

УДК 611.018.3
DOI 10.23648/UMBJ.2018.30.14049

СОЗДАНИЕ КАРТЫ ТОЛЩИНЫ ГИАЛИНОВОГО ХРЯЦА КОЛЕННОГО СУСТАВА ЧЕЛОВЕКА

Г.А. Айрапетов, А.А. Воротников, Е.А. Коновалов, С.З. Чуков

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Ставрополь, Россия

e-mail: airapetovGA@yandex.ru

Цель – создание карты толщины гиалинового хряща на основании МРТ для последующей оценки её при стандартной рентгенографии коленного сустава.

Материалы и методы. В исследование включены результаты МРТ коленных суставов 120 чел.: 65 женщин и 55 мужчин в возрасте от 35 до 59 лет (средний возраст $47,0 \pm 8,1$ года) с различным положением оси конечности. Томограмм правых коленных суставов было 58, левых – 62.

Все результаты обрабатывались при помощи программы Syngo fastView с целью создания модели дистального эпифиза бедренной кости и проксимального эпифиза большеберцовой кости, а также диссекции хрящевой ткани и кости. Следующим этапом выполнялось определение толщины хряща по созданным моделям с интервалом в 2 мм с целью создания карты, по которой в дальнейшем можно оценить толщину хряща на основании стандартной рентгенограммы коленного сустава.

Результаты. Толщина гиалинового хряща коленного сустава варьирует в зависимости от пола и деформации оси конечности. Так, наибольшая толщина хряща определялась у мужчин на суставной поверхности дистального эпифиза бедра на 1,5–2,0 см выше места прикрепления передней крестообразной связки, а средняя толщина на бедре составляла $1,900 \pm 0,425$ мм. Наибольшая толщина хряща на суставной поверхности проксимального эпифиза большеберцовой кости у мужчин отмечалась в наружном отделе, а средняя толщина составляла $1,640 \pm 0,434$ мм. При варусной деформации голени средняя толщина гиалинового хряща суставной поверхности проксимального отдела большеберцовой кости значительно снижена и составляет $1,456 \pm 0,735$ мм, при вальгусной деформации средняя толщина составляет $1,028 \pm 0,724$ мм.

Выводы. Карта гиалинового хряща коленного сустава позволяет судить о конкретной величине толщины хряща в конкретном отделе сустава на основании стандартных рентгенограмм без выполнения МРТ. Полученные данные дают возможность улучшить результаты лечения локальных дефектов и более достоверно выполнять предоперационное планирование при необходимости эндопротезирования коленного сустава.

Ключевые слова: хрящ, толщина хряща, локальные дефекты, остеоартрит.

Введение. Одной из актуальных проблем современной ортопедии является значительный рост частоты встречаемости дегенеративно-дистрофических заболеваний крупных суставов [1, 2], что приводит к увеличению затрат на диагностику, лечение и реабилитацию пациентов с данной патологией [3, 4].

Диагностика заболеваний коленного сустава начинается с рентгенографии (Rg) в двух проекциях [5]. К сожалению, данный метод не позволяет получить полноценную информацию о состоянии гиалинового хряща [6]. Наиболее достоверным и малоинвазивным методом диагностики в таких случаях является МРТ [7].

Необходимо отметить, что медиальные отделы коленного сустава испытывают нагрузку на 50 % выше, чем латеральные. К тому же медиальный мениск поглощает 50 % нагрузки, тогда как латеральный мениск – до 70 % [8, 9]. Большая часть нагрузки естественно приходится на гиалиновый хрящ [10]. В одной из крупных работ S. Lee изучал биомеханику коленного сустава и ее влияние на состояние гиалинового хряща. Автор показал, что в отделах, где имеется наибольший контакт между суставными поверхностями, толщина гиалинового хряща может быть выше на 40 %. Стоит отметить, что толщина хряща может значительно варьировать в раз-

ных отделах, особенно при деформации голени [11, 12].

Цель исследования. Создание карты толщины гиалинового хряща на основании МРТ для последующей косвенной оценки её по стандартным рентгенограммам коленного сустава без необходимости применения дополнительных методов обследования.

Материалы и методы. В исследование включены результаты МРТ коленных суставов 120 чел. Учитывались возраст пациента и ось конечности (нейтральная, варус до 8°, вальгус до 8°) (табл. 1). Обследовались 65 женщин и 55 мужчин. Возраст пациентов

варьировал от 35 до 59 лет (средний – $47,0 \pm 8,1$ года). Томограмм правых коленных суставов было 58, левых – 62.

На первом этапе все томограммы обрабатывались при помощи программы Syngo fastView с целью создания модели дистального эпифиза бедренной кости и проксимального эпифиза большеберцовой кости, а также диссекции хрящевой ткани и кости (рис. 1).

Определялась толщина хряща обоих суставных концов по периметру с интервалом в 2 мм у пациентов со здоровым коленным суставом (рис. 2, 3).

Таблица 1

Распределение пациентов в зависимости от оси конечности

Ось конечности	Нормальный коленный сустав
Нейтральная	32
Варус до 8°	16
Вальгус до 8°	18
Всего	66

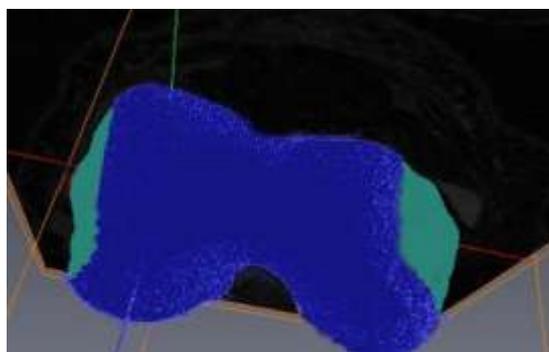


Рис. 1. Выделение гиалинового хряща бедренной кости

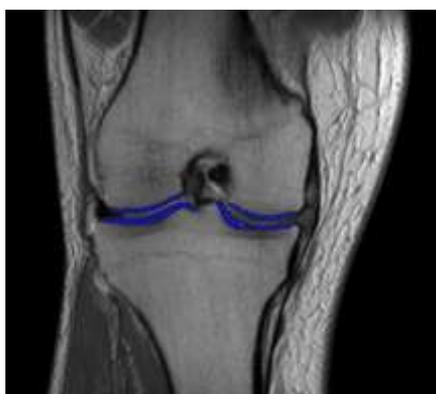


Рис. 2. Толщина гиалинового хряща в прямой проекции

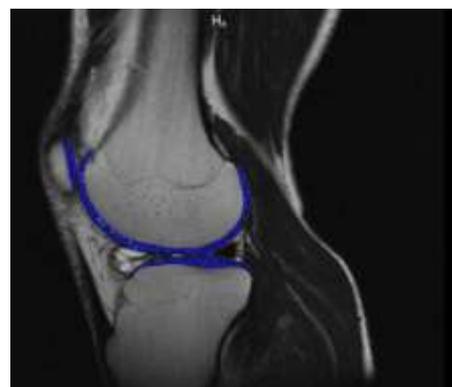


Рис. 3. Толщина гиалинового хряща в боковой проекции

Таким образом была определена средняя толщина гиалинового хряща коленного сустава на каждом участке в зависимости от пола и положения голени. Все полученные данные обрабатывались статистическим способом с помощью специализированных программ (Microsoft Excel 2007, SPSS Statistics 21) и с использованием критерия Стьюдента, что позволило создать своеобразный макет коленного сустава с указанием толщины гиали-

нового хряща в различных отделах коленного сустава.

Результаты. Полученные данные позволяют определить толщину гиалинового хряща в разных отделах коленного сустава (рис. 4, 5).

Средняя толщина гиалинового хряща коленного сустава представлена в табл. 2.

Средняя толщина гиалинового хряща коленного сустава в зависимости от деформации голени представлена в табл. 3.

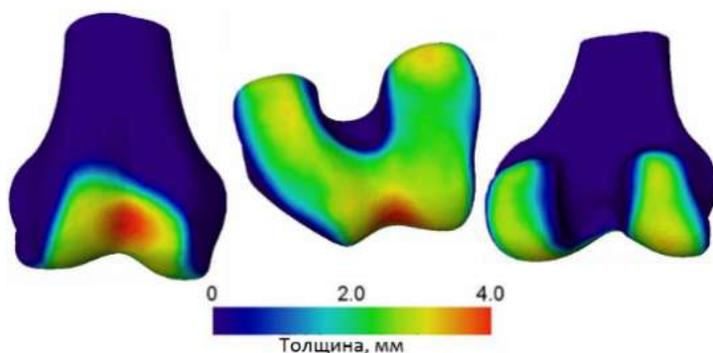


Рис. 4. Толщина гиалинового хряща в дистальном отделе бедра у мужчин

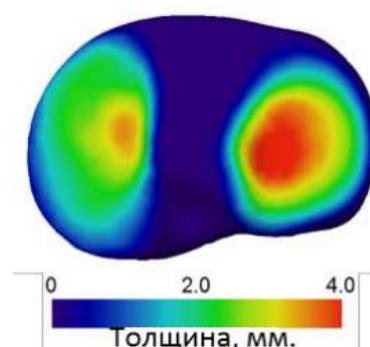


Рис. 5. Толщина гиалинового хряща в проксимальном отделе большеберцовой кости у мужчин

Таблица 2

Средняя толщина гиалинового хряща коленного сустава

Пол	Сегмент	Средняя толщина, мм
Муж.	Бедро	1,900±0,425
Муж.	Голень	1,640±0,434
Жен.	Бедро	1,620±0,448
Жен.	Голень	1,280±0,444

Таблица 3

Средняя толщина гиалинового хряща коленного сустава в зависимости от деформации голени

Деформация	Сегмент	Средняя толщина, мм
Варус	Бедро	1,456±0,735
Варус	Голень	1,245±0,718
Вальгус	Бедро	1,302±0,864
Вальгус	Голень	1,028±0,724

Предложенная карта толщины коленного сустава позволяет косвенно судить о конкретной величине толщины хряща в конкретном отделе сустава на основании стандартных рентгенограмм без выполнения МРТ. Полученные данные дают возможность улучшить результаты лечения локальных дефектов и более достоверно выполнять предоперационное планирование при необходимости эндопротезирования коленного сустава.

Обсуждение. Базовым методом обследования пациентов с заболеваниями и повреждениями коленного сустава является рентгенография в двух проекциях. Данный метод не позволяет оценить толщину гиалинового хряща, а МРТ зачастую невозможно выполнить ввиду наличия противопоказаний, в т.ч. наличия имплантированных металлоконструкций в организме, а также высокой стоимости [13]. Учитывая это, необходимо иметь возможность оценки толщины гиалинового хряща стандартными и недорогими методами диагностики.

Большинство работ либо позволяют оценить среднюю толщину гиалинового хряща в

различных отделах коленного сустава, либо вообще ограничиваются средней толщиной [14, 15]. Однако очевидно, что толщина хрящевого покрова не может быть усреднена, так как она значительно варьирует в различных отделах сустава. Это особенно актуально при имеющихся деформациях конечности.

Выводы:

1. При варусной деформации голени толщина гиалинового хряща в медиальном отделе сустава значительно ниже, чем при вальгусной деформации.

2. Предложенная карта толщины гиалинового хряща коленного сустава позволяет судить о конкретной величине толщины хряща в конкретном отделе сустава на основании стандартных рентгенограмм без выполнения МРТ.

3. Доработка карты толщины гиалинового хряща при патологии позволит улучшить результаты лечения локальных дефектов и более достоверно выполнять предоперационное планирование при необходимости эндопротезирования коленного сустава.

Литература

1. Винокуров В.А., Норкин И.А. Хирургическая коррекция деформации коленного сустава и регенерация гиалинового хряща. Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2015; 3 (4): 37–43.
2. Белоусова Т.Е., Карпова Ж.Ю., Ковалева М.В. Современные технологии в медицине. 2011; 2: 77–80.
3. Хитров Н.А. Полиморфизм болевого синдрома при остеоартрозе, обезболивающая и противовоспалительная терапия. Трудный пациент. 2011; 9 (4): 49–53.
4. Bozic K.J., Cramer B., Albert T.J. Medicare and the orthopaedic surgeon: challenges in Providing, Financing, and Accessing Musculoskeletal care for the elderly. J. Bone Joint. Surg. [Am.]. 2010; 92: 1568–1574.
5. Castaneda S., Roman-Blas J.A., Largo R., Herrero-Beaumont G. Subchondral bone as a key target for osteoarthritis treatment. Biochem. Pharmacol. 2012; 83 (3): 315–323.
6. Mahjoub M., Berenbaum F., Houard X. Why subchondral bone in osteoarthritis? The importance of the cartilage bone interface in osteoarthritis. Osteoporos Int. 2012; 8: 841–846.
7. Kim Y.S., Choi Y.J., Lee S.W., Kwon O.R., Suh D.S., Heo D.B., Koh Y.G. Assessment of clinical and MRI outcomes after mesenchymal stem cell implantation in patients with knee osteoarthritis: a prospective study. Osteoarthritis Cartilage. 2016; 24: 237–245.
8. Suri S., Walsh D.A. Osteochondral alterations in osteoarthritis. Bone. 2012; 51 (2): 204–211.
9. Sinusas K. Osteoarthritis: diagnosis and treatment. Am. Fam. Physician. 2012; 85: 49–56.
10. Корж Н.А., Головаха М.Л., Агаев Э., Орлянский В. Прогноз результата лечения повреждения хряща коленного сустава. Ортопедия, травматология и протезирование. 2010; 4: 24–31.
11. Christensen R., Bartels E.M., Astrup A., Bliddal H. Effect of weight reduction in obese patients diagnosed with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. Ann. Rheum. Dis. 2007; 66: 433–439.

12. Lee S., eds. Optimization of local shape and appearance probabilities for segmentation of knee cartilage in 3-D MR images. *Computer Vision and Image Understanding*. 2011; 115 (12): 1710–1720.
13. Суняченко О.В. Диагностика и лечение болезней суставов. Донецк; СПб.: ЭЛБИ; 2012. 560.
14. Arokoski J.P., Jurvelin J.S., Väättäinen U., Helminen H.J. Normal and pathological adaptations of articular cartilage to joint loading. *Scand. J. Med. Sci Sports*. 2000; 10: 186–198.
15. Link T.M. Cartilage imaging significance, techniques, and new developments. Springer; 2011. 425.

MAKING A THICKNESS MAP OF THE HUMAN KNEE HYALIN CARTILAGE

G.A. Airapetov, A.A. Vorotnikov, E.A. Konovalov, S.Z. Chukov

Stavropol State Medical University, Ministry of Health, Stavropol, Russia

e-mail: airapetovGA@yandex.ru

The objective of the paper is to make a thickness map of the hyaline cartilage using MRI for its subsequent comparison with standard knee joint X-ray.

Materials and Methods. The study included MRI of knee joints of 120 patients: 65 females and 55 males, aged 35–59 (mean age 47.0 ± 8.1) with different limb axes. There were 58 sectional images of the right knee joints, and 62 images of the left knee joints.

All results were processed using the Syngo fastView program. The aim was to create a model of the distal epiphysis of the femur and the proximal epiphysis of the tibia, as well as dissections of cartilage tissue and bone. The next step was to determine the cartilage thickness according to the created models (2 mm interval) in order to make a map, on which the cartilage thickness can subsequently be estimated, based on the standard knee joint X-ray.

Results. The hyaline cartilage thickness varies depending on the patient's sex and limb axis. Thus, the maximum cartilage thickness was in men on the articular surface of the distal epiphysis. It was 1.5–2.0 cm above the end of the anterior cruciate ligament. Its average thickness on the thigh was 1.900 ± 0.425 mm. The maximum cartilage thickness on the articular surface of the proximal epiphysis of the tibia was in its outer part in men; and its average thickness was 1.640 ± 0.434 mm. During varus tibia deformity, the average hyaline cartilage thickness of the articular surface of the proximal tibia was significantly reduced (1.456 ± 0.735 mm), during valgus deformation the average thickness was 1.02 ± 0.724 mm.

Conclusion. The map of the hyaline cartilage of the knee joint allows us to distinguish the real cartilage thickness in a certain joint section according to standard X-rays without MRI. The obtained data help us to improve the results of local defect treatment and to make reliable preoperative planning for endoprosthetics of the knee joint.

Keywords: cartilage, cartilage thickness, local defects, osteoarthritis.

References

1. Vinokurov V.A., Norkin I.A. Khirurgicheskaya korrektsiya deformatsii kolennogo sustava i regeneratsiya gialinovogo khryascha [Knee deformation surgery and hyaline cartilage regeneration]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta*. 2015; 3 (4): 37–43 (in Russian).
2. Belousova T.E., Karpova Zh.Yu., Kovaleva M.V. *Sovremennye tekhnologii v meditsine*. 2011; 2: 77–80 (in Russian).
3. Khitrov N.A. Polimorfizm bolevoogo sindroma pri osteoartroze obezbolivayuschaya i protivovospalitel'naya terapiya [Pain syndrome polymorphism in osteoarthritis, analgesic and anti-inflammatory therapy]. *Trudnyy patsient*. 2011; 9 (4): 49–53 (in Russian).
4. Bozic K.J., Cramer B., Albert T.J. Medicare and the orthopaedic surgeon: challenges in Providing, Financing, and Accessing Musculoskeletal care for the elderly. *J. Bone Joint. Surg. [Am.]*. 2010; 92: 1568–1574.
5. Castaneda S., Roman-Blas J.A., Largo R., Herrero-Beaumont G. Subchondral bone as a key target for osteoarthritis treatment. *Biochem. Pharmacol.* 2012; 83 (3): 315–323.
6. Mahjoub M., Berenbaum F., Houard X. Why subchondral bone in osteoarthritis? The importance of the cartilage bone interface in osteoarthritis. *Osteoporos Int.* 2012; 8: 841–846.

7. Kim Y.S., Choi Y.J., Lee S.W., Kwon O.R., Suh D.S., Heo D.B., Koh Y.G. Assessment of clinical and MRI outcomes after mesenchymal stem cell implantation in patients with knee osteoarthritis: a prospective study. *Osteoarthritis Cartilage*. 2016; 24: 237–245.
8. Suri S., Walsh D.A. Osteochondral alterations in osteoarthritis. *Bone*. 2012; 51 (2): 204–211.
9. Sinusas K. Osteoarthritis: diagnosis and treatment. *Am. Fam. Physician*. 2012; 85: 49–56.
10. Korzh N.A., Golovakha M.L., Agayev E., Orlyansky V. Prognoz rezul'tata lecheniya povrezhdeniya khryascha kolennogo sustava [Prognosis of knee cartilage damage treatment]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovanie*. 2010; 4: 24–31 (in Russian).
11. Christensen R., Bartels E.M., Astrup A., Bliddal H. Effect of weight reduction in obese patients diagnosed with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Ann. Rheum. Dis*. 2007; 66: 433–439.
12. Lee S., eds. Optimization of local shape and appearance probabilities for segmentation of knee cartilage in 3-D MR images. *Computer Vision and Image Understanding*. 2011; 115 (12): 1710–1720.
13. Sinyachenko O.V. *Diagnostika i lechenie bolezney sustavov* [Diagnosis and treatment of joint diseases]. Donetsk; St. Petersburg: ELBI; 2012. 560 (in Russian).
14. Arokoski J.P., Jurvelin J.S., Väättäin U., Helminen H.J. Normal and pathological adaptations of articular cartilage to joint loading. *Scand. J. Med. Sci Sports*. 2000; 10: 186–198.
15. Link T.M. *Cartilage imaging significance, techniques, and new developments*. Springer; 2011. 425.