

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОСТИ МЕТОДОМ МУЛЬТИСРЕЗОВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМ ОСТЕОМИЕЛИТОМ

Г.В. Дьячкова, К.А. Дьячков, С.М. Александров, Т.А. Ларионова, Н.М. Ключин

ФГБУ «РНИЦ «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России,  
директор – д.м.н. А.В. Губин  
г. Курган

*Цель работы* – изучить методом мультисрезовой компьютерной томографии рентгеноморфологические особенности длинных костей нижних конечностей у больных хроническим остеомиелитом и предложить комплекс показателей для оценки качества кости.

*Материал и методы.* Рентгенография и компьютерная томография тазобедренных суставов произведена у 49 больных хроническим остеомиелитом длинных костей нижних конечностей. Исследования проводили на компьютерных томографах GE Light Speed VCT, Toshiba Aquilion-64, Somatom Smile.

*Результаты.* Изменения структуры кости в области проксимального конца бедренной кости отличались крайне выраженным полиморфизмом, и в анатомической составляющей практически не повторялись. Кортиковая пластинка в области перехода в диафиз имела неоднородное строение с зонами резорбции.

Характер рентгеноморфологических изменений диафиза у всех больных был индивидуальным, но были и общие проявления, которые заключались в утолщении корковой пластинки, различной выраженности периостальных и эндостальных наслоений. Кортиковая пластинка имела существенные различия плотности, превышая в некоторых точках 1700 HU.

При локализации остеомиелитического процесса в области коленного сустава, выраженные изменения касались всех его составляющих, проявлялись распространенным остеопорозом и локальным остеосклерозом.

При локализации остеомиелитического процесса в проксимальном отделе большеберцовой кости у всех больных отмечались обширные зоны резорбции, кортикальная пластинка была истончена в проксимальных отделах и имела плотность не более 350 HU.

*Выводы.* Полученные данные показали, что качество кости у больных хроническим остеомиелитом как с точки зрения изменения ее плотности, так и архитектоники, имеет значительные отклонения от нормальных показателей, что проявляется в снижении плотности кости в метаэпифизарном отделе вне зависимости от локализации процесса, крайне переменными показателями плотности корковой пластинки в результате утолщения или истончения ее, наличии участков резорбции или склероза.

**Ключевые слова:** хронический остеомиелит, компьютерная томография, качество кости.

## ASSESSMENT OF BONE QUALITY BY THE TECHNIQUE OF MULTISPIRAL COMPUTER TOMOGRAPHY IN PATIENTS WITH CHRONIC OSTEOMYELITIS

G.V. Dyachkova, K.A. Dyachkov, S.M. Aleksandrov, T.A. Larionova, N.M. Klyushin

Russian Ilizarov Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopaedics»  
Director – A.V. Gubin, MD  
Kurgan

*Purpose* – to study the roentgenomorphological features of the lower limb long bones in patients with chronic osteomyelitis using the technique of multi-spiral computer tomography (MSCT), and to propose the complex of parameters to assess bone quality.

*Material and methods.* Roentgenography and computer tomography of the hips were performed in 49 patients with chronic osteomyelitis of long bones of lower extremities. The studies made using computer tomographs GE Light Speed VCT, Toshiba Aquilion-64, Somatom Smile.

*Results.* The changes in bone structure of proximal femur were characterized by extremely marked polymorphism, and they almost didn't repeat in the anatomical component. The cortical plate had heterogenous structure with resorption zones in the area of its transfer to the shaft.

The character of roentgenomorphological changes in the shaft was individual in all the patients, but there were common manifestations as well which consisted in thickening of the cortical plate, different intensity of periosteal and endosteal layers. The cortical plate was significantly different in density, which exceeded 1700 HU in some places.

When osteomyelitic process localized in the knee marked changes affected its all components, they manifested themselves in extended osteoporosis and local osteosclerosis.

When osteomyelitic process localized in proximal tibia extensive resorption zones observed, the cortical plate thinned in proximal parts, its density was not more than 350 HU.

*Conclusion.* The data demonstrated that bone quality in patients with chronic osteomyelitis had significant deviations from normal values in terms of changing both its density and architectonics. The deviations consisted in bone density decrease in the meta-epiphyseal part regardless of the process localization, in highly variable density values of the cortical plate as a result of its thickening or thinning, presence of resorption or sclerosis areas.

**Key words:** chronic osteomyelitis, computer tomography, bone quality.

## Введение

Профилактика, диагностика и лечение хронического остеомиелита остаются одной из актуальных задач травматологии и ортопедии, поскольку по частоте и тяжести, количеству осложнений и рецидивов данная патология относится к наиболее распространенным и тяжелым заболеваниям опорно-двигательной системы. Остеомиелит осложняет течение открытых переломов длинных костей в 3–24%, огнестрельные переломы – в 5,3–27%, различные виды остеосинтеза и эндопротезирования – в 1–17% случаев [5, 8, 9, 15]. Патоморфологические изменения при хроническом остеомиелите изучены достаточно хорошо. Они проявляются нарушением кровоснабжения, ишемическими повреждениями, сегментарным некрозом, формированием секвестров, замедлением и искажением репаративного остеогенеза, приводят к инвалидизации больных и обуславливают постоянную необходимость совершенствования методов диагностики и лечения [2, 4, 5, 10]. Диагностика хронического остеомиелита складывается из комплекса лабораторных критериев, качественных и количественных бактериологических исследований; морфологических исследований мягких тканей и кости; лучевых методов; радионуклидных исследований, ангиографии, ультразвукового исследования [3, 10, 19].

Однако в клинической практике наиболее часто применяются радиологические методы, отражающие структурные изменения костной ткани в области поражения, и этому посвящено достаточно большое количество работ [4, 6, 7, 9, 10, 12].

Известно, что в зоне бывшего воспалительного процесса, а также в концах костных фрагментов сформировавшегося ложного сустава длинной кости отмечаются дистрофические изменения костной ткани с признаками ее рассасывания и неравномерной, слабо выраженной остеогенной активностью [2].

Преимущества компьютерной томографии в диагностике хронического остеомиелита доказаны давно. По данным Г.Г. Кармазановского, при обычной рентгенографии выявляется не более 80% секвестров, в то время как компьютерная томография обеспечивает выявление секвестров в 100% [6]. В определении границ некроза костных отломков компьютерная томография также играет приоритетную роль. Признаками некроза костных отломков могут считаться отсутствие периостальной реакции на участке, соответствующем некрозу кости, повышение показателей плотности некротизированной кости в сравнении с жизнеспособной костью, формирование

демаркационной полосы, отграничивающей живую кость от мертвой, краевой и лакунарный лизис некротизированной кости, проявляющийся в виде зазубренности контуров и мелких очагов остеолита внутри участка некроза. [4]. Изучение качества кости у больных хроническим остеомиелитом имеет особое значение, поскольку перечисленные выше особенности данного заболевания приводят к резко выраженным изменениям как анатомии, так и морфологии длинных костей. Значение термина "качество кости" четко не сформулировано, и различные авторы вкладывают в это понятие как биомеханические, так и морфологические понятия [11, 13, 14, 16, 18, 20]. На необходимость изучения качества кости у больных с различной патологией опорно-двигательной системы указано в работе L. Dalle Carbonare, S. Giannini [17]. Однако и в данном исследовании не приведены параметры или критерии, по которым можно оценивать качество кости.

**Цель работы** – изучить методом мультипланарной компьютерной томографии (МСКТ) рентгеноморфологические особенности длинных костей нижних конечностей у больных хроническим остеомиелитом и предложить комплекс показателей для оценки качества кости.

## Материал и методы

Рентгенография и компьютерная томография тазобедренных суставов произведена у 49 больных хроническим остеомиелитом длинных костей нижних конечностей. Исследования проводили на компьютерных томографах GE Light Speed VCT, Toshiba Aquilion-64, Somatom Smile в положении больного лёжа на спине, краниокаудально по отношению к гентри. Исследования проводили с использованием специального алгоритма реконструкции, повышающего контрастность кости. Обработку аксиальных срезов проводили в режиме мультипланарной реконструкции в аксиальных, коронарных и сагиттальных плоскостях. Изучали особенности рентгеноморфологии и проводили количественную оценку показателей плотности костных структур тазобедренного сустава в единицах Хаунсфилда (HU). На третьем этапе проводили анализ топографо-анатомических изменений в режиме 3D-реконструкций с применением костных и мягкотканых фильтров рабочих станций. Оценка качества кости, исходя из возможностей компьютерной томографии, осуществляли следующими способами:

1. Проводили измерение:

- плотности кости, в том числе субхондрального слоя (HU);
- плотности корковой пластинки (плотность общая и локальная, HU).

2. Изучали трабекулярный рисунок кости на аксиальных срезах и MPR.

3. Выявляли специфические изменения кости, характерные для конкретного заболевания (форма и протяженность участков остеосклероза, зон резорбции), качественных характеристик кости.

Обработку результатов исследования проводили на персональном компьютере с помощью программы Attestat [1], встроенной в Microsoft Excel. Для подтверждения выводов о различиях между полученными количественными результатами исследований в случаях с нормальным распределением использовали t-критерий Стьюдента. В том случае, когда распределение отличалось от нормального, использовали непараметрические критерии (критерий Вилкоксона). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным  $p \leq 0,05$ , где  $p$  – уровень значимости этих критериев. Все результаты представлены в виде  $M \pm \sigma$ , где  $M$  – выборочное среднее,  $\sigma$  – выборочное стандартное отклонение.

**Проксимальный конец бедренной кости.**  
Изменения структуры кости у больных хроническим остеомиелитом в области проксимального конца бедренной кости были наиболее катастрофическими, отличались крайне выраженным полиморфизмом, которые в анатомической составляющей практически не повторялись, однако рентгеноморфологические изменения имели общие черты: значительное снижение плотности костей, образующих вертлужную впадину, ее деформация; многослойное, с зонами повышенной и пониженной плотности строение корковой пластинки (рис. 1).

Корковая пластинка в области перехода в диафиз имела неоднородное строение с зонами резорбции, плотность кости снижена, особенно в области внутренних пластинок (стрелка на рис. 2 а). При обработке среза на фильтре рабочей станции хорошо визуализируются слои корковой пластинки, нарушение их структуры, проявляющееся в расслоении наружного слоя пластинок, изменение структуры остеонного слоя в виде зон пониженной плотности различной формы и размеров (рис. 2).

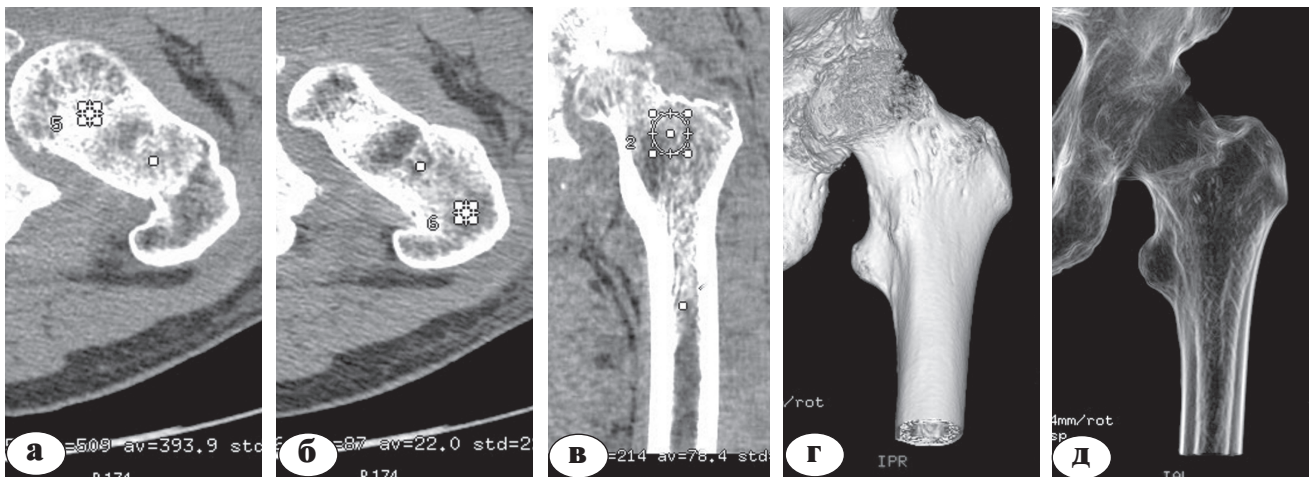


Рис. 1. КТ тазобедренных суставов больного З., 49 лет, диагноз – хронический остеомиелит: а, б – аксиальные срезы; в – режим MPR; г, д – режим VRT

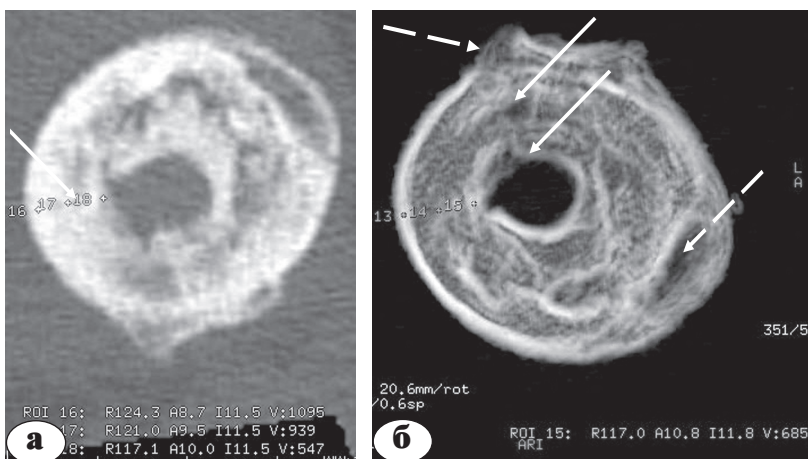
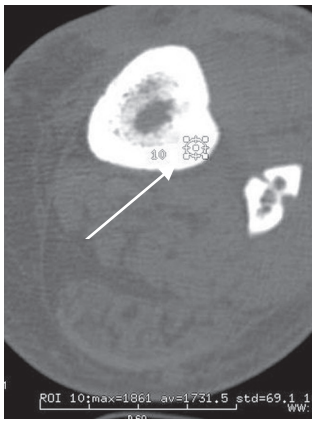


Рис. 2. КТ бедер больного А., 59 лет : а – аксиальный срез в зоне перехода в диафиз; б – после обработки на рабочей станции: изменение структуры остеонного слоя в виде зон пониженной плотности различной формы и размеров (непрерывные стрелки); расслоение наружного слоя пластинок (пунктирные стрелки)

**Диафиз.** Остеомиелитическую деструкцию бедренной кости можно разделить на три группы:

- 1) локальное гнойно-некротическое поражение;
- 2) распространенное по длине гнойно-некротическое поражение;
- 3) распространенное на весь поперечник гнойно-некротическое поражение [4].

Характер рентгеноморфологических изменений у всех больных был индивидуальным, но были и общие проявления, которые заключались в утолщении корковой пластинки, различной выраженности периостальных и эндостальных наслоений. Корковая пластинка имела существенные различия плотности (от 1451 до 770 HU), превышающие в некоторых точках 1700 HU (рис. 3).

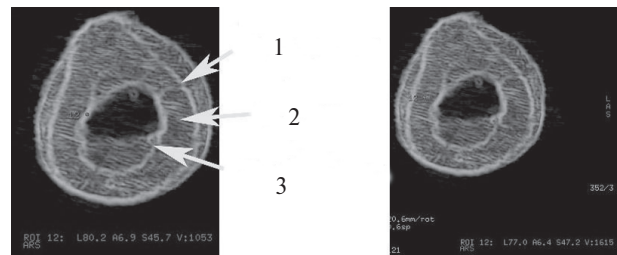


**Рис. 3.** КТ голени больной О., 41 года, хронический остеомиелит большеберцовой кости. Аксиальный срез. Плотность кости в зоне 10 составляет  $1731,5 \pm 69,1$  HU, максимальная плотность – 1861 HU

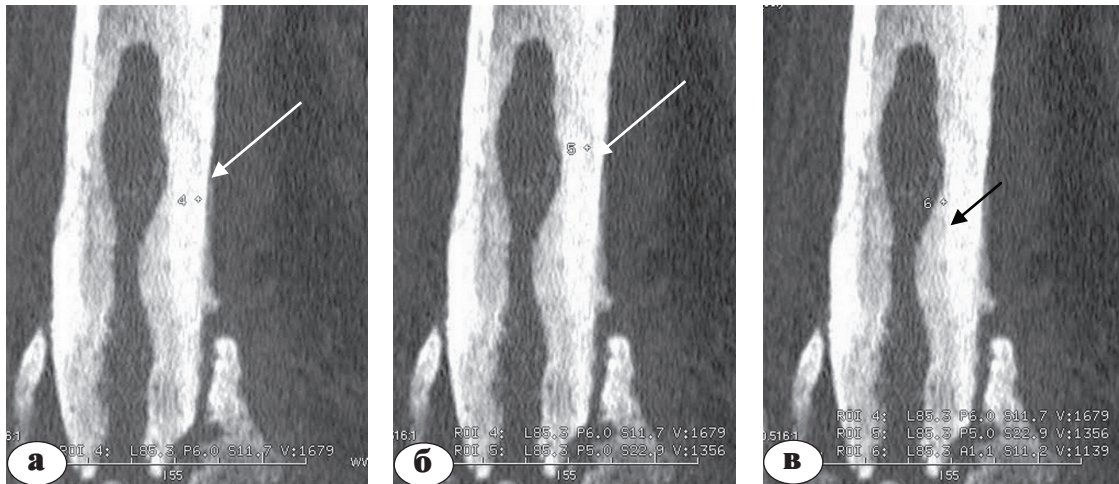
Изучение корковой пластинки показало, что остеонный слой имеет неравномерную структуру, плотность его ( $1615 \pm 134$  HU), как и в норме, превышает плотность наружных и внутренних пластинок ( $1053 \pm 216$  HU) (рис. 4).

При измерении локальной плотности корковой пластинки на изображении в режиме MPR выявлены ее отличия в различных слоях, однако четкой закономерности в показателях плотности в области наружных и внутренних пластинок, а также остеонного слоя, характерной для здоровой кости, не выявлено в связи с наличием очагов резорбции в этих зонах (рис. 5).

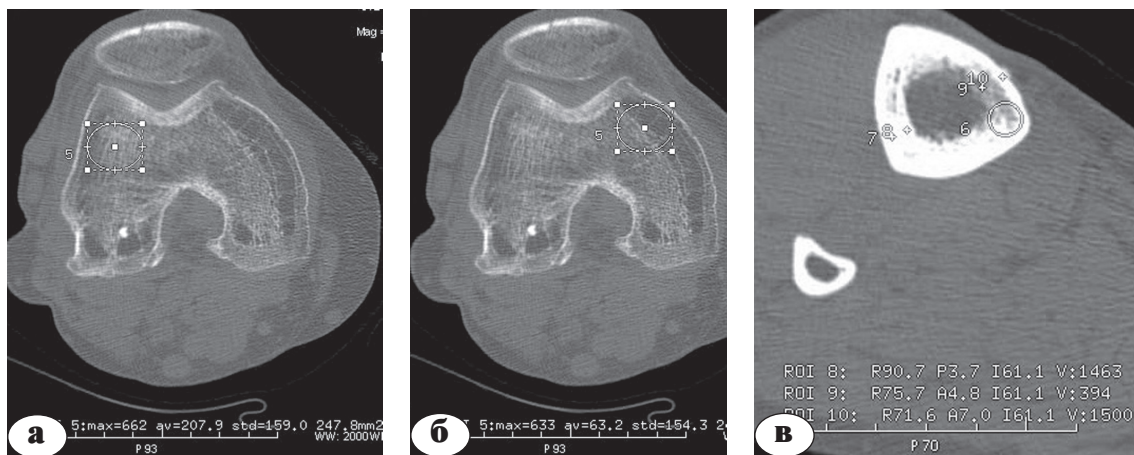
**Дистальный отдел бедренной кости, коленный сустав.** При локализации остеомиелитического процесса в области коленного сустава выраженные изменения касались всех его составляющих, проявлялись распространенным остеопорозом и локальным остеосклерозом. Изменения распространялись в ряде случаев и на диафизарный отдел большеберцовой кости, при этом корковая пластинка имела неоднородное строение с участками резорбции и снижения плотности до  $300 \pm 97$  HU (рис. 6).



**Рис. 4.** КТ бедер больного А., 57 лет. Хронический остеомиелит бедренной кости, где 1 – слой наружных пластинок, 2 – остеонный слой, 3 – слой внутренних пластинок. Режим VRT



**Рис. 5.** КТ бедер больного А., 57 лет. Хронический остеомиелит бедренной кости. Режим MPR, локальное измерение плотности корковой пластинки: а – наружного слоя; б – остеонного, в – внутреннего слоя



**Рис. 6.** КТ коленных суставов больного Ф., 51 года, аксиальные срезы: а, б – на уровне эпифиза бедренной кости; в – на уровне диафиза большеберцовой. Измерение плотности мыщелков бедренной кости и корковой пластинки

При изучении изображений в режиме MPR определялись значительные изменения архитектоники обеих костей с изменением формы суставных концов, неравномерной плотностью метафизарных отделов, снижением ее до 150–80 НУ в некоторых участках (рис. 7).

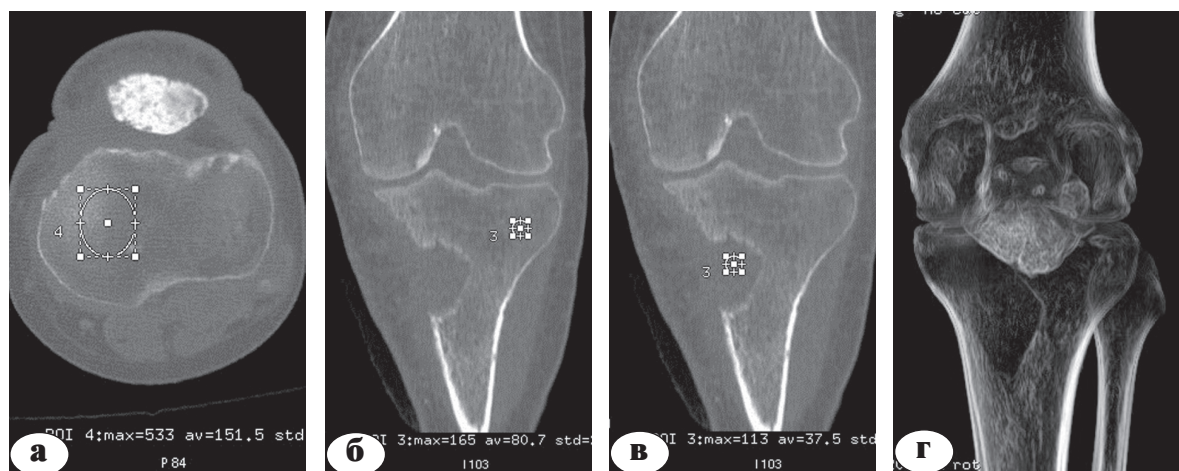
**Проксимальный отдел голени.** При локализации остеомиелитического процесса в проксимальном отделе большеберцовой кости у всех больных отмечались обширные зоны резорбции с отрицательной плотностью, корковая пластинка была истончена в проксимальных отделах и имела плотность не более  $350 \pm 76$  НУ, дистальнее имела различную толщину и плотность (от 340 до 1625 НУ).

На изображениях в режиме MPR выявлялось значительное изменение костной архитектоники с элементами груботрабекулярной кости, изменение формы суставных концов, снижение плотности кости с участками склероза (рис. 8).

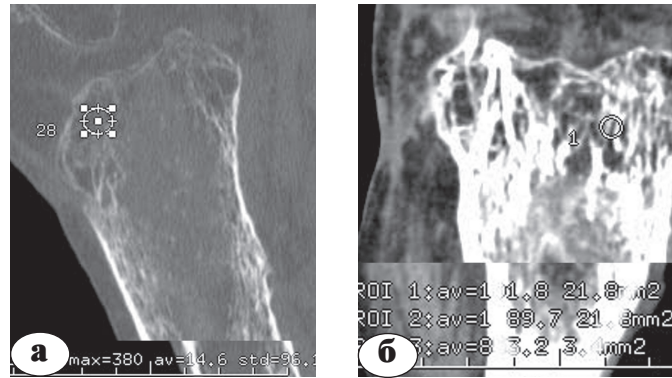
**Дистальный отдел большеберцовой и малоберцовой костей.** Как и при других локализациях остеомиелитического процесса, анатомические дефекты костей были сугубо индивидуальны для каждого больного, однако общие тенденции рентгеноморфологических изменений сохранялись. На фоне выраженного остеопороза с формированием зон резорбции различной формы в области трабекулярной кости и корковой пластинки выявлялись очаги склеротических изменений в таранной кости плотностью до 2020 НУ (рис. 9).

В следующем клиническом случае имели место выраженные изменения в голеностопном суставе: массивные зоны резорбции в метафизарном отделе и значительные изменения в таранной кости с изменением характерного трабекулярного рисунка (рис. 10).

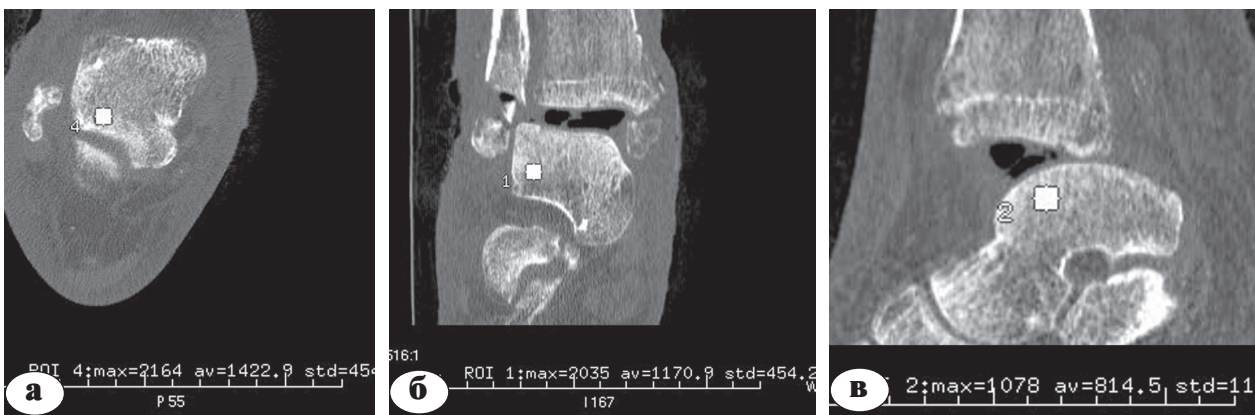
Плотность дистального отдела большеберцовой и таранной костей значительно ниже нормальных показателей (рис. 11).



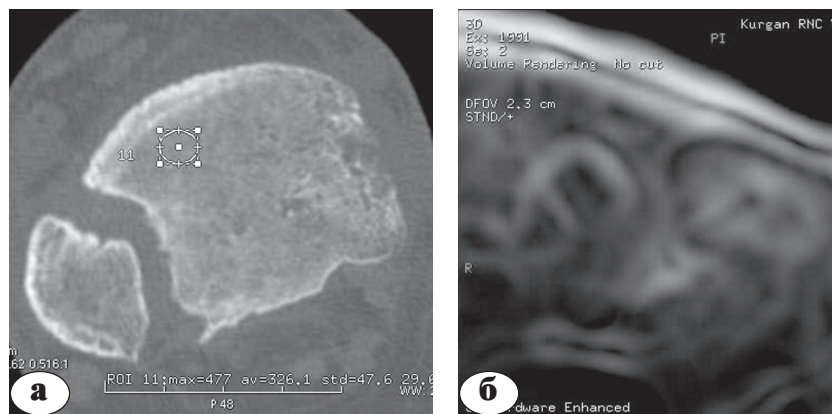
**Рис. 7.** КТ коленных суставов больной У., 21 года. Хронический остеомиелит, остеомиелитическая полость: а – аксиальный срез; б, в – MPR во фронтальной плоскости; г – измерение плотности мыщелков бедренной и большеберцовой костей в режиме VRT



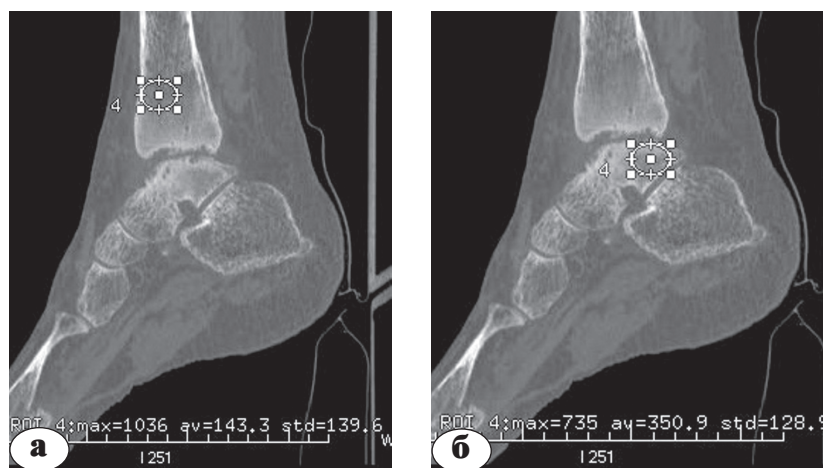
**Рис. 8.** КТ проксимального отдела голени больного В., 51 года, режим MPR: а – в сагиттальной плоскости; б – во фронтальной



**Рис. 9.** КТ голеностопного сустава и дистального отдела голени больного А., 58 лет. Хронический остеомиелит: а – аксиальный срез; б, в – режим MPR



**Рис. 10.** КТ голеностопного сустава и дистального отдела голени пациента Л., 58 лет; а – аксиальный срез; б – измерение плотности метафизарного отдела большеберцовой кости и VRT (участок дистального метафиза)



**Рис. 11.** КТ голеностопного сустава и дистального отдела голени пациента Л., 58 лет. Режим MPR – измерение плотности метафизарного отдела большеберцовой и таранной костей

## Заключение

Использование компьютерной томографии показало, что метод позволяет получить достаточно полную картину состояния кости и окружающих мягких тканей при хроническом остеомиелите. Высокая разрешающая способность МСКТ обеспечивает необходимое число градаций контрастности для получения информации с целью выявления морфологической характеристики зоны интереса. Однако возможности КТ в оценке состояния кости при хроническом остеомиелите использованы далеко не полностью, учитывая новые возможности МСКТ и критерии, предложенные нами для оценки качества кости. Изучение локальной плотности кости как одного из важных и наиболее объективных показателей качества кости без определенной схемы, охватывающей все основные структурные компоненты кости (корковая пластинка и ее слои, субхондральная кость, метафизарный отдел, эпифиз) и различных видов реконструкций и обработки фильмами рабочей станции, не позволяет получить полное представление об архитектонике кости и ее плотностных характеристиках на протяжении кости, особенностях строения, которые выявляются только при особой обработке. Полученные данные показали, что качество кости у больных хроническим остеомиелитом, как с точки зрения изменения ее плотности, так и архитектоники, имеет значительные отклонения от нормальных показателей, которые проявляются в снижении плотности кости в метэпифизарном отделе, вне зависимости от локализации процесса, крайне вариабельными показателями плотности корковой пластинки в результате утолщения или истончения ее, наличия участков резорбции или склероза. У больных хроническим остеомиелитом не всегда удается четко выявить характерные для

корковой пластинки слои (внутренний, остеонный и наружный) и присущие этим слоям плотностные показатели, которые в норме всегда выше для остеонного слоя. В анализируемой выборке указанная закономерность найдена только для 18 % больных с локализацией остеомиелитического процесса на ограниченном участке проксимального отдела большеберцовой или бедренной кости, а также, когда процесс ограничен дистальным эпифизом большеберцовой кости. Однако и в этих случаях показатели плотности отличаются от нормальных, сохраняя лишь правильное соотношение плотности для слоя внутренних, наружных пластинок и остеонного слоя.

## Литература

1. Гайдышев И. П. Анализ и обработка данных: специальный справочник. СПб.: Питер; 2001:752с.  
*Gaidyshev I. P. Analiz i obrabotka dannyh: special'nyi spravochnik [Data analysis and processing. A special reference book]. SPb.: Piter; 2001:752s.*
2. Гаркавенко Ю. Е., Красногорский И. Н. Морфологическая оценка последствий гематогенного остеомиелита длинных костей у детей. Травматология и ортопедия России. 2012;( 3); 27-34.  
*Garkavenko Yu. E., Krasnogorskii I. N. Morfologicheskaya ocenka posledstviy gematogennogo osteomyelita dlinnyh kostei u detei [Morphological assessment of the consequences of long bone hematogenous osteomyelitis in children]. Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2012;( 3): 27-34.*
3. Гостищев В. К., Липатов К. В., Писаренко Л. В., Рубин М. П., Стан Е. А., Маракуча Е. В. Прогнозирование изменений прочности длинных трубчатых костей в хирургии хронического остеомиелита. Хирургия. Журн. им. Н. И. Пирогова. 2010;( 2): 4-6.  
*Gostishev V. K., Lipatov K. V., Pisarenko L. V., Rubin M. P., Stan E. A., Marakuca E. V. Prognozirovaniye izmeneniy prochnosti dlinnyh trubchatykh kostei v hirurгии*

- hronicheskogo osteomielita [Prediction of the changes in long tubular bone strength in chronic osteomyelitis surgery]. Hirurgiya. Zhurn. im. N. I. Pirogova. 2010;( 2): 4-6.*
4. Дьячкова Г. В., Митина Ю. Л. КТ-семиотика пролиферативных изменений в бедренной кости при хроническом остеомиелите, развившемся после острого гематогенного остеомиелита. Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2011;( 4): 60-64.  
*D'yachkova G. V., Mitina Yu. L. KT-semiotikaproliferativnyh izmenenii v bedrennoi kosti pri hronicheskom osteomielite, razvivshemsya posle ostrogo gematogennogo osteomielita [CT-semiotics of proliferative changes in femur for chronic osteomyelitis developed after acute hematogenous osteomyelitis]. Vestn. travmatologii i ortopedii im. N. N. Priorova. 2011;( 4): 60-64.*
  5. Житницкий Р. Е., Виноградов В. Г., Шапурма Д. Г. Хронический травматический остеомиелит длинных костей. Иркутск. : Изд-во Иркут. ун-та; 1989. 104с.  
*Zhitnickii R. E., Vinogradov V. G., Shapurma D. G. Hronicheskii travmaticheskii osteomielit dlinnyh kostei [Chronic traumatic osteomyelitis of long bones]. Irkutsk. : Izd-vo Irkut. un-ta; 1989. 104s.*
  6. Кармазановский Г. Г. Лучевая диагностика хронического остеомиелита длинных костей. Мед. визуализация. 1997;( 3): 54-58.  
*Karmazanovskii G. G. Luchevaya diagnostika hronicheskogo osteomielita dlinnyh kostei [Radiological diagnostics of long bone chronic osteomyelitis]. Med. vizualizaciya. 1997;( 3): 54-58.*
  7. Кармазановский Г.Г., Шуракова А.Б. Магнитно-резонансно-томографическая диагностика остеомиелита. М. : Видар-М; 2011. 72 с.  
*Karmazanovskii G. G. , Shurakova A. B. Magnitno-rezonansno-tomograficheskaya diagnostika osteomielita [Osteomyelitis diagnostics by magnetic resonance tomography]. M. : Vidar-M; 2011. 72 s.*
  8. Никитин Г. Д., Рак А. В., Линник С. А., Салдун Г. П., Кравцов А. Г., Агафонов Н. А., Фахрутдинов Р. З., Хаймин В. В. Хирургическое лечение остеомиелита. СПб. ,2000. 286 с.  
*Nikitin G. D., Rak A. B., Linnik S. A., Saldun G. P., Kravcov A. G., Agafonov N. A., Fahrutdinov R. Z., Haimin V. V. Hirurgicheskoe lechenie osteomielita [Surgical treatment of osteomyelitis]. Spb. ,2000. 286 s.*
  9. Усик С. Ф., Федосеев М. М., Братийчук А. Н., Анипченко А. Н. Остеомиелит: клиника, диагностика, лечение : учеб. Пособие. Саратов., 2007. 96 с.  
*Usik S. F., Fedoseev M. M., Bratiichuk A. N., Anipchenko A. N. Osteomielit: klinika, diagnostika, lechenie : ucheb. posobie [Osteomyelitis: clinical picture, diagnostics, treatment]. Saratov., 2007. 96 s*
  10. Шевцов В. И., Лапынин А. И., Ларионова Т. А., Смотров Л. А. Рентгено-радионуклидные исследования у больных хроническим остеомиелитом. Травматология и ортопедия России. 2007; (4): 34-37.  
*Shevcov V. I., Lapynin A. I., Larionova T. A., Smotrova L. A. Rentgeno-radionuklidnye issledovaniya u bol'nyh hronicheskim osteomielitom [Roentgen-and-radionuclide examinations in patients with chronic osteomyelitis.]. Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2007; (4): 34-37.*
  11. Ammann P. Rizzoli R. Bone strength and its determinants. Osteoporos. Int. — 2003; 14(3): 13-18.
  12. Gulsahi A., Paksoy C. S., Yazicioglu N., Arpak N., Kucuk N. O, Terzioglu H. Assessment of bone density differences between conventional and bone-condensing techniques using dual energy x-ray absorptiometry and radiography. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics. 2007; 104(5): 692–698.
  13. Boskey A. L., Donnelly E., Kinnett J. G. Bone quality: from bench to bedside: opening editorial comment. Clin. Orthop. Relat. Res. 2011; 469 (8): 2087-2089.
  14. Burr D. B. Bone quality: Understanding what matters. J. Musculoskel. Neuronal Interact. 2004; 4( 2):184-186.
  15. Cierny G. 3rd, Di Pasquale D. Treatment of chronic infection. J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2006; 14(10):105-110.
  16. Compston J. Bone quality: what is it and how is it measured? Arq. Bras. Endocrinol. Metabol. 2006; 50(4): 579 – 585.
  17. Dalle Carbonare L., Giannini S. Bone microarchitecture as an important determinant of bone strength. J. Endocrinol. Invest. 2004; 27( 1): 99-105.
  18. Guo X. E. Nanomechanics and bone tissue quality. J. Musculoskel. Neuronal Interact. 2008; 8( 4): 325-326.
  19. Hernandez C. J., Keaveny T. M. A biomechanical perspective on bone quality. Bone. 2006; 39(6): 1173 – 1181.
  20. Van der Linden J.C. , Verhaar J. A. N., Weinans H. J. A 3-D simulation of age-related remodeling in cancellous bone. J. Bone Miner. Res. 2001; 16( 4): 688-696.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Дьячкова Галина Викторовна – д.м.н., профессор, руководитель отдела рентгеновских и ультразвуковых методов диагностики

E-mail: dgv2003@list.ru;

Дьячков Константин Александрович – к.м.н., старший научный сотрудник отдела рентгеновских и ультразвуковых методов диагностики

E-mail: dka\_doc@mail.ru;

Александров Сергей Михайлович – аспирант отдела рентгеновских и ультразвуковых методов диагностики

E-mail: ylsf@yandex.ru;

Ларионова Татьяна Адиславовна – к.м.н., старший научный сотрудник отдела рентгеновских и ультразвуковых методов диагностики

E-mail: dgv2003@list.ru;

Клюшин Николай Михайлович – д.м.н., заведующий лабораторией гнойной остеологии и замещения дефектов

E-mail: elenka\_kgn@mail.ru.

Рукопись поступила: 17.06.2013