Динамика плотности корковой пластинки большеберцовой кости у больных с закрытым переломом костей голени на различных этапах лечения

Г.В. Дьячкова, Р.В. Степанов, К.А. Дьячков, Т.А. Ларионова, А.Н. Дьячков

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

Dynamics of tibial cortical bone density in patients with closed lower leg fractures at treatment stages

G.V. Diachkova, R.V. Stepanov, K.A. Diachkov, T.A. Larionova, A.N. Diachkov

Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation

Цель. Изучить методом компьютерной томографии динамику плотности корковой пластинки большеберцовой кости при лечении переломов костей голени методом чрескостного остеосинтеза. **Материал и методы.** Методом мультисрезовой компьютерной томографии изучена плотность корковой пластинки у 35 больных с закрытым переломом костей голени при фиксации аппаратом Илизарова на различных этапах лечения. **Результаты** исследования показали, что плотность корковой пластинки интактной большеберцовой кости у больных с переломом голени имела топографические отличия (в области метафиза меньше, чем в области диафиза, $p < 0,01$). Показатели общей плотности корковой пластинки отличались от показателей в срединной зоне, в наружном и внутреннем отделах. Плотность корковой пластинки у больных с переломом костей голени во время лечения уменьшалась как на интактной, так и на травмированной конечности, но колебания плотности не превышали 150–200 HU. **Заключение.** Метод мультисрезовой компьютерной томографии позволяет в динамике изучить плотность и степень перестройки корковой пластинки при лечении переломов для решения вопроса о продолжительности фиксации и реабилитационного периода.

Ключевые слова: большеберцовая кость, переломы, корковая пластинка, компьютерная томография

Purpose To study the dynamics of tibial cortical plate density during treatment of tibial fractures with transosseous osteosynthesis using computed tomography. **Material and methods** Multislice computed tomography was used to study the density of the cortical plate in 35 patients with closed tibial fractures managed with Ilizarov fixation at various stages of treatment. **The results** showed that the density of the cortical plate of the intact tibia in patients with tibial fractures had topographic differences. It was greater in the diaphysis region than in the metaphysis ($p < 0.01$). Total density values of the cortical plate differed from the indices in the middle zone, in the lateral and medial parts. The density of the cortical plate in patients with tibial fractures decreased both in the intact and in the injured limb during treatment, but fluctuations of density did not exceed 150–200 HU. **Conclusion** The method of multislice computed tomography enables a dynamic study of cortical plate density and degree of its restructuring during treatment of fractures to solve the issue of fixation and rehabilitation period duration.

Keywords: tibia, fracture, cortical plate, computed tomography

ВВЕДЕНИЕ

Переломы костей голени относятся к наиболее частым повреждениям конечностей, наблюдаются в 20–37,3 % случаев, в структуре переломов всех локализаций составляют до 60 % переломов трубчатых костей [1–5]. Из переломов обеих костей голени наиболее часто встречаются винтообразные переломы на границе средней и нижней трети. Лечение переломов дистального отдела костей голени до настоящего времени остается достаточно сложной задачей, что обусловлено как тяжестью самой травмы, так и возможными ошибками в диагностике и лечении, результатом которых становится длительный период нетрудоспособности, а в ряде случаев, инвалидизация пострадавших [2, 6–8]. Немаловажным аспектом в лечении переломов костей голени являются затраты на их лечение, которые, по данным американских авторов, составляют от 3400 до 5300 долларов США в зависимости от методики лечения, тогда как финансовые затраты для общества составляют от 12500 до 17300 USD [2, 9].

Основным методом диагностики переломов костей голени и контроля сращения перелома является полипозиционная рентгенография [10–13], однако при

переломах проксимального или дистального конца большеберцовой кости, а также для контроля сращения перелома большеберцовой кости при лечении методом чрескостного остеосинтеза рентгенографии недостаточно, в связи с чем применяются различные визуализационные методики – УЗИ, МРТ, МСКТ [11, 14–18].

Сращение перелома костей голени при различных способах фиксации может отличаться по типу преобладания костной мозоли (периостальная, эндостальная, интермедиарная), сроку ее ремоделирования и ассимиляции с корковой пластинкой, прочность которой является главным критерием при оценке степени сращения перелома. Наиболее объективным критерием оценки состояния корковой пластинки является ее плотность и трехзональное строение, определяемые методом компьютерной томографии [19–21].

Цель исследования: изучить методом МСКТ плотность корковой пластинки у больных с закрытым переломом костей голени на интактной и травмированной конечности при фиксации аппаратом Илизарова на различных этапах лечения.

Дьячкова Г.В., Степанов Р.В., Дьячков К.А., Ларионова Т.А., Дьячков А.Н. Динамика плотности корковой пластинки большеберцовой кости у больных с закрытым переломом костей голени на различных этапах лечения // Труды ортопедии. 2018. Т. 24. № 2. С. 147–152. DOI 10.18019/1028-4427-2018-24-2-147-152

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Методом компьютерной (КТ) и мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) было обследовано 35 больных в возрасте от 25 до 50 лет с закрытыми косыми и поперечными переломами костей голени в средней трети и на границе нижней трети. Мужчин было 25, женщин – 10. МСКТ-исследования проводили на томографах Siemens Somatom AP-HP, GE Light Speed VCT, Toshiba Scanner Aquilion 64, обрабатывали полученные данные на основной консоли КТ или с помощью MMC «LEONARDO». На аксиальных срезах измеряли общую и локальную плотность корковой пластинки интактной и травмированной большеберцовой кости на различ-

ных уровнях до лечения (рис. 1). Определяли общую и локальную плотность корковой пластинки через 28–30 дней фиксации, после демонтажа аппарата и в отдаленном периоде у всех больных (рис. 1).

Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации с поправками Минздрава РФ, одобрено этическим комитетом ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава Российской Федерации. Все больные подписали информированное согласие на публикацию данных без идентификации личности.

Рис. 1. МСКТ голени больного с закрытым переломом большеберцовой кости. Аксиальный срез. Измерение общей плотности корковой пластинки по передней и задней поверхностям большеберцовой кости (а) и локальной плотности слоя внутренних пластинок корковой пластинки по задней поверхности большеберцовой кости (б)

РЕЗУЛЬТАТЫ

У больных с закрытыми переломами диафиза костей голени выявлены отличия в плотности корковой пластинки метафиза и диафиза как на интактной конечности, так и на поврежденной. В переднем отделе метафиза плотность корковой пластинки на уровне буристости большеберцовой кости была меньше, чем по задней поверхности, и отличалась на $661,89 \pm 67,21$ HU ($p < 0,001$) (рис. 2).

Рис. 2. Диаграмма плотности корковой пластинки по передней и задней поверхностям в области метафиза интактной большеберцовой кости у больных с переломом костей голени

На рисунке 3 представлен аксиальный срез большеберцовой кости на уровне метафиза с измерением плотности корковой пластинки по передней и задней поверхностям.

В области диафиза отличия общей плотности корковой пластинки по передней и задней поверхностям были недостоверными.

Рис. 3. МСКТ голени больного с переломом большеберцовой кости. Аксиальный срез на уровне метафиза. Плотность корковой пластинки большеберцовой кости по передней поверхности – $710,0 \pm 67,1$ HU (точка 5), по задней – $1211,2 \pm 262,2$ HU (точка 4)

Имело место достоверное увеличение плотности корковой пластинки на протяжении кости от метафиза в дистальном направлении. У всех больных выявлено увеличение плотности корковой пластинки в дистальном направлении при измерении ее на MPR в сагитальной плоскости. Максимальные значения отмечены в средней трети диафиза – $1681,25 \pm 33,19$ HU (рис. 4).

Измерение локальной плотности остеонного слоя корковой пластинки большеберцовой кости на поврежденной и интактной конечностях показало досто-

верное отличие от плотности внутреннего и наружного слоя (рис. 5).

Рис. 4. Диаграмма плотности корковой пластинки метафизарного и диафизарного отделов интактной большеберцовой кости у больных с закрытым переломом костей голени (точки 1–4 – метафиз, 5 – на границе с диафизом, 6–9 – верхняя треть диафиза, 10–13 – средняя треть диафиза)

Рис. 5. Диаграмма локальной плотности корковой пластинки большеберцовой кости интактной конечности

В таблице 1 представлены количественные показатели плотности различных слоев корковой пластинки большеберцовой кости интактной конечности.

Таблица 1

Плотность слоёв корковой пластинки диафиза большеберцовой кости интактной конечности у больных с переломом голени (HU)

Область измерения	M ± σ
Слой наружных пластинок	1378,84 ± 186,97
Остеонный слой	1724,54 ± 117,38
Слой внутренних пластинок	1288,43 ± 151,51

¹ – p < 0,05 отличие плотности остеонного слоя от слоя внутренних и наружных костных пластинок.

Кроме того, имело место достоверное отличие плотности остеонного слоя по передней и задней поверхностям корковой пластинки на уровне диафиза (p < 0,05) (рис. 6).

Рис. 6. Диаграмма плотности остеонного слоя корковой пластинки диафиза большеберцовой кости по передней и задней поверхностям интактной конечности

Отличались по плотности внутренний и наружный слой передней и задней поверхностей, однако эти отличия были недостоверными.

После окончания фиксации у больных с переломом голени плотность корковой пластинки поврежденной конечности отличалась от интактной, что особенно наглядно прослеживалось на примере плотности остеонного слоя. Однако даже на расстоянии 1,5 см от перелома плотность остеонного слоя корковой пластинки не была ниже – 1534,59 ± 40,91 HU (рис. 7).

Рис. 7. Диаграмма плотности остеонного слоя корковой пластинки в верхней трети диафиза на интактной и поврежденной конечностях после окончания фиксации перелома костей голени в средней трети (78,5 ± 9,5 дней)

Общая плотность корковой пластинки на поврежденной конечности в этот период была ниже, чем на интактной – 1421,74 ± 78,4 HU, через 9 месяцев увеличилась до 1617,15 ± 174,16 HU. В зоне перелома плотность корковой пластинки составляла 1436,76 ± 24,49 HU (рис. 8).

Рис. 8. Диаграмма общей плотности корковой пластинки в зоне перелома через 9 месяцев после лечения

Изучение плотности корковой пластинки большеберцовой кости в различные периоды наблюдения показало, что после демонтажа аппарата она была снижена, но в отдаленном периоде (через 1 год после лечения) плотность соответствовала нормальным показателям (рис. 9).

Рис. 9. Динамика общей плотности корковой пластинки большеберцовой кости в различные периоды наблюдения

ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали наши исследования, показатели плотности корковой пластинки при измерении участка, распространяющегося на всю толщину, отличались от показателей в срединной зоне (остеонный слой), в наружных ее отделах (слой наружных костных пластинок), во внутреннем отделе (система внутренних общих пластинок). Полученные нами данные коррелируют с результатами N. Kanatani с соавт. (2006), которые при анализе поперечного среза кости мышей методом pQCT выявили, что средний слой корковой пластинки содержит минеральных веществ в два раза больше, чем наружный и внутренний (600 и 300 mg/cm³), что подтверждает более высокие показатели плотности остеонного слоя при определении данного параметра методом МСКТ в единицах Хаунсфилда, найденные нами при обследовании больных с различной патологией длинных костей [22].

Выявлены также отличия общей плотности корковой пластинки в метафизарном и диафизарном отделах большеберцовой кости. Измерение плотности в одной точке или на небольшом участке корковой пластинки может привести к ошибочному заключению (как в сторону увеличения плотности, так и уменьшения ее) и последующим необоснованным рекомендациям по срокам демонтажа аппарата и функциональной нагрузке. На основании этого мы пришли к выводу, что необходимо

проводить как общее, так и локальное измерение плотности, чтобы иметь полное представление о качестве корковой пластинки [21]. Плотность корковой пластинки у больных с переломом костей голени во время лечения уменьшалась как на интактной, так и на травмированной конечности, но колебания плотности не превышали 150–200 HU. В области, прилежащей к перелому, плотность корковой пластинки также уменьшалась не более чем на 138,7 ± 56,4 HU. В отдаленном периоде лечения плотность корковой пластинки имела нормальные для диафизарного отдела большеберцовой кости значения.

Наши данные о плотности корковой пластинки в различные периоды лечения у больных с переломом большеберцовой кости отличаются от полученных ранее В.И. Шевцовым с соавт. (2008) [14]. Это связано с методикой измерения плотности корковой пластинки. В указанной работе плотность измеряли на небольшом участке корковой пластинки в центральной ее части, что соответствовало плотности, в основном, остеонного слоя. В связи с чем показатели плотности корковой пластинки были несколько больше, чем при методике измерения, использованной в данном исследовании. Плотность, прежде всего, измеряли по всей толщине корковой пластинки, затем определяли плотность остеонного слоя, слоя внутренних и наружных пластинок. Это позволило получить более объективные показатели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Плотность корковой пластинки интактной большеберцовой кости у больных с переломом голени имела топографические отличия (в области метафиза меньше, чем в области диафиза, $p < 0,01$).

2. Показатели плотности корковой пластинки при измерении участка, распространяющегося на всю толщину, отличались от показателей в срединной зоне (остеонный слой), в наружных ее отделах (слой наружных костных пластинок), во внутреннем отделе (система внутренних общих пластинок).

3. Плотность корковой пластинки у больных с переломом костей голени во время лечения уменьшалась как на

интактной, так и на травмированной конечности, но колебания плотности не превышали 150–200 HU. В области, прилежащей к перелому, плотность корковой пластинки также уменьшалась не более чем на 138,7 ± 56,4 HU.

4. В отдаленном периоде лечения плотность корковой пластинки имела нормальные для диафизарного отдела большеберцовой кости значения.

Полученные данные позволяют получить критерии для оценки степени сращения перелома, разработать рекомендации по длительности лечения, срокам демонтажа аппарата и функциональной нагрузке в процессе реабилитации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева Т.М., Огрызко Е.В., Редько И.А. Травматизм в Российской Федерации в начале нового тысячелетия // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2007. № 2. С. 59–63.
2. Bonafede M., Espindle D., Bower A.G. The direct and indirect costs of long bone fractures in a working age US population // J. Med. Econ. 2013. Vol. 16, N 1. P. 169–178. DOI: 10.3111/13696998.2012.737391.
3. Incidence and epidemiology of tibial shaft fractures / P. Larsen, R. Elsoe, S.H. Hansen, T. Graven-Nielsen, U. Laessoe, S. Rasmussen // Injury. 2015. Vol. 46, N 4. P. 746–750. DOI: 10.1016/j.injury.2014.12.027.
4. Epidemiology of adult tibial shaft fractures: a 7-year study in a major referral orthopedic center in Iran / F. Madadi, M. Vahid Farahmandi, A. Eajazi, L. Daftari Besheli, F. Madadi, M. Nasri Lari // Med. Sci. Monit. 2010. Vol. 16, N 5. P. CR217–CR221.
5. Wiegand N. Clinical and experimental assessment of the current treatment of tibial shaft fractures // Orv. Hetil. 2010. Vol. 151, N 15. P. 627–635. DOI: 10.1556/Orv.2010.28835.
6. Верховод А.Ю. Оценка отдаленных результатов лечения оскольчатых диафизарных переломов костей голени группы «С» // Аспирантский вестник Поволжья. 2012. № 1–2. С. 178–181.
7. Переломы костей голени на уровне дистального эпиметафиза (переломы pilon'a) и их последствия, диагностика и лечение / Н.А. Корж, К.К. Романенко, Л.Д. Горидова, Д.В. Прозоровский // Травма. 2011. Т. 12, № 2. С. 6–10.
8. Outcome at 12 to 22 years of 1502 tibial shaft fractures / C.L. Connelly, V. Bucknall, P.J. Jenkins, C.M. Court-Brown, M.M. McQueen, L.C. Biant // Bone Joint J. 2014. Vol. 96-B, N 10. P. 1370–1377. DOI: 10.1302/0301-620X.96B10.32914.
9. An economic analysis of management strategies for closed and open grade I tibial shaft fractures / J.W. Busse, M. Bhandari, S. Sprague, A.P. Johnson-Masotti, A. Gafni // Acta Orthop. 2005. Vol. 76, N 5. P. 705–712. DOI: 10.1080/17453670510041808.
10. Васильев А.Ю., Блинов Н.Н., Егорова Е.А. Конусно-лучевая компьютерная томография – новая технология исследования в травматологии // Мед. визуализация. 2012. № 4. С. 65–69.
11. Васильев А.Ю., Ольхова Е.Б. Лучевая диагностика : учебник для педиатр. вузов и фак. 2-е изд. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. 679 с.
12. Илясова Е.Б., Чехонацкая М.Л., Приезжева В.Н. Лучевая диагностика : учеб. пособие. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. 280 с.
13. Лучевая диагностика повреждений и заболеваний костей и суставов : учеб. пособие для студентов мед. вузов / А.Л. Юдин, Н.И. Афанасов.

- сьева, М.Ф. Проскурина, Г.Ф. Сологубова, Ю.А. Абович, И.А. Знаменский, А.Л. Кулагин, Н.С. Семеновых, Г.О. Федорова, Е.А. Юматова. М.: ГОУ ВПО РГМУ Росздрава, 2010. 60 с.
14. Качественная и количественная оценка репаративного костеобразования при лечении больных с переломами костей голени методом чрескостного остеосинтеза / В.И. Шевцов, Г.В. Дьячкова, Р.В. Степанов, Л.В. Суходолова, М.А. Корабельников // Мед. визуализация. 2008. № 1. С. 96-101.
 15. Ключкин И.В., Пасынков Д.В., Замалутдинова Л.Р. Ультразвуковые критерии диагностики переломов костей предплечья // Актуальные вопросы лучевой диагностики в травматологии, ортопедии и смежных дисциплинах: материалы докл. науч.-практ. конф. Курган, 2003. С. 58-59.
 16. Лучевая диагностика. В 2 т. Т. 1: учебник для вузов / под ред. Г.Е. Труфанова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 416 с.
 17. Сравнительный анализ возможностей лучевых методов исследования в диагностике и характеристике повреждений костных структур коленного сустава у пострадавших с импрессионно-раскалывающими переломами мыщелков большеберцовой кости / Н.С. Фёдорова, И.Г. Пчелин, В.А. Фокин, Г.Е. Труфанов // Воен.-мед. журнал. 2013. Т. 334, № 4. С. 21-26.
 18. Mid to distal third tibial shaft fractures caused by gunshots: Characterization and incidence of distal intra-articular extension / C. Lieder, M. Hellman, B. Naughton, J. Szatkowski // Injury. 2016. Vol. 47, N 10. P. 2347-2351. DOI:10.1016/j.injury.2016.06.023.
 19. Двухэнергетическая компьютерная томография в контроле репаративной регенерации переломов трубчатых костей голени / Ю.Т. Игнатъев, С.А. Никитенко, К.Ю. Рожков, Л.Б. Резник, Н.Л. Крупко, Е.В. Пеньков // Лучевая диагностика и терапия. 2016. № 1. С. 64-68. DOI:10.22328/2079-5343-2016-1-64-68
 20. Дьячков К.А., Дьячкова Г.В., Александров Ю.М. Рентгеноморфологические особенности и плотность корковой пластинки большеберцовой кости на различных этапах удлинения // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2012. № 4. С. 58-61.
 21. Способ определения локальной плотности корковой пластинки длинных костей: пат. 2539424 Рос. Федерация, МПК А 61 В 6/03. / Дьячков К.А., Дьячкова Г.В., Кутиков С.А. № 2013136840/14; заявл. 06.08.2013; опубл. 20.01.2015, Бюл. № 2. 12 с.
 22. Cbf beta regulates Runx2 function isoform-dependently in postnatal bone development / N. Kanatani, T. Fujita, R. Fukuyama, W. Liu, C.A. Yoshida, T. Moriishi, S. Toyosawa, T. Komori // Dev. Biol. 2006. Vol. 296, N 1. P. 48-61. DOI: 10.1016/j.ydbio.2006.03.039.

REFERENCES

1. Andreeva T.M., Ogryzko E.V., Red'ko I.A. Travmatizm v Rossiiskoi Federatsii v nachale novogo tysyacheletii [Traumatism in the Russian Federation at the beginning of the new millenium]. *Vestn. Travmatologii i Ortopedii im. N.N. Priorova*, 2007, no. 2, pp. 59-63. (In Russ.)
2. Bonafede M., Espindle D., Bower A.G. The direct and indirect costs of long bone fractures in a working age US population. *J. Med. Econ.*, 2013, vol. 16, no. 1, pp. 169-178. DOI:10.3111/13696998.2012.737391.
3. Larsen P., Elsoe R., Hansen S.H., Graven-Nielsen T., Laessoe U., Rasmussen S. Incidence and epidemiology of tibial shaft fractures. *Injury*, 2015, vol. 46, no. 4, pp. 746-750. DOI: 10.1016/j.injury.2014.12.027.
4. Madadi F., Vahid Farahmandi M., Eajazi A., Daftari Besheli L., Madadi F., Nasri Lari M. Epidemiology of adult tibial shaft fractures: a 7-year study in a major referral orthopedic center in Iran. *Med. Sci. Monit.*, 2010, vol. 16, no. 5, pp. CR217-CR221.
5. Wiegand N. Clinical and experimental assessment of the current treatment of tibial shaft fractures. *Orv. Hetil.*, 2010, vol. 151, no. 15, pp. 627-635. DOI:10.1556/OH.2010.28835.
6. Verkhovod A.Iu. Otsenka otdalennykh rezul'tatov lecheniia oskol'chatykh diafizarnykh perelomov kostei goleni gruppy «S» [Evaluation of long-term results of treatment of Group S comminuted shaft leg bone fractures]. *Aspirantskii vestnik Povolzh'ia*, 2012, no. 1-2, pp. 178-181. (In Russ.)
7. Korzh N.A., Romanenko K.K., Goridova L.D., Prozorovskii D.V. Perelomy kostei goleni na urovne distal'nogo epimetafiza (perelomy pilon'a) i ikh posledstviia, diagnostika i lechenie [Fractures of leg bones at the level of distal epimetaphysis (pilon fractures) and their consequences, diagnosis and treatment]. *Travma*, 2011, vol. 12, no. 2, pp. 6-10. (In Russ.)
8. Connelly C.L., Bucknall V., Jenkins P.J., Court-Brown C.M., McQueen M.M., Biant L.C. Outcome at 12 to 22 years of 1502 tibial shaft fractures. *Bone Joint J.*, 2014, vol. 96-B, no. 10, pp. 1370-1377. DOI: 10.1302/0301-620X.96B10.32914.
9. Busse J.W., Bhandari M., Sprague S., Johnson-Masotti A.P., Gafni A. An economic analysis of management strategies for closed and open grade I tibial shaft fractures. *Acta Orthop.*, 2005, vol. 76, no. 5, pp. 705-712. DOI: 10.1080/17453670510041808.
10. Vasil'ev A.Iu., Blinov N.N., Egorova E.A. Konusno-luchevaia komp'iuternaia tomografiia – novaia tekhnologiia issledovaniia v travmatologii [Cone beam computed tomography – new research technology in traumatology]. *Med. Vizualizatsiia*, 2012, no. 4, pp. 65-69. (In Russ.)
11. Vasil'ev A.Iu., Ol'khova E.B. *Luchevaia diagnostika: uchebnik dlia studentov pediatrii vuzov i fakul'tetov. 2-e izd.* [Radiodiagnosis: manual for students of pediatric universities and faculties. 2nd ed.]. M., GEOTAR-Media, 2009, 679 p. (In Russ.)
12. Iliasova E.B., Chekhonatskaia M.L., Priezzheva V.N. *Luchevaia diagnostika: ucheb. posobie* [Radiodiagnosis: textbook]. M., GEOTAR-Media, 2009, 280 p. (In Russ.)
13. Iudin A.L., Afanas'eva N.I., Proskurina M.F., Sologubova G.F., Abovich Iu.A., Znamenskii I.A., Kulagin A.L., Semenovych N.S., Fedorova G.O., Iumatova E.A. *Luchevaia diagnostika povrezhdenii i zabolevanii kostei i sustavov: ucheb. posobie dlia studentov med. vuzov* [Radiodiagnosis for injuries and diseases of bones and joints: manual for students of medical universities]. M., GOU VPO RGMU Rosздрава, 2010, 60 p. (In Russ.)
14. Shevtsov V.I., D'iachkova G.V., Stepanov R.V., Sukhodolova L.V., Korabel'nikov M.A. Kachestvennaia i kolichestvennaia otsenka reпаративного костеобразования pri lechenii bol'nykh s perelomami kostei goleni metodom chreskostnogo osteosinteza [Qualitative and quantitative evaluation of reparative osteogenesis in treatment of patients with leg bone fractures by transosseous osteosynthesis method]. *Med. Vizualizatsiia*, 2008, no. 1, pp. 96-101. (In Russ.)
15. Klushkin I.V., Pasyнков D.V., Zamalutdinova L.R. Ul'trazvukovye kriterii diagnostiki perelomov kostei predplech'ia [Ultrasound criteria of diagnosing forearm bone fractures]. *Aktual'nye voprosy luchevoi diagnostiki v travmatologii, ortopedii i smezhnykh distsiplinakh: materialy dokl. nauch.-prakt. konf.* [Current problems of radiodiagnosis in traumatology, orthopaedics and related specialties: materials of scientific-practical conference]. Kurgan, 2003, pp. 58-59. (In Russ.)
16. Trufanov E.G., ed. *Luchevaia diagnostika: uchebnik dlia vuzov. V 2 t. Tom 1* [Radiodiagnosis: guide for universities. In 2 vol. Vol. 1]. M., GEOTAR-Media, 2009, 416 p. (In Russ.)
17. Fedorova N.S., Pchelin I.G., Fokin V.A., Trufanov G.E. Sravnitel'nyi analiz vozmozhnostei luchevykh metodov issledovaniia v diagnostike i kharakteristike povrezhdenii kostnykh struktur kolennogo sustava u posttravmaticheskikh s impressionno-raskal'vayushchimi perelomami myshchelkov bol'shebertsovoi kosti [Comparative analysis of radiation research method scopes in diagnosis and characteristic of the knee bone structure injuries of injured persons with impression-splitting fractures of tibial condyles]. *Voен.-мед. Zhurnal*, 2013, vol. 334, no. 4, pp. 21-26. (In Russ.)
18. Lieder C., Hellman M., Haughton B., Szatkowski J. Mid to distal third tibial shaft fractures caused by gunshots: Characterization and incidence of distal intra-articular extension. *Injury*, 2016, vol. 47, no. 10, pp. 2347-2351. DOI:10.1016/j.injury.2016.06.023.
19. Ignat'ev Iu.T., Nikitenko S.A., Rozhkov K.Iu., Reznik L.B., Krupko N.L., Pen'kov E.V. Dvukhenergeticheskaiia komp'iuternaia tomografiia v kontrole reпаративnoi regeneratsii perelomov trubchatykh kostei goleni [Dual-energy computed tomography in controlling reparative regeneration of leg tubular bone fractures]. *Luchevaia Diagnostika i Terapiia*, 2016, no. 1, pp. 64-68. DOI:10.22328/2079-5343-2016-1-64-68. (In Russ.)
20. D'iachkov K.A., D'iachkova G.V., Aleksandrov Iu.M. Rentgenomorfologicheskie osobennosti i plotnost' korkovoi plastinki bol'shebertsovoi kosti na razlichnykh etapakh udlineniia [Roentgen-morphologic characteristics and density of tibial cortical plate at different stages of lengthening]. *Vestn. Travmatologii i Ortopedii im. N. N. Priorova*, 2012, no. 4, pp. 58-61. (In Russ.)

21. D'iachkov K.A., D'iachkova G.V., Kutikov S.A. *Sposob opredeleniia lokal'noi plotnosti korkovoi plastinki dlinnykh kostei* [The way to determine the local density of long bone cortical plate]. Patent RF, no. 2539424, 2015. (In Russ.)
22. Kanatani N., Fujita T., Fukuyama R., Liu W., Yoshida C.A., Moriishi T., Toyosawa S., Komori T. Cbf beta regulates Runx2 function isoform-dependently in postnatal bone development. *Dev. Biol.*, 2006, vol. 296, no. 1, pp. 48-61. DOI: 10.1016/j.ydbio.2006.03.039.

Рукопись поступила 05.05.2017

Сведения об авторах:

1. Дьячкова Галина Викторовна, д. м. н., профессор, ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: dgv 2003@list.ru
2. Дьячков Константин Александрович, д. м. н., ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: dka doc@mail.ru
3. Степанов Роман Викторович, к. м. н., ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: stepanovrv@list.ru
4. Ларионова Татьяна Адиславовна, к. м. н., ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: lar_rad@mail.ru
5. Дьячков Александр Николаевич, д. м. н., профессор, ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

Information about the authors:

1. Galina V. Diachkova, M.D., Ph.D., Professor, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation, Email: dgv 2003@list.ru
2. Konstantin A. Diachkov, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation, Email: dka doc@mail.ru
3. Roman V. Stepanov, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation, Email: stepanovrv@list.ru
4. Tat'iana A. Larionova, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation, Email: lar_rad@mail.ru
5. Alexander N. Diachkov, M.D., Ph.D., Professor, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation