометрических показателей, полученных при помощи компьютерной томографии, совпадают с результатами аналогичных параметров 3D-моделирования.

Использование компьютерного моделирования с последующим автоматизированным определением морфометрических параметров лучевой кости позволит улучшить возможность воспроизведения нормальной анатомии при создании цифровой модели для потенциального использования протеза головки лучевой кости конкретного пациента.

При этом, необходимо определять диаметр и высоту головки во фронтальной и сагиттальной плоскостях, так как исходно головка лучевой кости не является идеальным цилиндром, а имеет форму усеченного конуса с достаточно вариабельными и зачастую эллипсоидными основаниями.

Литература

1. Luenam, S., Bantuchai, T., Kosiyatrakul, A., Chanpoo, M., Phakdeewisetkul K., Puncreobutr C. Precision of computed tomography and cartilage-reproducing image reconstruction method in generating digital model for potential use in 3D printing of patient-specific radial head prosthesis: a human cadaver study. 3D Print Med. 2021;7(1):3.
2. Mahaisavariya, B., Saekee B., Sitthiseripratip K., Oris P., Tongdee T., Bohez E., Sloten J. Morphology of the radial head: a reverse engineering based evaluation using three-dimensional anatomical data of radial bone. Proc Inst Mech Eng H. 2004;218(1):79-84
3. Самохина, А.О., Шемяков, С.Е., Семчук И.П., Самородов А.В., Чевжик Ю.В. Автоматизированное определение морфометрических параметров лучевой кости человека по результатам её компьютерной томографии // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2023. - Т.176. - №12. - С. 801-803.