

## Новые возможности изучения дистракционного регенерата по данным рентгенографии

Г.В. Дьячкова, О.В. Климов, А.М. Аранович, К.А. Дьячков

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

## New possibilities of studying a regenerated bone by radiography data

G.V. D'iachkova, O.V. Klimov, A.M. Aranovich, K.A. D'iachkov

Federal State Budgetary Institution «Russian Ilizarov Scientific Center “Restorative Traumatology and Orthopaedics”» (FSBI RISC RTO) of the RF Ministry of Health, Kurgan

**Цель.** Достижение оптимальной наглядности визуализационной картины и получения объективных количественных данных о плотности и структуре вновь образованной кости. **Материалы и методы.** У 19 больных ахондроплазией и пациентов с субъективно низким ростом произведена цифровая обработка на персональном компьютере рентгеновских изображений голени на различных этапах удлинения. Использование цветового контрастирования играло роль дополнительного информационного признака, позволяющего объективизировать процесс интерпретации изображения благодаря тому, что человеческий глаз различает больше цветов, чем оттенков какого-либо одного цвета, что имеет место на рентгенограмме. **Результаты.** В процессе дистракции и фиксации на рентгенограммах четко визуализировалось зональное строение регенерата, можно было определить высоту костных отделов, высоту зоны просветления (соединительнотканной прослойки), оценить их качественные показатели. В конце периода фиксации и после демонтажа аппарата, когда границы между его зонами стирались, определить отличия в состоянии дистального и проксимального регенератов, а также их отделов, особенно в прямой проекции, практически невозможно. После обработки рентгенограмм с использованием программного обеспечения «Hi – scene» выявлены различия в оптической плотности проксимального, центрального и дистального отделов регенерата. **Заключение.** Применение данной методики позволило выявить отличия в строении различных отделов регенерата и после демонтажа аппарата, когда на рентгенограмме эти отличия визуализировать не всегда возможно. **Ключевые слова:** рентгенография, цифровая обработка данных, цветовое контрастирование.

**Purpose.** To achieve the optimal clarity of visualization and obtaining quantitative data of the density and structure of the newly formed bone. **Materials and methods.** Digital processing of the leg X-rays at different stages of lengthening was made in 19 patients with achondroplasia and subjectively low height using a personal computer. The use of color contrasting served as an additional information attribute allowing to objectify the process of image interpretation owing to the fact that the human eye can distinguish more colors than the tones of any one and the same color displayed on the X-ray. **Results.** The zoned structure of the regenerated bone was clearly visualized on the X-rays during distraction and fixation, the height of the bone parts could be determined, as well as the height of radiolucency zone (a connective-tissue interlayer), and their qualitative parameters could be evaluated. It is practically impossible to identify the differences in the status of the distal and proximal regenerated bones, as well as their parts especially in the front X-ray view at the end of fixation period and after the fixator removal when the borders between its zones disappeared. After the X-ray processing using «Hi-scene» software the differences in the optical density of the proximal, central, and distal parts of the regenerated bone were revealed. **Conclusion.** The use of this technique allowed identifying the differences in the structure of different regenerated bone parts and those after the fixator dismounting when it was not always possible to visualize such differences by X-rays.

**Keywords:** radiography, digital data processing, color contrasting.

### ВВЕДЕНИЕ

Рентгенография остается наиболее доступным, экономически целесообразным методом исследования в травматологии-ортопедии, учитывая ее наглядность, возможности визуализации в широком диапазоне оттенков серого цвета практически всех костных образований человека [2, 6, 13, 14, 15]. Тем не менее, зависимость плотности и качества полученного изображения от целого ряда субъективных и объективных факторов значительно затрудняет количественную обработку полученных данных. Особенно это касается новообразованной кости при удлинении конечностей, поскольку связано с профилактикой осложнений после демонтажа аппарата (деформации, переломы)

[3, 10, 12]. В связи с этим использование методов цифровой обработки изображений способствует анализу рентгенограмм на качественно новом уровне, позволяя получать принципиально новые данные [1, 4, 5, 7, 8, 9, 16, 17, 18]. К таким способам относится разработанное специализированное программное обеспечение «Hi - scene», предназначенное для чтения и компьютерной обработки цифровых результатов рентгенологического исследования [11].

Цель исследования. Достижение оптимальной наглядности визуализационной картины и получения объективных количественных данных о плотности и структуре вновь образованной кости.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведена цифровая обработка на персональном компьютере рентгеновских изображений голени на различных этапах удлинения у 19 больных ахондроплазией (10), пациентов с субъективно низким ростом

(6), посттравматическим укорочением конечности (3). Возраст больных ахондроплазией колебался от 7 до 16 лет, больные с субъективно низким ростом были в возрасте от 21 года до 38 лет, с посттравматическим укорочением

рочением – в возрасте от 15 до 22 лет. В задачи работы не входил сравнительный анализ данных в возрастном и этиологическом аспекте.

В работе использовано специализированное программное обеспечение «Ni – scene», предназначенное для чтения и компьютерной обработки цифровых результатов рентгенологического исследования.

Для анализа изображения было использовано 2 метода обработки изображения: цветовое контрастирование в сочетании с гистограммой распределения оптической плотности рентгеновского изображения. Для получения количественных данных об изображении или его выделенных фрагментах были использованы методы математической статистики, содержащие простые и информативные показатели, такие как мода, медиана, среднее значение параметра, дисперсия, коэффициент вариации и т.д. с возможностью сохранения всех значений гистограммы яркости изображения, которые могут использоваться для вычисления других показателей.

Измерение оптической плотности проводилось в условных единицах ( $OD_i$ ) по формуле  $OD_i = \lg(I_i/I_0)$ : где  $I_i$  – интенсивность  $i$ -го элемента изображения,  $I_0$  – средняя

интенсивность фона. Для анализа структурного состава дистракционного костного регенерата на рентгенологическом изображении последнего рассчитывали относительную площадь участков изображения с различной степенью яркости, которая косвенно отражала степень его минерализации. Эти данные были получены как со всего изображения, так и отдельной его выделенной части (рис. 1).

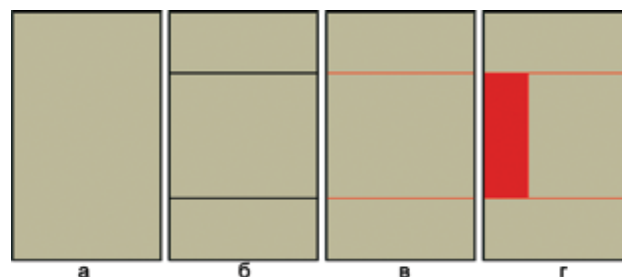


Рис. 1. Схемы выделения площади различных участков регенерата для цветового контрастирования: а – весь регенерат; б – проксимальная, центральная и дистальная части изображения регенерата во фронтальной плоскости; в – проксимальная, центральная и дистальная части изображения регенерата в сагиттальной плоскости; г – участок центральной зоны регенерата, расположенный по передней поверхности (сагиттальная плоскость)

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Рентгенография удлиняемого сегмента производилась всем больным в оговоренные алгоритмом сроки в зависимости от этиологии укорочения. В процессе дистракции и фиксации на рентгенограмме четко визуализировалось зональное строение регенерата, можно было определить высоту костных отделов, высоту зоны просветления (соединительнотканной прослойки), оценить их качественные показатели. В конце периода фикса-

ции и после демонтажа аппарата, когда границы между его зонами стирались, определить отличия в состоянии дистального и проксимального регенератов, а также их отделов, особенно в прямой проекции, практически невозможно. После обработки рентгенограммы с использованием программного обеспечения «Ni – scene» выявлены различия в оптической плотности проксимального, центрального и дистального отделов регенерата (рис. 2).

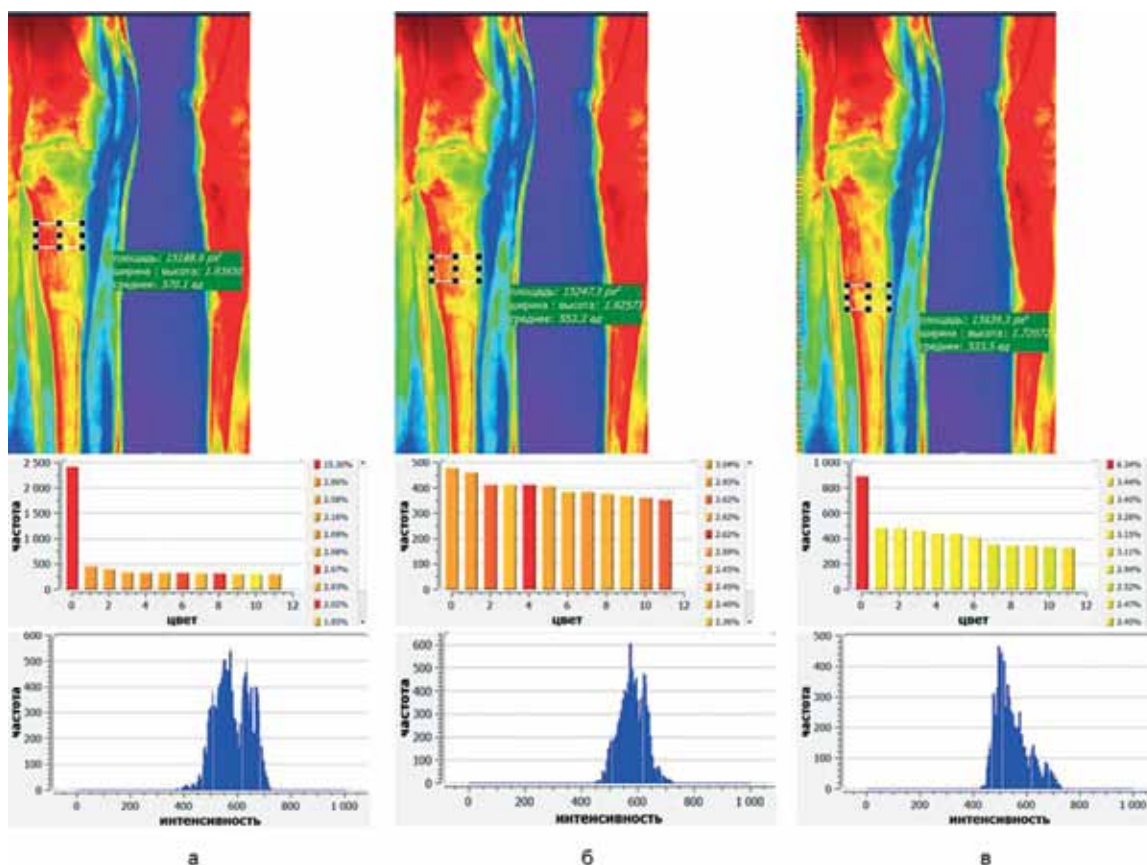


Рис. 2. Обработка рентгенограммы голени в прямой проекции больной К., 28 лет, субъективно низкий рост, после снятия аппарата в программе «Ni – scene». Проксимальная треть регенерата (а); центральная часть регенерата (б); дистальная треть регенерата (в)

Формирование дистракционного регенерата у некоторых больных сопровождалось образованием по передней поверхности регенерата зоны пониженной плотности, которая через два месяца после демонтажа аппарата имела меньшую оптическую плотность по сравнению с другими отделами регенерата, но площадь ее сокращалась по сравнению с предыдущим сроком наблюдения. Через два года после окончания лечения зона удлинения имела рав-

номерную плотность на всем протяжении (рис. 3).

Для более наглядной визуализации различий плотности кости в зоне регенерата на рентгенограмме применили программу «Hi – scene», благодаря которой хорошо видны отличия в гистограммах и цветовом контрастировании зоны регенерата, находящейся по передней поверхности его на рентгенограмме в боковой проекции (рис. 4).

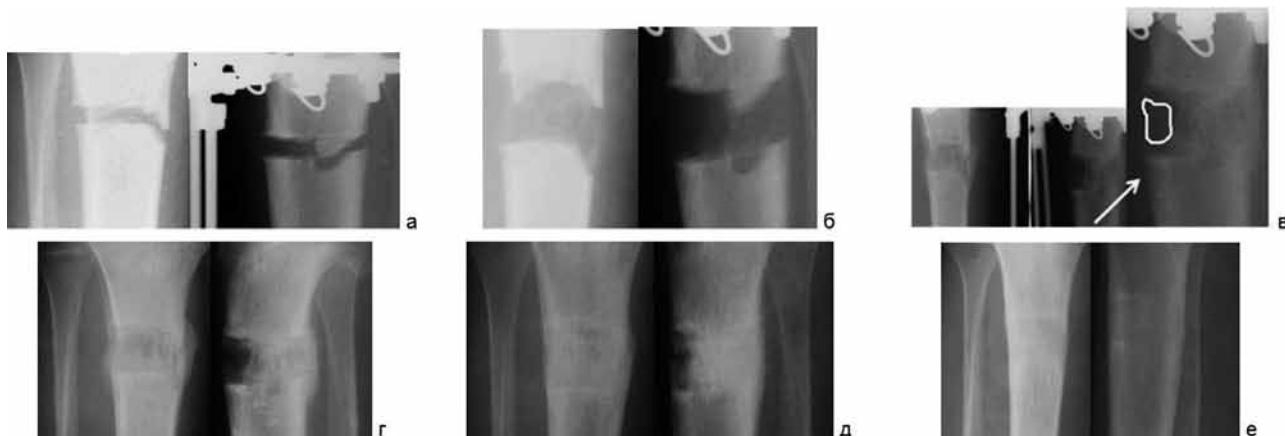


Рис. 3. Фрагменты рентгенограмм голени пациента С., 15 лет, на разных этапах устранения посттравматического укорочения конечности. Дистракционный регенерат в области проксимального метафиза большеберцовой кости: а – 14 дней дистракции, б – 23 дня дистракции, в – 1 месяц фиксации, г – после снятия аппарата, д – через 2 месяца после снятия аппарата, е – через 2 года после снятия аппарата

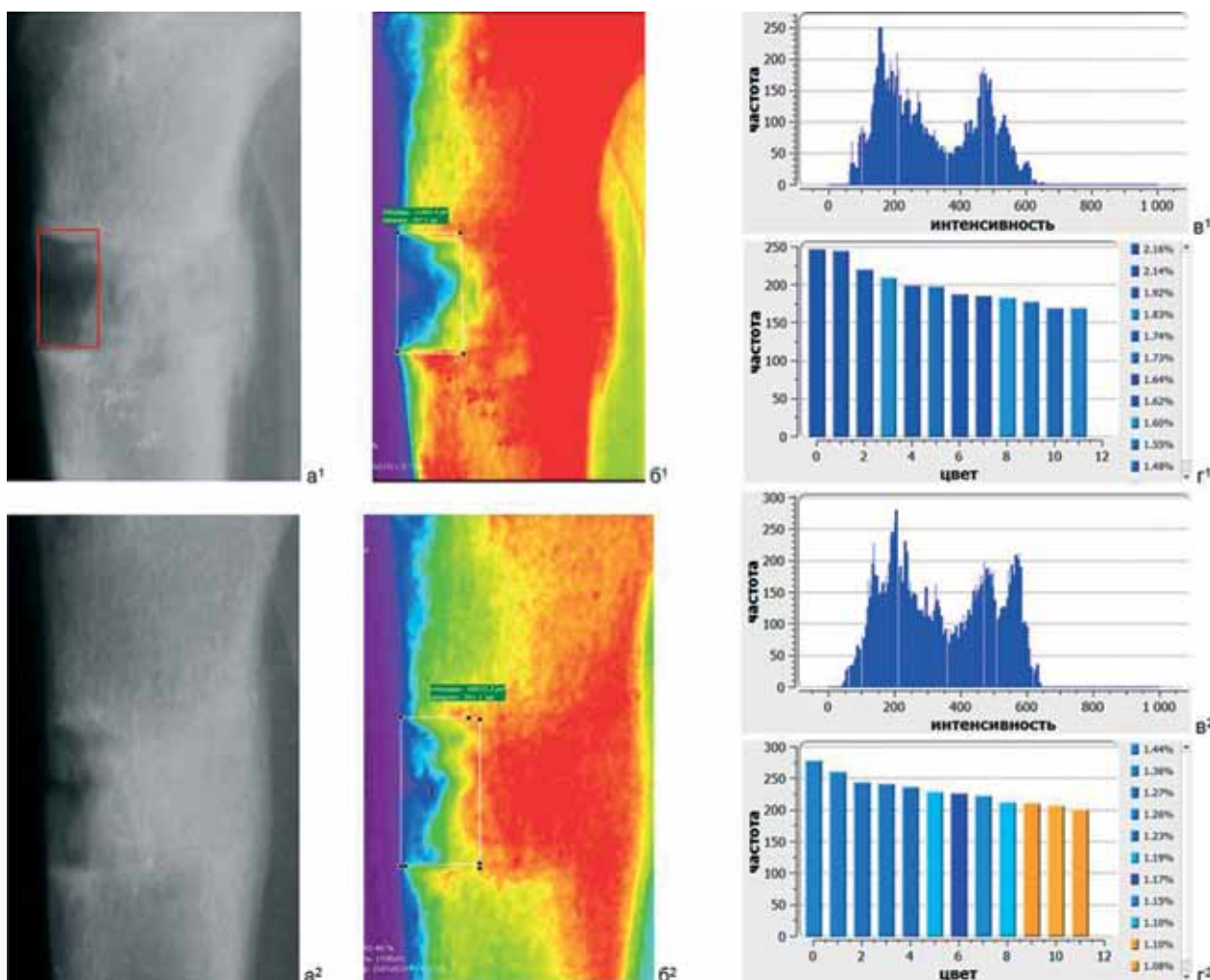


Рис. 4. Фрагменты рентгенограммы голени пациента С., 15 лет, на разных этапах устранения посттравматического укорочения конечности. Дистракционный регенерат в области проксимального метафиза большеберцовой кости: а – после снятия аппарата в боковой проекции; б – с использованием цветowych таблиц; в – гистограмма; г – цветовое контрастирование; а' – фрагмент регенерата после снятия аппарата в боковой проекции; б' – с использованием цветowych таблиц; в' – гистограмма; г' – цветовое контрастирование; а'' – фрагмент регенерата через два месяца после снятия аппарата в боковой проекции; б'' – с использованием цветowych таблиц; в'' – гистограмма; г'' – цветовое контрастирование

Даже через два года после лечения при видимой однородности регенерата обработка в программе «Hi – scene» позволяет видеть отличия в строении новообразованной кости. Гистограмма распределения яркости изображения, содержащего весь регенерат, показывала явное смещение пика в сторону повышенной оптической плотности изображения в отличие от участка по передней поверхности новообразованной кости. Цветовое контрастирование также показывает более высокий процент (93,79 %) наиболее интенсивного цвета в области всего регенерата, тогда как часть его, располагающаяся по передней поверхности, содержит 81,70 %

наиболее интенсивного цвета (рис. 5).

У больных ахондроплазией также отмечено формирование зоны пониженной плотности по передней поверхности регенерата в сагиттальной плоскости, в средней трети его, которая после демонтажа аппарата проявлялась уменьшением диаметра кости на данном уровне по сравнению с проксимальной и дистальной третью новообразованной кости. К этому времени плотность проксимального и дистального отделов регенерата практически одинакова, что хорошо прослеживалось при обработке данных в программе «Hi – scene» (рис. 6).

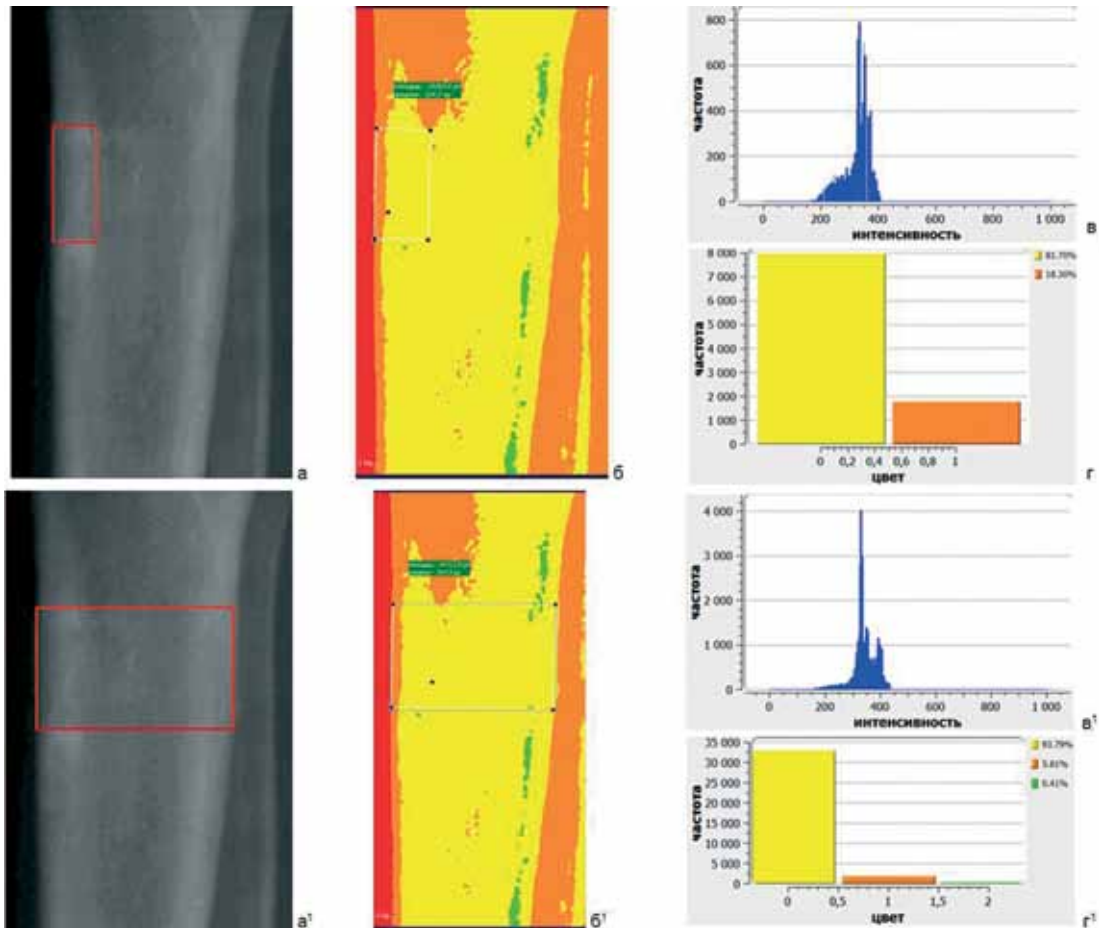


Рис. 5. Фрагменты рентгенограмм голени пациента С., 15 лет, через два года после удлинения голени в боковой проекции: а, б – фрагмент регенерата; в – гистограмма; г – цветовое контрастирование; б¹ – весь регенерат – с использованием цветных таблиц; в¹ – гистограмма; г¹ – цветовое контрастирование

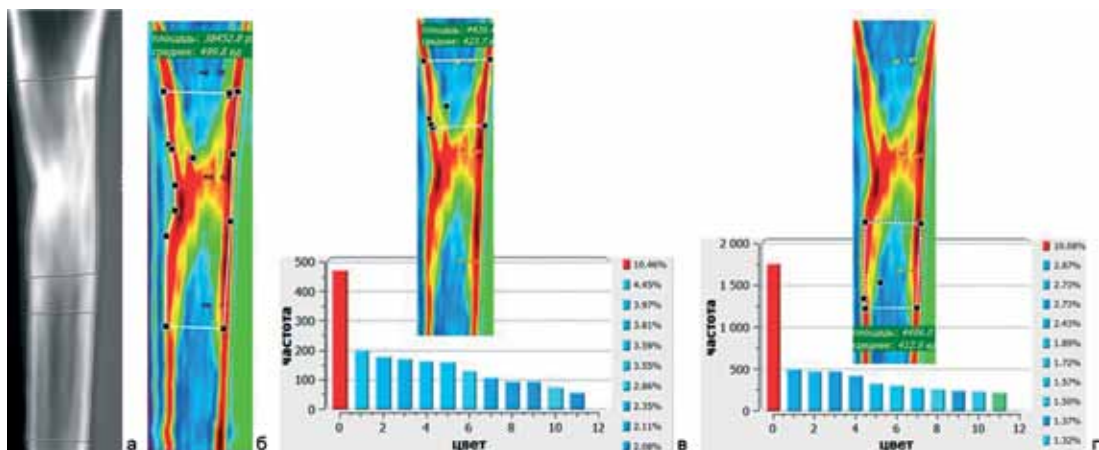


Рис. 6. Фрагмент рентгенограммы голени больной Ч., 9 лет, ахондроплазия, через 6 месяцев после удлинения голени на 7 см (а); обработка в программе «Hi – scene» (б); цветовое контрастирование проксимального отдела регенерата – площадь наиболее интенсивного цвета – 10,46 % (в); цветовое картирование дистального отдела регенерата – площадь наиболее интенсивного цвета – 10,08 % (г)



Изучение рентгенограмм больных ахондроплазией через год после перекрестного удлинения показало, что интенсивность окраски проксимального регенерата на голени выше, чем дистального, а цветовое контрастирование выявляло более высокий процент (54,26 %) яр-

кого цвета, чем в дистальном отделе новообразованной кости. Гистограмма распределения яркости изображения, содержащего проксимальный регенерат, показывала смещение пика в сторону повышенной оптической плотности данной зоны интереса (рис. 7).

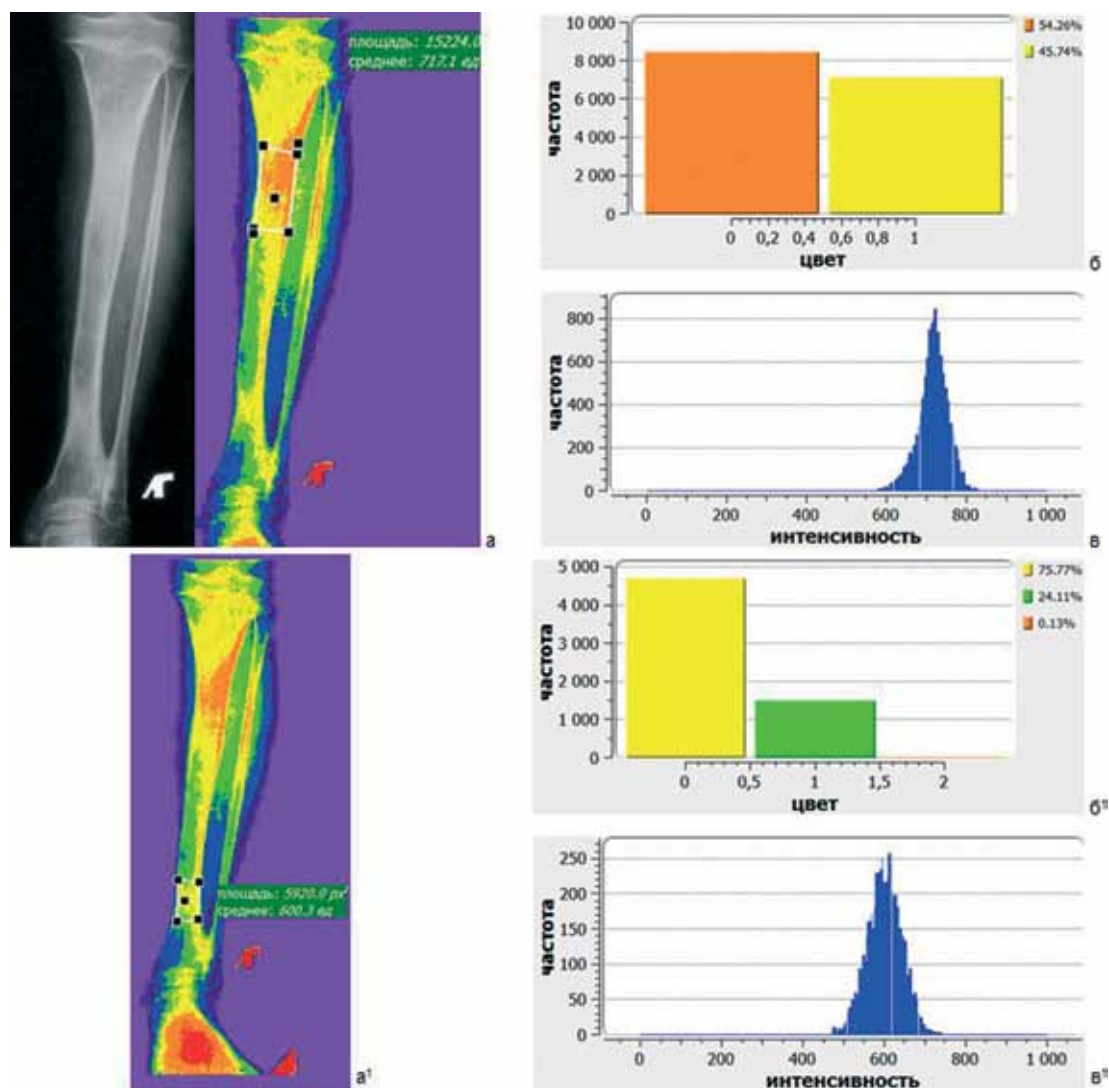


Рис. 7. Рентгенограмма левой голени в прямой проекции больного А., 7 лет, ахондроплазия, через год после перекрестного удлинения правого бедра и левой голени, обработанная с помощью программы «Hi – scene», выделен проксимальный регенерат (а), б – цветовое контрастирование, в – гистограмма; а¹ – выделен дистальный регенерат, б¹ – цветовое контрастирование; в¹ – гистограмма

### ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты работы показали, что применение программы «Hi – scene» позволило получить дополнительную информацию о состоянии distractionного регенерата и новообразованной кости после окончания удлинения. Визуализационные возможности в оценке качества рентгеновского снимка после окончания лечения в результате технологических особенностей рентгенографии затрудняют определение разницы плотностных характеристик исследуемого участка на разных этапах исследования. Использование цветового контрастирования играло роль дополнительного информационного признака, позволяющего объективизировать процесс интерпретации изображения благодаря тому, что человеческий глаз различает больше цветов, чем оттенков какого-либо одного цвета, что имеет место на рентгенограмме. Даже через два года после лечения при

видимой однородности регенерата обработка в программе «Hi – scene» позволяет видеть отличия в строении новообразованной кости. Гистограмма распределения яркости изображения, содержащего весь регенерат, показывала явное смещение пика в сторону повышенной оптической плотности изображения в отличие от участка по передней поверхности новообразованной кости. Цветовое контрастирование также показывает более высокий процент (93,79) наиболее интенсивного цвета в области всего регенерата, тогда как часть его, располагающаяся по передней поверхности, содержит 81,70 % наиболее интенсивного цвета. Также было найдено, что проксимальный участок новообразованной кости через год после демонтажа аппарата у больных ахондроплазией при удлинении голени на 7 см имеет более высокую оптическую плотность, чем дистальный. Построение

гистограммы зоны интереса дало возможность косвенно судить о плотности регенерата (новообразованной кости) по степени минерализации. Так, гистограмма оптической плотности участка новообразованной кости в проксимальной трети голени значительно превышала параметры зоны удлинения в дистальном отделе. Несомненно, применение компьютерной томографии для

определения плотности кости несравнимо более эффективно, но выполнение данного исследования на всех этапах удлинения и реабилитации невозможно и нецелесообразно, поскольку для КТ есть свои показания, тогда как анализ рентгенограмм с помощью программы «Hi – scene» позволяет проводить сравнительную количественную оценку качества кости.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кармазановский Г.Г., Лейченко А.И. Цифровые технологии в отделении лучевой диагностики: руководство для врачей. М. : Видар-М, 2007. 200 с.
2. Малый атлас рентгеноанатомии / [сост.]: О. А. Каплунова, А. А. Швырев, А. В. Кондрашев. М. : Феникс, 2012. 256 с.
3. Качественные и количественные показатели рентгенологической оценки дистракционного регенерата / Г. В. Дьячкова, Е.С. Михайлов, С.А. Ерофеев, С.А. Нижечик, М.А. Корабельников // Гений ортопедии. 2003. № 4. С. 11-14.
4. Компьютерная визуализация чрескостного остеосинтеза: монография / А. Б. Слободской, Г.П. Котельников, Н.В. Островский, Е.Ю. Осинцев, А.Ю. Попов. Самара : Офорт, 2004. 200 с. : ил.
5. Методы компьютерной обработки изображений / под ред. В.А. Соифера. - 2-е изд., испр. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. 784 с.
6. Майкова–Строганова В.С., Рохлин Д.Г. Кости и суставы в рентгеновском изображении. Конечности. Л. : Медгиз Ленингр. отд-ние, 1957. 483 с.
7. Возможности постобработки диагностических КТ - и МРТ - изображений на персональном компьютере / Л.Г. Розенфельд, Н.М. Макомела, С.И. Синицкий, Н.Н. Колотилов, А.С. Огир // Украинский мед. журн. 2006. № 6 (56). С. 69-73.
8. Способ рентгенографического исследования биологического объекта : пат. 2007120 Рос. Федерация. № 4907360/14 ; заявл. 04.02.1991 ; опубл. 15.02.1994.
9. Способ определения относительной минеральной плотности костного дистракционного регенерата с применением графических компьютерных программ ADOBE® PHOTOSHOP® : пат. 2452386 Рос. Федерация. № 2010119576/14 ; заявл. 18.05.2010 ; опубл. 10.06.2012.
10. Рентгенологические принципы при изучении дистракционного костного регенерата / Г. В. Дьячкова, Е. С. Михайлов, С. А. Ерофеев, К. А. Дьячков // Травматология, ортопедия и протезирование в Западной Сибири. 2006. № 1. С. 18-20.
11. Для проведения компьютерного анализа, оценки и документации данных лучевых методов исследования и любых электронных изображений, а также проведения на основании полученных данных предоперационного моделирования : а. с. 2014611777 Рос. Федерация. № 2013662115 ; заявл. 26.12.2013 ; опубл. 20.03.2014.
12. Формирование дистракционного регенерата у детей при удлинении нижних конечностей с помощью стержневых аппаратов внешней фиксации по клинико-рентгенологическим данным / М.И. Спужак, О.П. Шармазанова, Н.С. Фокина, С.О. Хмизов, В.В. Скребцов // Украинский радиол. журн. 2003. Т. 11, вып. 1. С. 17.
13. Семизоров А.Н. Лучевые методы в диагностике повреждений суставов у взрослых и детей : пособие для врачей. М. : Видар-М, 2010. 216 с.
14. Бургенер Ф. А. Кормано М., Пудас Т. Лучевая диагностика заболеваний костей и суставов. Руководство. Атлас. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. 552 с.
15. Helms C.A. Fundamentals of Skeletal Radiology. Philadelphia: Saunders. 4th Ed. 2014. 248 p.
16. Kuni C.C. Introduction to Computers and Digital Processing in Medical Imaging. Chicago: Year Book Medical Publishes, 1988. 160 p.
17. Kraus M. Virtual Reality in Medical Environments. Proceedings of the International Symposium CAR'93, 1993. P. 747.
18. X-ray imaging optimization using virtual phantoms and computerized observer modeling / I.Y. Son, M. Winslow, B. Yazici, X.G. Xu // Phys. Med. Biol. 2006. Vol. 51, No 17. P. 4289-4310.

#### REFERENCES

1. Karmazanovskii G.G., Leichenko A.I. Tsifrovye tekhnologii v otdelenii luchevoi diagnostiki: rukovodstvo dlia vrachei [Digital technologies in the department of radiation diagnosis: a guide for physicians]. M.: Vidar-M, 2007. 200 s.
2. Malyy atlas rentgenoanatomii [Small atlas of radiological anatomy] / [sost.]: O.A. Kaplunova, A.A. Shvyrev, A.V. Kondrashev. M.: Feniks, 2012. 256 s.
3. Kachestvennye i kolichestvennye pokazateli rentgenologicheskoi otsenki dистраktsionnogo regenerata [Qualitative and quantitative indices of roentgenological assessment of a distraction regenerate bone] / G.V. Diachkova, E.S. Mikhailov, S.A. Yerofeyev, S.A. Nizhechik, M.A. Korabelnikov // Genij Ortop. 2003. N 4. S. 11-14.
4. Komp'yuternaia vizualizatsiia chreskostnogo osteosinteza: monografiia [Computed visualization of transosseous osteosynthesis: a monograph] / A.B. Slobodskoi, G.P. Kotelnikov, N.V. Ostrovskii, E.Iu. Osintsev, A.Iu. Popov. Samara: Ofort, 2004. 200 s.
5. Metody komp'yuterno obrabotki izobrazhenii [The techniques of image computed processing] / Ed. V.A. Soifer. 2-e izd., ispr. M.: FIZMATLIT, 2003. 784 s.
6. Maikova–Stroganova V.S., Rokhlin D.G. Kosti i sustavy v rentgenovskom izobrazhenii. Konechnosti [Bones and joints as X-ray images. Limbs]. L.: Medgiz. Leningr. otd-nie, 1957. 483 s.
7. Vozmozhnosti postobrabotki diagnosticheskikh KT- i MRT-izobrazhenii na personal'nom komp'yutere [The possibilities of post-processing diagnostic CT- and MRI-images using a personal computer] / L.G. Rozenfel'd, N.M. Makomela, S.I. Sinitckii, N.N. Kolotilov, A.S. Ogir // Ukrainskii Med. Zhurn. 2006. N 6 (56). S. 69-73.
8. Sposob rentgenograficheskogo issledovaniia biologicheskogo ob'ekta [A technique of X-ray studying a biological object]: Pat. 2007120 Ros. Federatsiia. N 4907360/14; zaivl. 04.02.1991; opubl. 15.02.1994.
9. Sposob opredeleniia otositel'noi mineral'noi plotnosti kostnogo dистраktsionnogo regenerata s primeneniem graficheskikh komp'yuternykh programm ADOBE® PHOTOSHOP® [A technique for determining the relative mineral density of distraction regenerated bone using ADOBE® PHOTOSHOP® computed graphics programs]: Pat. 2452386 Ros. Federatsiia. N 2010119576/14; zaivl. 18.05.2010; opubl. 10.06.2012.
10. Rentgenologicheskie printsipy pri izuchenii dистраktsionnogo kostnogo regenerata [Radiological principles when studying a distraction regenerated bone] / G.V. D'iachkova, E.S. Mikhailov, S.A. Erofeev, K.A. D'iachkov // Travmatologiya, Ortopediia i Protezirovanie v Zapadnoi Sibiri. 2006. N 1. S. 18-20.
11. Dlia provedeniia komp'yuternogo analiza, otsenki i dokumentatsii dannykh luchevykh metodov issledovaniia i liubykh elektronnykh izobrazhenii, a takzhe provedeniia na osnovanii poluchennykh dannykh predoperatsionnogo modelirovaniia [For making a computed analysis, evaluation, and documenting the data of study radiation techniques and any electron images, as well as for performing preoperative modeling on the basis of the data obtained]: AC 2014611777 Ros. Federatsiia. N 2013662115; zaivl. 26.12.2013; opubl. 20.03.2014.
12. Formirovanie dистраktsionnogo regenerata u detei pri udlinenii nizhnikh konechnosti s pomoshch'iu stержnevyykh apparatov vneshnei fiksatsii po kliniko-rntgenologicheskim dannym [Formation of distraction regenerated bone in children undergoing lower limb lengthening using rod external fixators according to clinical-and-radiological data] / M.I. Spuziak, O.P. Sharmazanova, N.S. Fokina, S.O. Khmizov, V.V. Skrebtsov // Ukrainskii Radiol. Zhurn. 2003. T. 11, Vyp. 1. S. 17.
13. Semizorov A.N. Luchevye metody v diagnostike povrezhdenii sustavov u vzroslykh i detei: posobie dlia vrachei [Radiation techniques in diagnosing joint injuries in adults and children: a manual for physicians]. M.: Vidar-M, 2010. 216 s.
14. Burgener F.A. Kormanov M., Pudast T. Luchevaia diagnostika zabolevaniy kostei i sustavov. Rukovodstvo. Atlas [Radiation diagnosis of bone and joint diseases. Guide. Atlas.]. M.: GEOTAR-Media, 2014. 552 s.
15. Helms C.A. Fundamentals of Skeletal Radiology. Philadelphia: Saunders. 4th Ed. 2014. 248 p.
16. Kuni C.C. Introduction to Computers and Digital Processing in Medical Imaging. Chicago: Year Book Medical Publishes, 1988. 160 p.

17. Kraus M. Virtual Reality in Medical Environments. Proceedings of the International Symposium CAR'93, 1993. P. 747.

18. X-ray imaging optimization using virtual phantoms and computerized observer modeling / I.Y. Son, M. Winslow, B. Yazici, X.G. Xu // Phys. Med. Biol. 2006. Vol. 51, No 17. P. 4289-4310.

Рукопись поступила 21.05.2015.

**Сведения об авторах:**

1. Дьячкова Галина Викторовна – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, заведующая лабораторией рентгеновских и ультразвуковых методов диагностики, д. м. н., профессор.
2. Климов Олег Владимирович – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, старший научный сотрудник, врач высшей категории травматолого-ортопедического отделения № 14, к. м. н.
3. Аранович Анна Майоровна – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, заведующая травматолого-ортопедическим отделением № 17, д. м. н., профессор.
4. Дьячков Константин Александрович – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, ведущий научный сотрудник лаборатории рентгеновских и ультразвуковых методов диагностики, к. м. н.

**Information about the authors:**

1. D'yachkova Galina Viktorovna – FSBI "Russian Ilizarov Scientific Center Restorative Traumatology and Orthopaedics" (FSBI "RISC RTO") of the RF Ministry of Health; Head of the Laboratory of Radiological and Ultrasound Diagnostic Techniques, Doctor of Medical Sciences, Professor; e-mail: dgv2003@mail.ru.
2. Klimov Oleg Vladimirovich – FSBI "Russian Ilizarov Scientific Center Restorative Traumatology and Orthopaedics" (FSBI "RISC RTO") of the RF Ministry of Health; Traumatologic-and-Orthopedic Department No 14, a physician of the highest category, a senior researcher, Candidate of Medical Sciences.
3. Aranovich Anna Maiorovna – FSBI "Russian Ilizarov Scientific Center Restorative Traumatology and Orthopaedics" (FSBI "RISC RTO") of the RF Ministry of Health; Head of Traumatologic-and-Orthopedic Department No 17, Doctor of Medical Sciences, Professor.
4. D'yachkov Konstantin Aleksandrovich – FSBI "Russian Ilizarov Scientific Center Restorative Traumatology and Orthopaedics" (FSBI "RISC RTO") of the RF Ministry of Health; Laboratory of Radiological and Ultrasound Diagnostic Techniques, a leading researcher, Candidate of Medical Sciences; e-mail: dka doc@mail.ru.