

Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 2. С. 216-222.

Genij Ortopedii. 2022. Vol. 28, no. 2. P. 216-222.

Научная статья

УДК 616.718.4/5-018.46-002:616.748.2/3-073.756.8

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-2-216-222>

МСКТ-семиотика мышц при хроническом остеомиелите бедра и голени

Г.В. Дьячкова, А.Л. Шастов, К.А. Дьячков, Н.М. Ключин, В.Д. Гаюк✉, И.В. Сутягин, Т.А. Ларионова

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия

Автор, ответственный за переписку: Вячеслав Дмитриевич Гаюк, gayuk66@yandex.ru

Аннотация

Введение. Известно, что функция и структура мышц бедра и голени находятся в тесной связи с функцией нижней конечности, которая у всех больных хроническим остеомиелитом нарушена в той или иной степени, однако характер структурных изменений мышц, оказывающих, в свою очередь, влияние на состояние костей, подробно не изучен. **Цель.** Изучить особенности изменения мышц бедра и голени у больных хроническим остеомиелитом по данным МСКТ. **Материалы и методы.** Исследование ретроспективное, одноцентровое. Уровень доказательности – IV. У 112 больных хроническим остеомиелитом длинных костей нижних конечностей методом мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) изучена рентгеноморфология мышц бедра и голени, в том числе показатели плотности, площадь мышечного брюшка, анатомические особенности. У 20 больных был хронический остеомиелит в области чрескостных элементов (спицевой). Средний возраст больных составил $48,5 \pm 9,8$ года. Среди пациентов преобладали мужчины – 87,5 %. Причиной остеомиелита в 107 случаях была травма или хирургическое вмешательство, у пяти больных – последствия гематогенного остеомиелита. **Результаты.** Результаты исследования показали, что мышцы бедра и голени у больных хроническим остеомиелитом имеют выраженные дистрофические изменения, которые у 89,4 % больных проявлялись увеличением плотности передней большеберцовой мышцы, длинного разгибателя пальцев (84,7 %), малоберцовых мышц (78,5 %) и уменьшением плотности головок икроножной мышцы (91,3 %). У 10,6 % обследованных отмечено уменьшение плотности передней большеберцовой мышцы, длинного разгибателя пальцев. У всех больных хроническим остеомиелитом бедра была снижена плотность мышц передней и задней группы, кроме промежуточной широкой мышцы бедра, для которой были характерны фиброзные изменения с повышением плотности. **Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о том, что рентгеноморфологические изменения мышц имеют место у всех больных хроническим остеомиелитом бедра и голени. Наиболее выражены нарушения архитектоники для передней большеберцовой и икроножной мышц, промежуточной широкой мышцы бедра.

Ключевые слова: хронический остеомиелит, длинные кости, МСКТ, мышцы бедра и голени

Для цитирования: МСКТ-семиотика мышц при хроническом остеомиелите бедра и голени / Г.В. Дьячкова, А.Л. Шастов, К.А. Дьячков, Н.М. Ключин, В.Д. Гаюк, И.В. Сутягин, Т.А. Ларионова // Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 2. С. 216-222. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-2-216-222>

Original article

MSCT-semiotics of muscles in chronic osteomyelitis of the femur and lower leg

G.V. Diachkova, N.M. Kliushin, K.A. Diachkov, V.D. Gayuk✉, I.V. Sutyagin, T.A. Larionova

Izilarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Corresponding author: Viacheslav D. Gayuk, gayuk66@yandex.ru

Abstract

Introduction It is known that the function and structure of the muscles of the thigh and lower leg are closely related to the function of the lower limb, which is impaired to one degree or another in all patients with chronic osteomyelitis. However, the nature of structural changes in the muscles, which, in turn, affect the condition of the bones, has not been well studied. **Purpose of the work** To study the features of changes in the muscles of the thigh and lower leg in patients with chronic osteomyelitis according to MSCT data. **Material and methods** The study is retrospective conducted at a single centre of Evidence level IV. Multislice computed tomography (MSCT) was used in 112 patients with chronic osteomyelitis of long bones of the lower extremities to study the radiological morphology of the muscles of the thigh and lower leg, including density, muscle belly area, and anatomical features. Twenty patients had chronic osteomyelitis in the area of transosseous elements (pins). The mean age of the patients was 48.5 ± 9.8 years. Males prevailed among the patients (87.5 %). The cause of osteomyelitis in 107 cases was trauma or surgery, five patients had consequences of hematogenous osteomyelitis. **Results** The results of the study showed that the muscles of the thigh and lower leg in patients with chronic osteomyelitis have pronounced dystrophic changes. In 89.4 % of patients, they were manifested by an increase in the density of the anterior tibial muscle, long extensor of the toes (84.7 %), peroneal muscles (78.5 %) and a decrease in the density of the head of the gastrocnemius muscle (91.3 %). In 10.6 % of the patients, there was a decrease in the density of the anterior tibial muscle, the long extensor of the fingers. In all patients with chronic osteomyelitis of the femur, the density of the muscles of the anterior and posterior groups was reduced, except for the musculus vastus intermedius of the thigh that was characterized by fibrotic changes with an increase in density. **Conclusion** The data obtained indicate that radiological morphological changes in muscles occur in all patients with chronic osteomyelitis of the femur and lower leg. The most pronounced alterations in the architectonics were in the anterior tibial and gastrocnemius muscles, and the intermediate broad muscle of the thigh.

Keywords: chronic osteomyelitis, long bones, MSCT, thigh and leg muscles

For citation: Diachkova G.V., Shastov A.L., Diachkov K.A., Kliushin N.M., Gayuk V.D., Sutyagin I.V., Larionova T.A. MSCT-semiotics of muscles in chronic osteomyelitis of the femur and lower leg. *Genij Ortopedii*, 2022, vol. 28, no 2, pp. 216-222. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-2-216-222>

Остеомиелит бросал вызов хирургам-ортопедам на протяжении многих десятилетий, и, скорее всего, в ближайшее время проблема хронического остеомиелита останется актуальной и сложной для специалистов самого различного профиля [1–5]. Увеличение количества травм, хирургических вмешательств при ортопедической патологии, появление устойчивых и мультирезистентных бактерий создает новые проблемы при пост-

травматическом и послеоперационном хроническом остеомиелите, который остается камнем преткновения современной ортопедии [6–8]. Однако улучшение визуализации, особенно лучевая диагностика, вероятно, решит многие диагностические проблемы, а дальнейшее развитие иммунологии, микробиологии, фармакотерапии, несомненно, поможет в лечении [9]. На роль лучевой диагностики в улучшении результатов профи-

лактики и лечения хронического остеомиелита указано в сравнительно небольшом количестве работ [10, 11]. О роли лучевой диагностики вообще применительно к хроническому остеомиелиту, а именно о влиянии грамотного и полноценного ее использования для улучшения результатов лечения, конкретных указаний практически нет. Несомненно, максимальное внимание ортопедов и рентгенологов при изучении клинической картины и данных лучевых методов исследования у больных хроническим остеомиелитом приковано к изменению кости, поскольку во многих случаях именно состояние кости определяет тактику и методику лечения этой сложной патологии [11]. По классификации G. Cierny et al., 2003, вторая, третья и четвертая стадии могут развиваться как после гематогенного, так и вторичного остеомиелита [12]. Это известный факт, но суть, в данном случае, заключается в том, что в обоих случаях повреждается кость и изменяются мягкие ткани, мышцы в том числе, только в различной последовательности [13]. Характер и степень изменения кости при хроническом остеомиелите изучаются на протяжении многих десятков лет, и полученные данные используются для решения вопроса о методах лечения [2, 12]. Что касается изменения мышц или мягких тканей при хроническом остеомиелите, то в единичных исследованиях изучены анатомические, гистологические и иммунологические изменения в них без анализа того, как эти изменения влияют на структуру кости, поскольку анатомически и биомеханически они тесно связаны [14]. Проведенные нами исследования показали, что при любой локализации остеомиелитического процесса структура кости изменяется на всем ее протяжении [10]. Причин для этого несколько: влияние воспаления, ограничение нагрузки на конечность или отсутствие ее функции, нарушение функции мышц, о чем свидетельствуют данные Zhan Shi et al., 2018 [15]. Выраженные изменения кости при хроническом рецидивирующем остеомиелите, неоднократные оперативные вмешательства, ограничение функции конечности приводят к изменению мышц, характер которых (атрофия, дистрофические изменения), в свою очередь, сказывается на состоянии кости, особенно субхондральных отделов, апофизов, приводя к вторичным изменениям кости. [16]. Проведенные Zhan Shi et al., 2018, исследования показали, что, когда степень атрофии мышц после введения ботакса в жевательные мышцы превышала метаболический баланс, деградированное ремоделирование не ограничивалось хрящом, это также приводило к заинтересованности субхондральной кости [15]. Это крайне важное заключение, которое отчасти можно применить для объяснения изменений кости на всем протяжении у больных хроническим остеомиелитом при условии локализации очага воспаления на ограниченном участке кости. Кроме того, есть большое количество работ, в которых указано на снижение функции мышц и их гипотрофии при различных заболеваниях кости, в том числе, при остеоартрозе [17, 19]. Доказано наличие изменений в ягодичных мышцах у больных асептическим некрозом головки бедренной кости и болезнью Легга-Кальве-Пертеса, которые проявляются анатомическими (площадь, толщина, длина) и рентгеноморфологическими нарушениями, зависят

от стадии болезни, возраста больных и давности заболевания, свидетельствуют о тесной взаимосвязи анатомии и функции сустава (его костной составляющей) и мышц [19]. Во многих других работах показана тесная взаимосвязь функции кости и мышц и, несмотря на недостаточно изученные пути, которые регулируют эти гомеостатические механизмы, очевидно двунаправленное перекрестное взаимодействие между остеocyтами и мышцами [20–24]. Взаимосвязь между мышцами и костью долгие годы считалась самоочевидной, но только в последние десятилетия это подтверждено прямым измерением мышечной и костной массы. В ряде работ показано, что аппендикулярная масса скелетных мышц и CSA мышц положительно коррелируют с BMD на некоторых участках тела [25–31]. Кость адаптирует свою морфологию и силу к долгосрочным нагрузкам, вызываемым сокращением мышц в результате физических нагрузок и сил гравитации [32]. Между костью и мышцами существует тесная взаимосвязь от эмбриогенеза, роста и развития до старения. На протяжении всей жизни кости и мышцы интегрируют друг с другом и работают физически и биохимически как одно целое. Заболевания, связанные с мышцами, обычно затрагивают кости и наоборот. Понимание механических, клеточных и молекулярных механизмов, ответственных за биохимическую связь между костью и мышцами, важно как средство для определения потенциальных новых методов лечения, которые могут одновременно положительно влиять на кости и мышцы [23, 24, 33]. Поскольку мышцы играют жизненно важную роль в развитии прочности костей, обеспечении механической защиты, а также сохранении или восстановлении скелетной ткани важно одновременно изучать мышцы и кости при скрининге, мониторинге или изучении здоровья скелета или потенциального риска перелома, а также при разработке профилактических или лечебных интервенционных программ [22, 34–37].

Цель исследования. Изучить методом МСКТ состояние мышц бедра и голени у больных хроническим остеомиелитом.

Дизайн исследования. У 112 больных хроническим остеомиелитом бедренной и большеберцовой костей, поступивших на лечение в клиники ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» в 2018–2020 гг., изучено методом МСКТ состояние мышц бедра и голени. Исследование ретроспективное, одноцентровое, уровень доказательности – IV (по UK Oxford, версия 2009). Критерий включения – хронический остеомиелит длинных костей нижних конечностей у больных в возрасте от 18 до 65 лет, МСКТ-архив с возможностью изучения мышц при постпроцессорной обработке данных. Критерии исключения: возраст старше 65 лет, тотальное поражение кости, отсутствие полного МСКТ-архива с наличием специального алгоритма реконструкции «Sft Tissue». Материалы для исследования были получены при соблюдении этических стандартов Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации с поправками Минздрава РФ. Все больные, участвовавшие в исследовании, оформили информированное согласие на публикацию полученных данных без идентификации личности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Группа обследованных пациентов состояла из 112 больных. У 20 больных был хронический остеомиелит в области чрескостных элементов (спицевой). Средний возраст больных составил $48,5 \pm 9,8$ года. Среди пациентов преобладали мужчины (87,5 %). Причиной остеомиелита в 107 случаях была травма или хирургическое вмешательство, у пяти больных – последствия гематогенного остеомиелита.

Полипозиционная рентгенография и мультисрезовая компьютерная томография (МСКТ) выполнена 112 больным. Исследования выполняли на компьютерных томографах «Toshiba Aquilion-64», «GE Light Speed VCT». МСКТ проводили с использованием спе-

циального алгоритма реконструкции «Sft Tissue». Обработку аксиальных срезов проводили в режиме мультипланарной реконструкции (MPR) в корональной и сагиттальной плоскостях. Для изучения мышц до лечения на аксиальных срезах измеряли площадь, общую и локальную плотность (единицы Хаунсфилда (HU)) большеберцовой и икроножной мышц, длинного разгибателя пальцев в верхней и средней трети бедра или голени с построением гистограмм. При измерении общей площади оконтуривали на аксиальном срезе исследуемую мышцу с автоматическим определением площади и плотности. По возможности определяли аналогичные показатели для контралатеральной конечности (рис. 1).

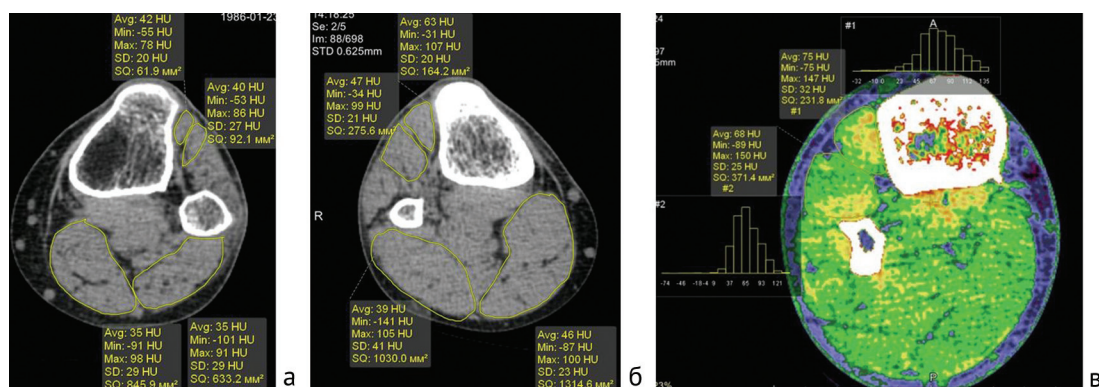


Рис. 1. МСКТ голени больных хроническим остеомиелитом. Аксиальные срезы. Измерение плотности и площади мышц больной и контралатеральной конечности (а, б). Измерение плотности и площади мышц с построением гистограмм (в)

РЕЗУЛЬТАТЫ

На основании анатомических исследований известно, что в норме поперечное сечение брюшка большеберцовой и икроножной мышц, длинного разгибателя пальцев, прямой и промежуточной, портняжной, тонкой мышц, двуглавой мышцы бедра в верхней и средней трети бедра или голени имеет определенную форму [38], которая может изменяться в связи с гипотрофией или атрофией мышцы, что сопровождается увеличением или уменьшением плотности, уменьшением площади, изменением структуры (рис. 2).

Основным дифференциально-диагностическим критерием степени выраженности морфологических изменений мышц у больных с различной патологией явля-

ется их средняя денситометрическая плотность [39–41]. По данным различных авторов, плотность мышц колеблется от 35 до 50 HU с различными отклонениями для отдельных мышц конечностей и туловища в норме и при патологии опорно-двигательной системы [39–43].

Анализ плотности мышц голени показал, что у 89,4 % больных увеличивалась плотность передней большеберцовой мышцы, длинного разгибателя пальцев (84,7 %), малоберцовых мышц (78,5 %) и уменьшалась плотность головок икроножной мышцы (91,3 %). У 10,6 % обследованных, в разной степени отмечено уменьшение плотности передней большеберцовой мышцы, длинного разгибателя пальцев (рис. 3).

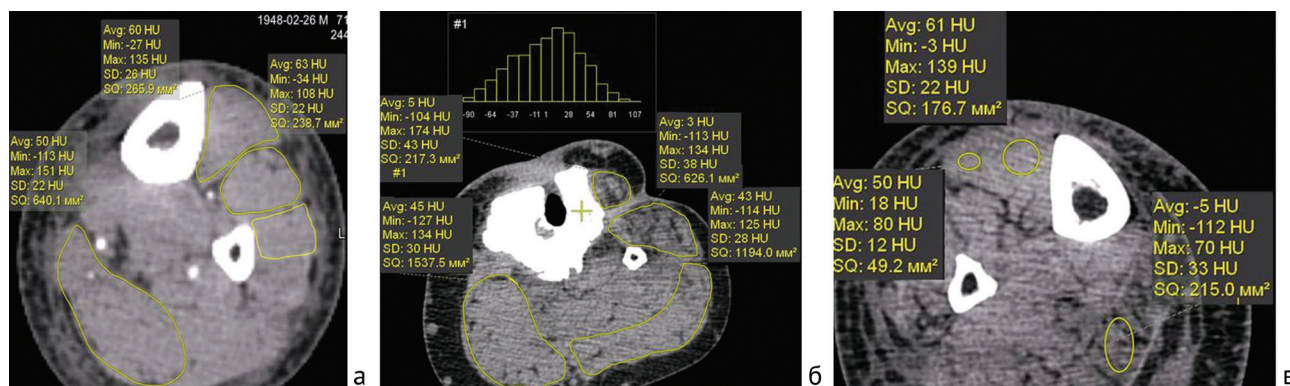


Рис. 2. МСКТ голени больных хроническим остеомиелитом. Аксиальные срезы: (а) контралатеральная конечность больного М., 56 лет, измерение общей плотности и площади мышц; измерение общей плотности и площади мышц (б) и локальной плотности мышц голени (в) у пациентов с хроническим остеомиелитом большеберцовой кости

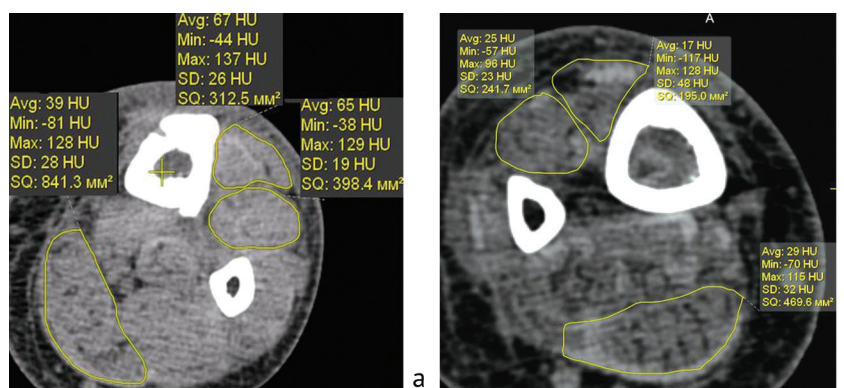


Рис. 3. МСКТ голени больных хроническим остеомиелитом. Аксиальные срезы. Повышение плотности передней большеберцовой мышцы, длинного разгибателя пальцев, уменьшение плотности медиальной головки икроножной мышцы (а); уменьшение плотности передней большеберцовой мышцы, длинного разгибателя пальцев, выраженное уменьшение плотности медиальной головки икроножной мышцы (б)

У больных с длительным течением хронического остеомиелита изменялись не только показатели плотности, но и архитектура мышц, их форма (рис. 4).

В таблице 1 представлены данные об общей плотности мышц голени у больных хроническим остеомиелитом (табл. 1).

Изучение локальной плотности указанных мышц не выявило определенной закономерности, и плотность отдельных участков большеберцовой мышцы или длинного разгибателя пальцев могла достигать 65–80 HU, а внутренней головки икроножной мышцы находиться в отрицательном спектре шкалы Хаунсфилда, что обусловлено

выраженными изменениями структуры мышц (рис. 5).

Мышцы бедра, особенно задней группы, имели меньшую плотность, чем мышцы голени, что обусловлено анатомическими особенностями. Данная закономерность сохранялась и для больных хроническим остеомиелитом. Как правило, только у промежуточной мышцы бедра плотность была повышена (рис. 6).

В таблице 2 представлены данные о плотности мышц бедра у больных хроническим остеомиелитом.

Кроме умеренных дистрофических изменений отмечались выраженные жировые и фиброзные изменения мышц и подкожно-жировой клетчатки (рис. 7).

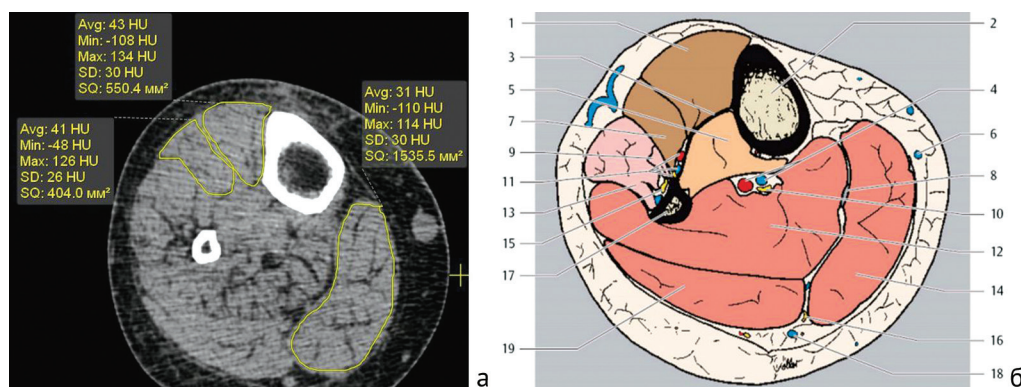


Рис. 4. МСКТ голени больного хроническим остеомиелитом. Аксиальный срез (а). Изменена форма большеберцовой мышцы (1), длинного разгибателя пальцев (7), визуализируются широкие соединительнотканые промежутки между группами мышечных пучков, особенно икроножной мышцы (14, 19). Схема анатомического среза голени в средней трети (б) [46]

Таблица 1

Общая плотность мышц голени у больных хроническим остеомиелитом

Мышца	Плотность мышц (HU), n = 50
большеберцовая	57,5 ± 8,811
икроножная	43,24 ± 8,74
длинный разгибатель пальцев	51,68 ± 6,542

^{1,2} – p < 0,001 – отличие плотности большеберцовой мышцы и длинного разгибателя пальцев от плотности внутренней головки икроножной мышцы

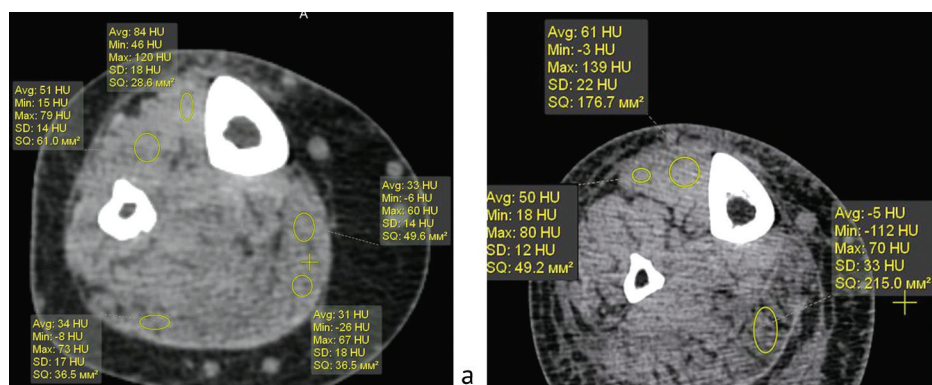


Рис. 5. МСКТ голени больных хроническим остеомиелитом. Аксиальные срезы. Локальная плотность большеберцовой мышцы составляет 84 ± 18 HU (а), внутренней головки икроножной мышцы – 5 HU (б)

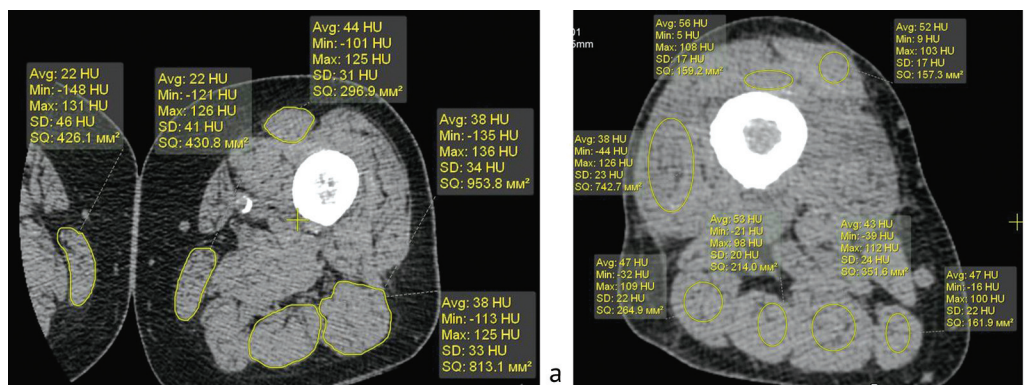


Рис. 6. МСКТ бедер больных хроническим остеомиелитом. Аксиальные срезы. Локальная плотность промежуточной мышцы 56 ± 17 HU

Таблица 2

Плотность мышц бедра у больных хроническим остеомиелитом

Мышца	Плотность мышц (HU), n = 20
Прямая мышца бедра	$44,72 \pm 7,34$
Промежуточная	$56,41 \pm 11,32$
Портняжная	$16,32 \pm 9,561$
Тонкая	$39,14 \pm 4,212$
Двуглавая мышца бедра (длинная головка)	$47,12 \pm 5,34$

^{1,2} – $p < 0,01$ – отличие плотности портняжной и тонкой мышц от плотности остальных мышц.

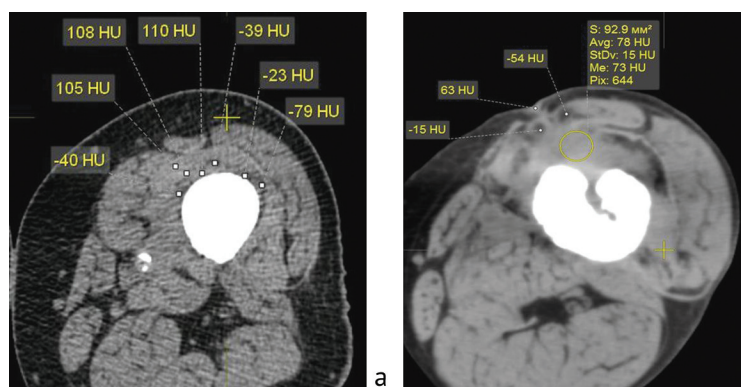


Рис. 7. МСКТ бедра больного хроническим остеомиелитом. Аксиальный срез. Жировые и фиброзные изменения промежуточной мышцы бедра (участки плотности от -79 HU до +110 HU) (а); диффузные и локальные фиброзные изменения подкожной жировой клетчатки и четырехглавой мышцы бедра. Втянутый рубец по внутренней поверхности бедра (б)

Результаты исследования показали, что мышцы бедра и голени у больных хроническим остеомиелитом имели выраженные дистрофические изменения, которые у 89,4 % больных проявлялись увеличением плотности передней большеберцовой мышцы, длинного разгибателя пальцев (84, %), малоберцовых мышц (78,5 %) и уменьшением плотности головок икроножной мышцы

(91,3 %). У 10,6 % обследованных, в разной степени, отмечено уменьшение плотности передней большеберцовой мышцы, длинного разгибателя пальцев. У всех больных хроническим остеомиелитом бедра была снижена плотность мышц передней и задней группы, кроме промежуточной, для которой были характерны фиброзные изменения с повышением плотности.

ОБСУЖДЕНИЕ

Обоснование метода визуализации для изучения скелетных мышц зависит от доступности, технических возможностей, опыта специалиста, анатомической области интереса и уровня структурной детализации. Необходимо учитывать возможные риски для пациента, воспроизводимость протоколов получения и анализа изображений, а также ценность проводимых измерений для диагностики заболеваний. Использование методов лучевой диагностики в качестве стандартного исследования мышц не может применяться из-за экономических проблем и лучевой нагрузки. Но есть возможность «оппортунистического» скрининга, применения данных исследований, проводимых в обычной медицинской деятельности (не для исследования

мышц, а, например, изучая суставы или позвоночник), для определения площади и плотности мышц, что позволяет получать объективные данные и более эффективно использовать результаты МСКТ или МРТ [44]. Для изучения мышц бедра и голени у больных хроническим остеомиелитом исследовали площадь поперечного сечения и плотность мышцы в верхней и средней третях сегмента конечности. В ряде работ было рекомендовано изучать мышцы в средней трети, но, учитывая, что нужно было оценить состояние икроножной мышцы, наиболее быстро реагирующей на ограничение функции, изучали поперечные срезы также на границе верхней и средней третей, поскольку наиболее массивная часть латерального и меди-

ального брюшка приходится на этот уровень [44–46]. Как показали данные МСКТ, которую выполняли пациентам до лечения для выявления уровня и степени поражения кости, степень изменения мышц зависела от многих факторов: давности заболевания, количества перенесенных хирургических вмешательств, характера и протяженности деструктивных изменений бедренной или большеберцовой костей. Анализ выявленных изменений показал, что мышцы бедра и голени у больных хроническим остеомиелитом имеют выраженные дистрофические изменения, которые у 89,4 % больных проявлялись увеличением плотности

передней большеберцовой мышцы, длинного разгибателя пальцев (84,7 %), малоберцовых мышц (78,5 %) и уменьшением плотности головок икроножной мышцы (91,3 %). У 10,6 % обследованных, в разной степени, отмечено уменьшение плотности передней большеберцовой мышцы, длинного разгибателя пальцев. У всех больных хроническим остеомиелитом бедра была снижена плотность мышц передней и задней группы, кроме промежуточной, для которой были характерны диффузные и выраженные локальные фиброзные изменения с повышением плотности до $56,41 \pm 11,32$ HU, в отдельных участках до 100–110 HU.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о том, что рентгеноморфологические изменения мышц имеют место у всех больных хроническим остеомиелитом

бедра и голени. Наиболее выражены нарушения архитектоники в передней большеберцовой и икроножной мышцах, промежуточной широкой мышце бедра.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Губин А.В., Ключин Н.М. Проблемы организации лечения больных хроническим остеомиелитом и пути их решения на примере создания клиники гнойной остеологии // *Гений ортопедии*. 2019. Т. 25, № 2. С. 140–148. DOI: 10.18019/1028-4427 - 2019-25-2-140-148.
2. Новые технологии лечения больных хроническим остеомиелитом - итог сорокалетнего опыта применения метода чрескостного остеосинтеза / Н.М. Ключин, А.М. Аранович, В.И. Шляхов, А.В. Злобин // *Гений ортопедии*. 2011. № 2. С. 27–33.
3. Infection after fracture fixation: current surgical and microbiological concepts / W.J. Metsemakers, R. Kuehl, T.F. Moriarty, R.G. Richards, M.H.J. Verhofstad, O. Borens, S. Kates, M. Morgenstern // *Injury*. 2018. Vol. 49, No 3. P. 511–522. DOI: 10.1016/j.injury.2016.09.019.
4. Zimmerli W., Trampuz A., Ochsner P.E. Prosthetic-joint infections // *N. Engl. J. Med.* 2004. Vol. 351, No 16. P. 1645–1654. DOI: 10.1056/NEJMra040181.
5. Insights into treatment and outcome of fracture-related infection: a systematic literature review / H. Bezstarosti, E.M.M. van Lieshout, L.W. Voskamp, K. Kortram, W. Obremskey, M.A. McNally, W.J. Metsemakers, M.H.J. Verhofstad // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2019. Vol. 139, No 1. P. 61–72. DOI: 10.1007/s00402-018-3048-0.
6. Post-traumatic osteomyelitis in Middle East war-wounded civilians: resistance to first-line antibiotics in selected bacteria over the decade 2006–2016 / F. Fily, J.B. Ronat, N. Malou, R. Kanapathipillai, C. Seguin, N. Hussein, R.M. Fakhri, C. Langendorf // *BMC. Infect. Dis.* 2019. Vol. 19, No 1. P. 103. DOI: 10.1186/s12879-019-3741-9.
7. Epidemiology, microbiology and therapeutic consequences of chronic osteomyelitis in northern China: A retrospective analysis of 255 patients / X. Ma, S. Han, J. Ma, X. Chen, W. Bai, W. Yan, K. Wang // *Sci. Rep.* 2018. Vol. 8, No 1. P. 14895. DOI: 10.1038/s41598-018-33106-6.
8. The AO trauma CPP bone infection registry: Epidemiology and outcomes of *Staphylococcus aureus* bone infection / M. Morgenstern, C. Erichsen, M. Miltz, Z. Xie, J. Peng, J. Stannard, W.J. Metsemakers, D. Schaefer, V. Alt, K. Søballe, M. Nerlich, R.E. Buckley, M. Blauth, M. Suk, F. Leung, J.D. Barla, K. Yukata, B. Qing, S.L. Kates // *J. Orthop. Res.* 2021. Vol. 39, No 1. P. 136–146. DOI: 10.1002/jor.24804.
9. Миронов С.П., Цискарашвили А.В., Горбатюк Д.С. Хронический посттравматический остеомиелит как проблема современной травматологии и ортопедии (обзор литературы) // *Гений ортопедии*. 2019. Т. 25, № 4. С. 610–621. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-610-621].
10. «Многоликий» хронический остеомиелит: лучевая диагностика / Г.В. Дьячкова, К.А. Дьячков, Н.М. Ключин, Т.А. Ларионова, А.Л. Шастров // *Гений ортопедии*. 2020. Т. 26, № 3. С. 385–391. DOI: 10.18019/1028-4427-2020-26-3-385-391.
11. Treatment strategies for chronic osteomyelitis in low- and middle-income countries: systematic review / J. Geurts, A. Hohnen, T. Vranken, P. Moh // *Trop. Med. Int. Health.* 2017. Vol. 22, No 9. P. 1054–1062. DOI: 10.1111/tmi.12921.
12. Cierny G. 3rd, Mader J.T., Penninck J.J. A clinical staging system for adult osteomyelitis // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2003. No 414. P. 7–24. DOI: 10.1097/01.blo.0000088564.81746.62.
13. Гаюк В.Д., Ключин Н.М., Бунашов С.И. Воспаление мягких тканей вокруг чрескостных элементов и спицевой остеомиелит: литературный обзор // *Гений ортопедии*. 2019. Т. 25, № 3. С. 407–412. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-3-407-412.
14. Дьячкова Г.В., Митина Ю.Л. Компьютерная томография в диагностике изменений мягких тканей у больных хроническим остеомиелитом бедренной кости // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2006. № 1. С. 44–48.
15. Condylar Degradation from Decreased Occlusal Loading following Masticatory Muscle Atrophy / Z. Shi, J. Lv, L. Xiaoyu, L.W. Zheng, X.W. Yang // *Biomed. Res. Int.* 2018. Vol. 2018. P. 6947612. DOI: 10.1155/2018/6947612.
16. Сорокин, А.П. Общие закономерности строения опорного аппарата человека. М. : Медицина, 1973. 264 с.
17. Atrophy of hip abductor muscles is related to clinical severity in a hip osteoarthritis population / A. Zacharias, R.A. Green, A. Semciw, D.J. English, T. Kapakoulakis, T. Pizzari // *Clin. Anat.* 2018. Vol. 31, No 4. P. 507–513. doi: 10.1002/ca.23064.
18. Comparison of gluteus medius and minimus activity during gait in people with hip osteoarthritis and matched controls / A. Zacharias, T. Pizzari, A.I. Semciw, D.J. English, T. Kapakoulakis, R.A. Green // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2019. Vol. 29, No 5. P. 696–705. DOI: 10.1111/sms.13379.
19. МРТ-семиотика ягодичных мышц у больных асептическим некрозом головки бедренной кости и болезнью Легга-Кальве-Пертеса / Г.В. Дьячкова, М.П. Тепленький, К.А. Дьячков, Т.А. Ларионова // *Гений ортопедии*. 2019. Т. 25, № 4. С. 481–486. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-481-486.
20. Interaction between bone and muscle in older persons with mobility limitations / L. Ferrucci, M. Baroni, A. Ranchelli, F. Lauretani, M. Maggio, P. Mecocci, C. Ruggiero // *Curr. Pharm. Des.* 2014. Vol. 20, No 19. P. 3178–3197. DOI: 10.2174/13816128113196660690.
21. Chen Z., Bembem M.G., Bembem D.A. Bone and muscle specific circulating microRNAs in postmenopausal women based on osteoporosis and sarcopenia status // *Bone*. 2019. Vol. 120. P. 271–278. DOI: 10.1016/j.bone.2018.11.001.
22. Burkhart K., Allaire B., Bouxsein M.L. Negative Effects of Long-duration Spaceflight on Paraspinal Muscle Morphology // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2019. Vol. 44, No 12. P. 879–886. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002959.
23. Associations of muscle force, power, cross-sectional muscle area and bone geometry in older UK men / A. Zengin, S.R. Pye, M.J. Cook, J.E. Adams, R. Rawer, F.C.W. Wu, T.W. O'Neill, K.A. Ward // *J. Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2017. Vol. 8, No 4. P. 598–606. DOI: 10.1002/jcsm.12198.
24. Structure, function, and control of the human musculoskeletal network / A.C. Murphy, S.F. Muldoon, D. Baker, A. Lastowka, B. Bennett, M. Yang, D.S. Bassett // *PLoS Biol.* 2018. Vol. 16, No 1. P. e2002811. DOI: 10.1371/journal.pbio.2002811.
25. The effect of body composition on bone density in pre- and postmenopausal women / T. Douchi, T. Oki, S. Nakamura, H. Ijuin, S. Yamamoto, Y. Nagata // *Maturitas*. 1997. Vol. 27, No 1. P. 55–60. DOI: 10.1016/s0378-5122(97)01112-2.

26. Muscle mass and fat mass in relation to bone mineral density in very old men, women: the Framingham Heart Study / M. Visser, D.P. Kiel, J. Langlois, J. Langlois, M.T. Hannan, D.T. Felson, P.W. Wilson, T.B. Harris // *Appl. Radiat. Isot.* 1998. Vol. 49, No 5-6. P. 745-747. DOI: 10.1016/s0969-8043(97)00101-2.
27. Influence of muscle strength and body weight and composition on regional bone mineral density in healthy women aged 60 years and over / H. Blain, A. Vuillemin, A. Teissier, B. Hanesse, F. Guillemin, C. Jeandel // *Gerontology*. 2001. Vol. 47, No 4. P. 207-212. DOI: 10.1159/000052800.
28. Relative influence of physical activity, muscle mass and strength on bone density / D.N. Proctor, L.J. Melton, S. Khosla, C.S. Crowson, M.K. O'Connor, B.L. Riggs // *Osteoporos. Int.* 2000. Vol. 11, No 11. P. 944-952. DOI: 10.1007/s001980070033.
29. Walsh M.C., Hunter G.R., Livingstone M.B. Sarcopenia in premenopausal and postmenopausal women with osteopenia, osteoporosis and normal bone mineral density // *Osteoporos. Int.* 2006. Vol. 17, No 1. P. 61-67. DOI: 10.1007/s00198-005-1900-x.
30. Correlates of bone quality in older persons / F. Lauretani, S. Bandinelli, C.R. Russo, M. Maggio, A. di Iorio, A. Cherubini, D. Maggio, G.P. Ceda, G. Valenti, J.M. Guralnik, L. Ferrucci // *Bone*. 2006. Vol. 39, No 4. P. 915-921. DOI: 10.1016/j.bone.2006.03.014.
31. Low appendicular muscle mass is correlated with femoral neck bone mineral density loss in postmenopausal women / F.L. Orsatti, E.A. Nahas, J. Nahas-Neto, C.L. Orsatti, M. Marocolo, O. Barbosa-Neto, G.R. da Mota // *BMC. Musculoskelet. Disord.* 2011. Vol. 12. P. 225. DOI: 10.1186/1471-2474-12-225.
32. Rubin J., Rubin C., Jacobs C.R. Molecular pathways mediating mechanical signaling in bone // *Gene*. 2006. Vol. 367. P. 1-16. DOI: 10.1016/j.gene.2005.10.028.
33. Mechanical basis of bone strength: influence of bone material, bone structure and muscle action / N.H. Hart, S. Nimphius, T. Rantalainen, A. Ireland, A. Siafarikas, R.U. Newton // *J. Musculoskelet. Neuronal Interact.* 2017. Vol. 17, No 3. P. 114-139.
34. Link T.M. The Founder's Lecture 2009: advances in imaging of osteoporosis and osteoarthritis // *Skeletal Radiol.* 2010. Vol. 39, No 10. P. 943-955. DOI: 10.1007/s00256-010-0987-0.
35. Weber M.A., Wolf M., Wattjes M.P. Imaging Patterns of Muscle Atrophy // *Semin. Musculoskelet. Radiol.* 2018. Vol. 22, No 3. P. 299-306. DOI: 10.1055/s-0038-1641574.
36. Proposal for new diagnostic criteria for low skeletal muscle mass based on computed tomography imaging in Asian adults / Y. Hamaguchi, T. Kaido, S. Okumura, A. Kobayashi, A. Hammad, Y. Tamai, N. Inagaki, S. Uemoto // *Nutrition*. 2016. Vol. 32, No 11-12. P. 1200-1205. DOI: 10.1016/j.nut.2016.04.003.
37. Chen Z., Bemben M.G., Bemben D.A. Bone and muscle specific circulating microRNAs in postmenopausal women based on osteoporosis and sarcopenia status // *Bone*. 2019. Vol. 120. P. 271-278. DOI: 10.1016/j.bone.2018.11.001.
38. Синельников Р.Д., Синельников Я.Р., Синельников А.Я. Атлас анатомии человека. В 3 т. Т. 1. Остеология. Артрология. Миология. М. : Новая волна, 2020. 488 с.
39. Способ оценки методом компьютерной томографии морфофункциональной перестройки мышц у больных с повреждениями и заболеваниями нижних конечностей : пат. № 2327418 Рос. Федерация А 61 В 17/56 / Дьячкова Г.В., Степанов Р.В., Суходолова Л.В. ; заявитель и патентообладатель РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова». № 2006144421/14 ; заявл. 12.12.2006 ; опубл. 27.06.2008, Бюл. № 18.
40. Изменения костных и мышечных структур при коксартрозе по данным компьютерной томографии : материалы IV Междунар. (XIII Всероссийской) Пироговской студенческой науч. мед. конф., 19 марта 2009 г., Москва / Н.А. Плахотина, С.Г. Сизых, Е.П. Тарасов, Р.Ю. Моно-вцов // *Вестник Российского государственного медицинского университета*. 2009. № 3. С. 34-35.
41. Лучевые методы диагностики саркопении / В.Л. Масенко, А.Н. Коков, И.И. Григорьева, К.Е. Кривошапова // *Исследования и практика в медицине*. 2019. Т. 6, № 4. С. 127-137. DOI: 10.17709/2409-2231-2019-6-4-13.
42. Ахондроплазия : рук. для врачей / под ред. А. В. Попкова, В. И. Шевцова. М. : Медицина, 2001. С. 271-281.
43. Мёллер Т.Б., Райф Э. Атлас секционной анатомии человека на примере КТ- и МРТ-срезов. В 3 т. Т. 3 Позвоночник, конечности, суставы. / под общ. ред. Г.Е. Труфанова. М. : МЕДпресс-информ, 2010. 344 с.
44. Associations between pQCT-based fat and muscle area and density and DXA-based total and leg soft tissue mass in healthy women and men / V.D. Sherk, R.S. Thiebaud, Z. Chen, M. Karabulut, S.J. Kim, D.A. Bemben // *J. Musculoskelet. Neuronal Interact.* 2014. Vol. 14, No 4. P. 411-417.
45. Automated muscle segmentation from CT images of the hip and thigh using a hierarchical multi-atlas method / F. Yokota, Y. Otake, M. Takao, T. Ogawa, T. Okada, N. Sugano, Y. Sato // *Int. J. Comput. Assist. Radiol. Surg.* 2018. Vol. 13, No 7. P. 977-986. DOI: 10.1007/s11548-018-1758-y.
46. Muscle analysis using pQCT, DXA and MRI / M.C. Erlandson, A.L. Lorbergs, S. Mathur, A.M. Cheung // *Eur. J. Radiol.* 2016. Vol. 85, No 8. P. 1505-1511. DOI: 10.1016/j.ejrad.2016.03.001.

Статья поступила в редакцию 03.03.2021; одобрена после рецензирования 02.04.2021; принята к публикации 26.01.2022.

The article was submitted 03.03.2021; approved after reviewing 02.04.2021; accepted for publication 26.01.2022.

Информация об авторах:

1. Галина Викторовна Дьячкова – доктор медицинских наук, профессор, dgy2003@list.ru;
2. Александр Леонидович Шастов – кандидат медицинских наук, alshastov@yandex.ru;
3. Константин Александрович Дьячков – доктор медицинских наук, dka_doc@mail.ru;
4. Николай Михайлович Ключин – доктор медицинских наук, klyushin_nikolay@mail.ru;
5. Вячеслав Дмитриевич Гаюк – gayuk66@yandex.ru;
6. Илья Вячеславович Сутягин – pr_sutyagin@bk.ru;
7. Татьяна Адиславовна Ларионова – кандидат медицинских наук, lar_rad@mail.ru.

Information about the authors:

1. Galina V. Diachkova – Doctor of Medical Sciences, Professor, dgy2003@list.ru;
2. Alexander L. Shastov – M.D., alshastov@yandex.ru;
3. Konstantin A. Diachkov – Doctor of Medical Sciences, dka_doc@mail.ru;
4. Nikolai M. Klyushin – Doctor of Medical Sciences, klyushin_nikolay@mail.ru;
5. Vyacheslav D. Gayuk – gayuk66@yandex.ru;
6. Ilya V. Sutyagin – pr_sutyagin@bk.ru;
7. Tat'iana A. Larionova – Doctor of Medical Sciences, lar_rad@mail.ru.