

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА ГОЛЕНИ

*О.А. Забавская, А.Ю. Ваза, Ф.А. Шарифуллин, И.Ю. Клыквин, Т.Г. Бармина, М.А. Малыгина*  
ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», Москва, Российская Федерация

## COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF PROXIMAL LOWER LEG BONES FRACTURES

*O.A. Zabavskaya, A.Y. Vasa, F.A. Sharifullin, I.Y. Klyukvin, T.G. Barmina, M.A. Malygina*  
N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russian Federation

### РЕЗЮМЕ

В статье проведен анализ возможности и целесообразности выполнения компьютерно-томографических исследований у пострадавших со сложными внутри- и околоуставными переломами костей проксимального отдела голени, приведена модификация методики этих исследований, систематизирована семиотика повреждений.

Сделаны выводы о месте метода компьютерной томографии в алгоритме лечебного процесса у этих пострадавших, в том числе — при динамическом контроле в послеоперационном периоде.

### Ключевые слова:

внутриуставные переломы костей голени, компрессионные переломы коленного сустава, компьютерная томография.

### ABSTRACT

The article assesses the capability and adequacy of computed tomography in patients with complex intra-articular and juxta-articular fractures of the lower leg bones. The research includes modified methodology of these studies and systemized symptoms of fractures.

The conclusion has been made about the place of computed tomography in medical treatment for patients with such fractures, including the CT over time in the postoperative period.

### Keywords:

intra-articular fractures of lower leg bones, compression fractures of a knee joint, computed tomography.

КТ — компьютерная томография  
МСКТ — мультиспиральная компьютерная томография  
ПМБК — проксимальный метаэпифиз большеберцовой кости

AO/ASIF (AO — *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen* (нем.) ASIF — *Association for the Study of Internal Fixation* (англ.)) — Международная Ассоциация по изучению методов внутренней фиксации

### ВВЕДЕНИЕ

Переломы проксимального отдела голени в силу своих особенностей и сложности внутрисуставных повреждений требуют своевременной и точной диагностики их характера для определения стратегии и тактики лечения, имеющего целью не только восстановление анатомической целостности, но и сохранение функциональной способности суставов [1–3].

Лучевое исследование — неотъемлемая часть комплексного обследования пострадавших со сложными внутри- и околоуставными переломами костей голени [4–6], а первичным и основным лучевым методом исследования этих пациентов по праву считается стандартная рентгенография, в том числе за счет своей доступности, возможности применения в любых условиях и на всех этапах обследования пострадавших. Однако более информативным методом диагностики сложной внутрисуставной травмы является рентгеновская компьютерная томография (КТ) [6–8].

КТ отличается высокой разрешающей способностью, точностью диагностики повреждений с определением количественных и качественных параметров. Она особенно эффективна в уточнении деталей переломов, выходящих на горизонтальную суставную поверхность костей — определения площади разрушения суставной поверхности, установления достоверных размеров, локализации и направления смещения осколков. Отдельным преимуществом КТ является возможность определения плотности и структуры костной ткани, что имеет значение для контроля ее состояния после реконструктивных операций по восстановлению целостности кости.

Еще более высокую скорость сканирования и разрешающую способность имеет мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), использование которой позволяет существенно сократить время исследований с последующим построением мульти-

планарных и трехмерных реконструкций для формирования пространственного представления о переломах и оптимального планирования хирургического лечения [7, 9].

Целью работы явилась необходимость анализа возможности и целесообразности выполнения КТ-исследований у пострадавших со сложными внутри- и околосуставными переломами костей голени, уточнение методики этого исследования и систематизация семиотики повреждений.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Был проведен анализ 70 КТ-исследований у 50 пациентов НИИ СП им. Н.В. Склифосовского с переломами костей проксимального отдела голени, выполненных на спиральных компьютерных томографах *HiSpeed Zx/i* и *HiSpeed CT/e*, а также на мультиспиральном (80x2) компьютерном томографе *Aquilion Prime (Toshiba)*.

Большинство пострадавших составили мужчины (39 человек), средний возраст —  $39,1 \pm 6,2$  года (вариации возраста — 22–72 года).

Исследования выполняли в различные сроки после травмы: в 22 случаях — в 1–3–е сут, в 28 наблюдениях — на 4–7–е сут. В 20 случаях КТ-исследование было выполнено в отсроченном периоде (свыше 3 мес) для динамического контроля состояния костной ткани после реконструктивных операций у пациентов с компрессионно-оскольчатými переломами проксимального метаэпифиза большеберцовой кости (ПМБК).

При проведении КТ-исследования пациент находился в положении на спине, руки — вдоль туловища. Сканирование проводили прицельно на один сустав, что позволяло более детально визуализировать изменения костных структур. Плоскость сканирования устанавливали параллельно суставной поверхности большеберцовой кости, что позволяло точно определять степень повреждения суставной поверхности и избегать ложноположительных заключений по поводу импрессионных переломов.

Длительность исследования составляла 5–10 с, что минимизировало появление артефактов от изменения положения конечности. Методика сканирования заключалась в выполнении топограммы в прямой и боковой проекциях. По топограмме определяли зону прицельного исследования для непрерывного спирального сканирования со следующими параметрами: коллимация слоя — 0,5–2 мм, интервал между слоями — 1 мм, *Pitch* 1,5, 120 kV, автоматическое регулирование анодного тока (сила тока обычно находилась в пределах 110–150 mA), размер матрицы — 512x512, режим *Bone*. Данные параметры давали возможность получить качественные изображения в аксиальной плоскости, при постпроцессорной обработке полученные нативные срезы переводили в режим *Standart+*, нивелирующий мелкие артефакты, что позволяло построить мультипланарные и трехмерные реформации. При наличии компрессионных переломов определяли площадь компрессии (в абсолютных значениях и процентных относительно площади мыщелка), а также степень оседания суставной поверхности (глубину компрессии). Для этого анализа оптимальными проекциями явились, помимо аксиальных срезов, мультипланарные реформации во фронтальной и сагиттальной плоскостях. Трехмерные реформации были необходимы для более достоверного определе-

ния наличия и пространственного взаимоотношения осколков, направления их смещения, угла ротации.

К сожалению, интерпретация данных КТ-исследования пациентов в послеоперационном периоде — после остеосинтеза с наличием массивных металлоконструкций — была затруднена из-за наличия артефактов от металлических конструкций. Для их нивелирования в рамках постпроцессорной обработки использовали специальные фильтры с функцией «подавления металла», однако не у всех пациентов была возможность адекватной оценки состояния костной ткани даже после применения этих фильтров.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно задачам исследования, проводили изучение КТ-семиотики повреждений проксимального отдела голени у 50 пациентов со сложными оскольчатыми переломами, потребовавшими в дальнейшем оперативного лечения.

На основе полученных данных были выделены следующие проявления травмы проксимального отдела голени: линия перелома с расхождением отломков, компрессия суставной поверхности и ее фрагментация, различные сочетания этих проявлений и сопутствующие им повреждения мягких тканей и наличие содержимого в полости коленного сустава.

Для описания КТ-семиотики использовали как качественные, так и количественные показатели (по рабочей классификации, принятой в отделе неотложной травматологии, согласующейся с лечебно-тактической классификацией *Schatzker* [10, 11] и *AO/ASIF*).

**Линейный перелом латерального мыщелка с расхождением отломков** (I тип по *Schatzker*) визуализировался у 5 пациентов в виде вертикально направленного дефекта кости, распространяющегося от суставной поверхности к дистальным отделам мыщелка, часто — с захватом метафиза большеберцовой кости (рис. 1).

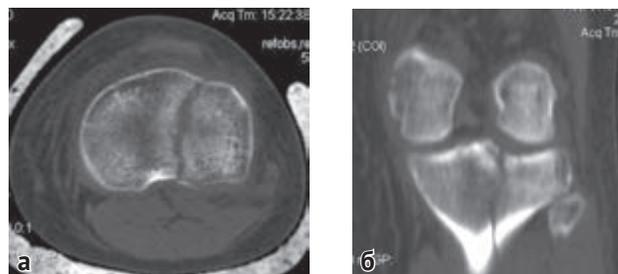


Рис. 1. Линейный перелом латерального мыщелка большеберцовой кости. КТ коленного сустава: а — аксиальный срез; б — реконструкция во фронтальной проекции

**Компрессия наружного отдела плато** большеберцовой кости (III тип по *Schatzker*) была выявлена у 9 пострадавших в виде краевого или центрально расположенного дефекта суставной поверхности с увеличением размера суставной щели в этой области и наличием ниже области дефекта осевшего фрагмента (рис. 2). Степень оседания суставной поверхности определялась по мультипланарным реформациям и составляла в среднем  $1,19 \pm 0,09$  см; ее площадь —  $5,30 \pm 0,31$  см<sup>2</sup>, или  $42,50 \pm 2,12\%$  от площади мыщелка. В 7 наблюдениях осевшая суставная поверхность (костно-хрящевая пластинка) была фрагментирована.



Рис. 2. Компрессия наружного отдела плато большеберцовой кости. КТ коленного сустава: а — аксиальный срез; б — реконструкция в сагиттальной проекции, показана разметка измерения глубины компрессии; в — реконструкция во фронтальной проекции

**Сочетание компрессии с расколом мыщелка** (II тип по *Schatzker*) было определено у 19 пациентов (рис. 3). Степень оседания суставной поверхности в этих наблюдениях была большей, чем при центральной компрессии без раскола и составляла в среднем  $1,96 \pm 0,2$  см; площадь осевшей суставной поверхности —  $7,30 \pm 0,96$  см<sup>2</sup>, или  $47,60 \pm 5,02\%$  от площади мыщелка.

Следует отметить, что плотность костной ткани в области осевшей суставной поверхности при всех видах компрессии была повышена ( $678,40 \pm 11,3$  едН).

**Перелом внутреннего мыщелка** большеберцовой кости, сопровождавшийся повреждением плато, а также переломом межмыщелкового возвышения, был отмечен в 3 наблюдениях — наиболее редко встретившийся IV тип по *Schatzker*. При этом в одном случае были отмечены признаки авульсивного перелома в месте прикрепления передней крестообразной связки, подтвердившегося в дальнейшем при магниторезонансном исследовании (рис. 4).

**Одновременный раскол и наружного, и внутреннего мыщелков** большеберцовой кости без потери связи метафизарной части с диафизом (V тип по *Schatzker*) был выявлен у 5 пострадавших (рис. 5). В одном случае двухмыщелковый перелом сочетался с наличием центрально-краевой компрессии латерального мыщелка (45% от его площади).

Наиболее тяжелый вариант повреждения проксимального отдела голени — **расколы обоих мыщелков, при котором полностью отсутствовала связь метафизарной части с диафизом** (VI тип по *Schatzker*) — был выявлен у 9 пациентов. Во всех случаях на аксиальных срезах и объемных реформациях определяли многооскольчатые переломы наружного и внутреннего мыщелков с распространением линии перелома на межмыщелковое возвышение и верхнюю треть диафиза с диастазом метафизарной части и диафиза до 7 мм (рис. 6). Следует отметить, что у 5 пострадавших с этим типом повреждения большеберцовой кости определяли многооскольчатый перелом малоберцо-

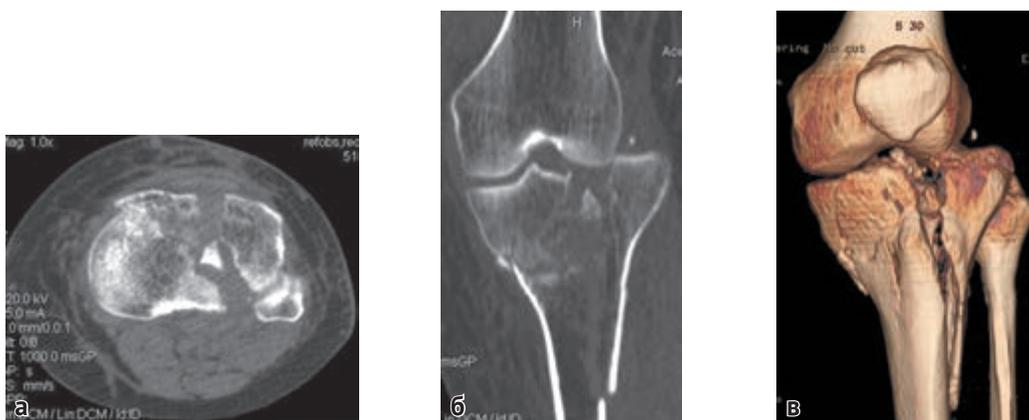


Рис. 3. Сочетание компрессии с расколом наружного мыщелка. КТ коленного сустава: а — аксиальный срез; б — реконструкция во фронтальной проекции; в — объемная 3D-реформация

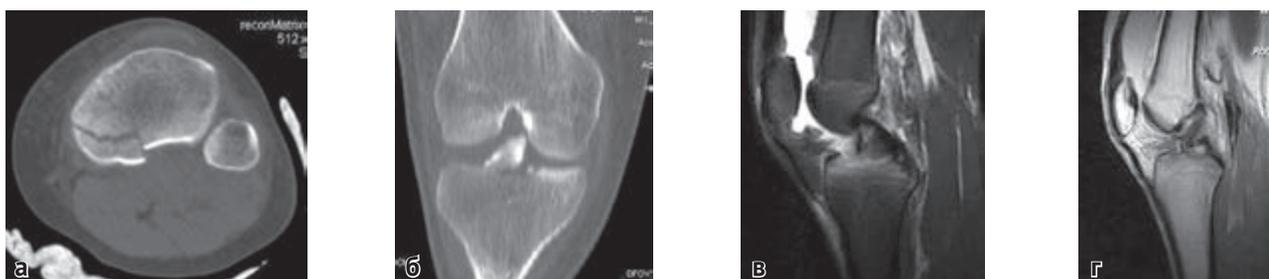


Рис. 4. Авульсивный перелом межмыщелкового возвышения в месте прикрепления передней крестообразной связки. КТ и МРТ коленного сустава: а — КТ-аксиальный срез; б — КТ-реконструкция во фронтальной проекции; в — МРТ-сагиттальная проекция STIR; г — сагиттальная проекция T1 ВИ

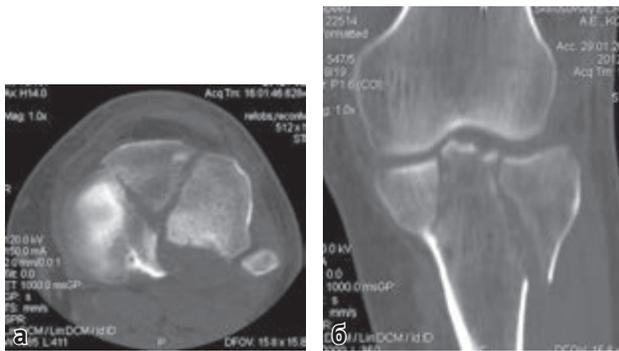


Рис. 5. Одновременный раскол наружного и внутреннего мыщелков большеберцовой кости без потери связи метафизарной части с диафизом. КТ коленного сустава: а — аксиальный срез; б — реконструкция во фронтальной проекции

вой кости и в 3 случаях — краевой перелом бедренной кости, что, очевидно, было связано с высокоэнергетическим характером травмы.

Всего одновременное повреждение нескольких костей коленного сустава было диагностировано у 19 пациентов. В 15 случаях переломы проксимального мыщелка большеберцовой кости сочетались с **переломами головки малоберцовой кости**, которые визуализировались в виде многофрагментарного дефекта кости со смещением отломков на  $5,9 \pm 2,8$  мм. У одной пострадавшей наряду с переломами большеберцовой и малоберцовой костей был диагностирован также перелом надколенника. У 9 пациентов с переломами проксимального отдела голени определяли **перелом мыщелка бедренной кости**, у 4 из них — краевой, в виде дефекта костной ткани линейной формы со смещением отломков на  $3 \pm 0,8$  мм.

Выявленные при СКТ особенности повреждений, систематизированные по классификации *Schatzker*, позволили определить тактику и технику лечения пациентов.

При линейном переломе мыщелка большеберцовой кости со смещением был проведен остеосинтез винтами. Выявление переломов ПМБК без разобщения отломков позволило вести пострадавших консервативным методом. Оскольчатые переломы ПМБК с разобщением отломков требовали наложения скелетного вытяжения и выполнения закрытой репозиции, а при неэффективности — остеосинтеза перелома пластиной и винтами. При выявлении перелома с компрессией суставной поверхности до 0,50 см проводили консервативное лечение. При переломах с компрессией суставной поверхности более 0,50 см выполняли открытую репозицию, остеосинтез мыщелка большеберцовой кости пластиной с костной аутопластикой или аллопластикой (рис. 7).

Для оценки состояния костной ткани после реконструктивных операций и исключения посттравматических осложнений у 20 пациентов были проведены КТ в отсроченном периоде (сроки от 6 до 26 мес). В 8 случаях, когда при реконструкции кости костнопластическим материалом служили спонгиозные или кортикально-спонгиозные недеминерализованные лиофилизированные аллотрансплантаты в виде блоков, при КТ было определено, что произошла биодеградация трансплантатов, но структура спонгиозной кости не восстановилась, а в 2 случаях образовались крупные кисты размерами до 22 мм (рис. 8).

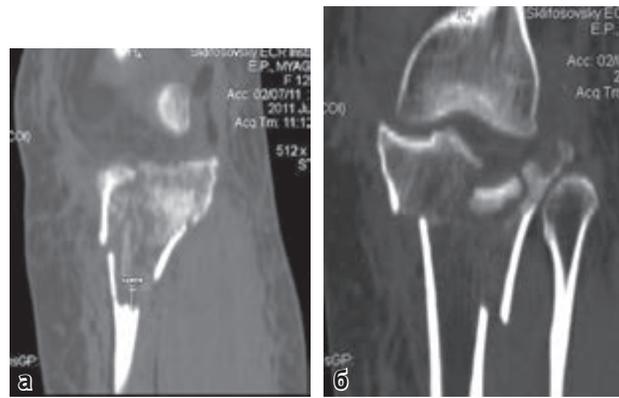


Рис. 6. Многооскольчатые переломы наружного и внутреннего мыщелков большеберцовой кости с диастазом метафизарной части и диафиза до 7 мм. КТ коленного сустава: а — реконструкция в сагиттальной проекции; б — реконструкция во фронтальной проекции; в — объемная 3D-реформация



Рис. 7. Алгоритм тактики лечения переломов проксимального метаэпифиза большеберцовой кости

У 12 пациентов с дефектами костной ткани, замещенными губкой из аллогенного коллагена типа 1 с костной крошкой, при КТ уже через 3 мес после операции визуализировались признаки восстановления структуры кости. При исследовании в сроки свыше 6 мес отмечалось, что структура замещенного дефекта во всех случаях была подобна собственной спонгиозной костной ткани, без выраженной кистозной перестройки, хотя и была неоднородной за счет проявлений регионарного остеопороза (рис. 9).

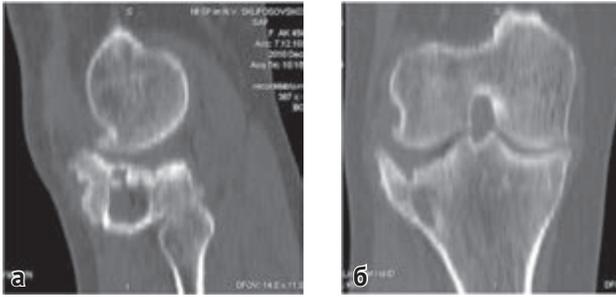


Рис. 8. Состояние после реконструкции кости (отсроченное исследование через 7 мес). Неоднородность структуры костной ткани за счет наличия крупных кист размером до 22 мм. КТ коленного сустава: *a* — реконструкция в сагиттальной проекции; *б* — реконструкция во фронтальной проекции



Рис. 9. Подобие структуры замещенного дефекта собственной спонгиозной костной ткани без признаков кистозной перестройки. Состояние после реконструкции кости (отсроченное исследование через 6,5 мес). КТ коленного сустава: *a* — аксиальный срез; *б* — реконструкция в сагиттальной проекции; *в* — реконструкция во фронтальной проекции

## ВЫВОДЫ

1. СКТ является быстрым и высокоинформативным методом диагностики внутрисуставных переломов проксимального отдела голени. Применение его в этих ситуациях целесообразно, поскольку точное определение вида перелома позволяет рационализировать тактику лечения, а в случае хирургического вмешательства — провести полноценное предоперационное планирование и выбрать адекватный для каждого перелома вид оперативного вмешательства.

2. При переломах проксимального отдела голени II и III типов (по *Schatzker*), с учетом определенной в работе семиотики, целесообразным является постро-

ение мультипланарных реформаций во фронтальной и сагиттальной плоскостях, что необходимо для определения степени компрессии суставной поверхности. При переломах IV–VI типа (по *Schatzker*) оптимальным является построение объемных реформаций для формирования пространственного представления о переломе и смещении костных отломков.

3. Исследование с помощью СКТ в динамике помогает оценить эффективность лечения, в том числе — с целью выявления оптимального варианта восстановления суставной поверхности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анкин Л.Н., Анкин Н.Л. Практическая травматология. Европейские стандарты диагностики и лечения. — М.: Книга-плюс, 2002. — С. 49–67.
2. Черемисин В.М., Ищенко Б.И. Неотложная лучевая диагностика механических повреждений: руководство для врачей. — СПб.: Гиппократ, 2003. — 448 с.
3. Greenspan A. Orthopedic Radiology: A Practical Approach. — Philadelphia: Williams & Wilkins, 2000. — 954 p.
4. Ишмухаметов А.И., Абакумов М.М., Шарифуллин Ф.А., Муфазалов Ф.Ф. Рентгеновская компьютерная томография при травме и острых заболеваниях. — Уфа: МДМ-АРК, 2001. — 286 с.
5. Райзер М., Баур-Мельник А., Глассер К. Лучевая диагностика. Костно-мышечная система: пер. с англ. — М.: МЕДпресс-информ, 2011. — 384 с.
6. Труфанов Г.Е., Вихтинская И.А., Пчелин И.Г. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений коленных суставов. — СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2011. — С. 240–381.
7. Желев И.Г., Шарифуллин Ф.А., Забавская О.А., Такиев А.Т. Роль компьютерной томографии в предоперационном планировании при переломах дистального метаэпифиза бедренной кости. // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. — 2005. — № 4. — С. 10–14.
8. Терновой С., Сеницын В. Современная лучевая диагностика в свете доказательной медицины // Врач. — 2000. — № 12. — С. 20–21.
9. Novelline R.A., Rhea J.T., Rao P.M., Stuk J.L. Helical CT in Emergency Radiology // Radiology. — 1999. — Vol. 213, N. 2. — P. 321–339.
10. Schatzker J. Fractures of the tibial plateau // Rationale of Operative Fracture Care / eds. J. Schatzker, M. Tile. — Berlin: SpringerVerlag, 1988. — 279 p.
11. Schatzker J., McBroom R. Tibial plateau fractures. The Toronto experience 1968–1975 // Clin. Orthop. Relat. Res. — 1979. — N. 138. — P. 94–104.

REFERENCES

1. Ankin L.N., Ankin N.L. *Practical trauma. European standards of diagnostics and treatment*. Moscow: Kniga-plyus Publ., 2002. 49–67. (In Russian).
2. Cheremisin V.M., Ishchenko B.I. *Emergency X-ray diagnostics of mechanical damage*. Saint Petersburg: Gippokrat Publ., 2003. 448p. (In Russian).
3. Greenspan A. *Orthopedic Radiology: A Practical Approach*. Philadelphia: Williams & Wilkins, 2000. 954 p.
4. Ishmukhametov A.I., Abakumov M.M., Sharifullin F.A., Mufazalov F.F. *X-ray computed tomography in trauma and acute diseases*. Ufa: MDM-ARK Publ., 2001. 286 p. (In Russian).
5. Reiser M., Baur-Melnyk A., Glaser C. *Musculoskeletal Imaging*. New York: Thieme, 2008. 333 p. [Rus. ed.: Rayzer M., Baur-Mel'nik A., Glasser K. *Luchevaya diagnostika. Kostno-myshechnaya sistema*. Moscow: MEDpress-inform Publ., 2011. 384 p.].
6. Trufanov G.E., Vikhtinskaya I.A., Pchelin I.G. Radiological diagnosis of diseases and injuries of the knee. Saint Petersburg: ELBI-SPb Publ., 2011. 240–381. (In Russian).
7. Zhelev I.G., Sharifullin FA., Zabavskaya O.A., Takiev A.T. Role of Computed Tomography in Preoperative Planning in Distal Metaepiphyseal Fractures of Femur. *Vestnik travmatologii i ortopedii im NN Priorova*. 2005;4:10–14. (In Russian).
8. Ternovoy S., Sinitsyn V. Modern radiation diagnosis using evidence-based medicine. *Vrach*. 2000;12: 20–21. (In Russian).
9. Novelline R.A., Rhea J.T., Rao P.M., Stuk J.L. Helical CT in Emergency Radiology. *Radiology*. 1999;213(2):321–339.
10. Schatzker J. Fractures of the tibial plateau. In: Schatzker J., Tile. M., eds. *Rationale of Operative Fracture Care*. Berlin: SpringerVerlag, 1988. 279p.
11. Schatzker J., McBroom R. Tibial plateau fractures. The Toronto experience 1968–1975. *Clin Orthop Relat Res*. 1979;138:94–104.

Received on 20.10.2015

Contacts:

**Olga Aleksandrovna Zabavskaya,**  
Senior Researcher of the Department of CT and MRI  
N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine  
of the Moscow Healthcare Department  
e-mail: zabavskaya\_olga@mail.ru

Поступила 20.10.2015

Контактная информация:

**Забавская Ольга Александровна,**  
к.м.н., старший научный сотрудник отделения КТ и МРТ  
НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы  
e-mail: zabavskaya\_olga@mail.ru