

# Малодозовая микрофокусная рентгенография в характеристике костной ткани (клинико-экспериментальное исследование)

\* Буланова И. М., Смирнова В. А., Бойчак Д. В.

ГОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет»  
Минздравсоцразвития России, кафедра лучевой диагностики

## Digital small dose microfocal radiography in the characteristic of a bone fabric (kliniko-experimental research)

Bulanova I. M., Smirnova V. A., Boichak D. V.

### Реферат

Изучены возможности малодозовой микрофокусной рентгенографии с увеличением изображения в характеристике костной ткани на экспериментальном материале. Проведено сравнительное исследование цифровой микрофокусной рентгенографии, цифровой стандартной рентгенографии и мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике изменений костной ткани у 43 пациентов при различных заболеваниях. Цифровая микрофокусная рентгенография является высокоинформативным методом, позволяющим детально изучить трабекулярную структуру костной ткани, выявить мелкие и малоконтрастные структуры, начальные изменения при ранних стадиях, не определяемые при стандартной рентгенографии. Мультиспиральная компьютерная томография позволяет оценить пространственную локализацию патологических изменений костной ткани за счет отсутствия эффекта перекрывания и является необходимым исследованием для оценки зон сложной конфигурации.

**Ключевые слова:** цифровая малодозовая микрофокусная рентгенография, мультиспиральная компьютерная томография, заболевания и травмы опорно-двигательного аппарата.

### Abstract

Possibilities a small dose microfocal radiography with image increase in the characteristic of a bone tissue have been studied on an experimental material. A comparative research of digital microfocal radiography, digital standard radiography and a multispiral computer tomography has been done during the diagnostics of changes of a bone tissue of 43 patients with various diseases. Digital microfocal radiography is the high informative method which allows to study trabecular structure of a bone tissue in details, to reveal small and low-contrast structures, initial changes at the early stages, which are not possible to define using a standard radiography. The multispiral computer tomography allows to estimate spatial localization of pathological changes of a bone tissue because of the absence of effect of an overshoot, and it is necessary research for an estimation of zones with a difficult configuration.

**Keywords:** digital small dose microfocal radiography, a multispiral computer tomography, diseases and traumas of the musculoskeletal system.

\* Буланова Инна Михайловна, к.м.н., докторант кафедры лучевой диагностики ГОУ ВПО «МГМСУ»  
Минздравсоцразвития, Москва.  
Тел.: +7 (926) 83975632, электронная почта: imb78@yandex.ru

## Актуальность

В последние годы особенно пристальное внимание привлекает специальная методика рентгеновского исследования – малодозовая микрофокусная рентгенография с прямым многократным увеличением рентгеновского изображения [1, 5, 7]. Микрофокусная рентгенография уже приобрела важное значение в травматологии, ревматологии и стоматологии [3, 8, 9]. Отличительными особенностями данной методики являются более высокая информативность снимков, особенно это важно для выявления мелких и малоконтрастных деталей изображения, пониженная радиационная нагрузка на пациента и обслуживающий персонал [1, 2, 6, 10].

**Цель:** изучение возможностей малодозовой микрофокусной рентгенографии с цифровой регистрацией изображения в характеристике костной ткани.

## Материалы и методы

Для оценки возможностей микрофокусного способа получения изображений было проведено экспериментальное исследование. Исследовались анатомические препараты фрагментов диафиза бедренной кости у неопознанного трупа.

Проанализированы результаты комплексного клинического и лучевого исследования 43 пациентов с различными заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Средний возраст пациентов составил 56,5 ± 14 лет. При распределении по полу в исследуемом контингенте женщин было 30 (70 %) больных, мужчин – 13 (30 %). Чаще встречались пациенты с механическими повреждениями и их осложнениями – 33 (77 %) больных. С опухолями опорно-двигательного аппарата – 10 (23 %) больных.

Лучевое исследование пациентов с заболеваниями и травмами опорно-двигательного аппарата включало в себя проведение следующих методов исследования: цифровой обзорной рентгенографии, цифровой микрофокусной рентгенографии, мультиспиральной компьютерной томографии.

Обзорная рентгенография выполнялась в двух стандартных проекциях на аппарате Vertex фирмы Siemens с последующей цифровой обработкой изображения с помощью дигитайзера REGIUS-170.

Всем пациентам цифровая рентгенография с прямым многократным увеличением изображения выполнялась на портативном микрофокусном аппарате «Пардус-150» с использованием цифровой установки – дигитайзера REGIUS-170. Исследование проводилось в двух стандартных проекциях (прямой и боковой) с получением изображений с различным увеличением изображения (3-10 кратным увеличением).

Мультиспиральная компьютерная томография проводилась на компьютерных томографах Brilliance 64 фирмы Philips в режиме мультиспирального сканирования толщиной среза 5 мм.

В ходе компьютерно-томографического исследования выполнялись мультипланарные и объемные (3D) реконструкции для оптимальной визуализации зоны интереса и проведения анатомо-топометрических измерений.

## Результаты и их обсуждение

Анатомический препарат представлял собой костный фрагмент диафиза бедренной кости длиной 3,3 см, толщина компактного слоя неравномерна (от 0,4 до 0,7 см). Надкостница была представлена тонкой полупрозрачной пластиной без особенностей. Губчатый слой развит

слабо, представлен отдельными небольшими выступами, содержащий остатки костного мозга (рис. 1).

Анализ стандартной цифровой рентгенограммы с прямым увеличением в 1,5 раза показал снижение качества изображения за счет снижения его резкости при сохраненной контрастности. Костные балки дифференцировались не отчетливо, контуры их размыты, взаимоотношение между ними фактически не дифференцировалось. Новых данных при исследовании коркового слоя получено не было (рис. 2).

На микрофокусных рентгенограммах с 7-кратным увеличением изображения начинает проявляться эффект «псевдообъемного» изображения; хорошо визуализируется костная структура костномозгового канала, строение костных балок прослеживается на всем протяжении фрагмента.

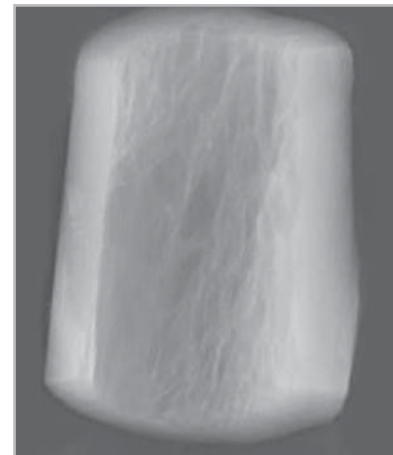
При анализе коркового слоя в средней трети дополнительно отмечается участок перестройки костной ткани с зонами разрежения. В остальных отделах структура коркового слоя выглядит гомогенной (рис. 3).



*Рис. 1. Общий вид анатомического препарата неопознанного трупа в возрасте около 40 лет. Хорошо виден компактный слой фрагмента бедренной кости с невыраженным губчатым слоем*



*Рис. 2. Стандартная цифровая рентгенограмма с прямым увеличением изображения в 1,5 раза. Отмечается ухудшение качества изображения за счет снижения его резкости при сохраненной контрастности. Визуализация костных балок затруднена, взаимоотношение их не прослеживается*



*Рис. 3. Микрофокусная рентгенограмма с 7-кратным увеличением изображения, начинает определяться «эффект псевдообъемного» изображения, хорошо видна костная структура костномозгового канала, строение костных балок прослеживается на всем протяжении фрагмента. При анализе коркового слоя в средней трети дополнительно отмечается участок перестройки костной ткани с зонами разрежения с костными фрагментами внутри*

При сравнительном анализе изображений фрагментов бедренной кости, полученных на микрофокусных цифровых рентгенограммах по сравнению со стандартной цифровой рентгенографией костная структура лучше видна, костные балки и их взаимоотношения между собой прослеживаются отчетливо как в области костно-мозгового канала, так и в корковом слое кости.

В результате комплексного клинорентгенологического обследования 33 (77 %) больных с механическими повреждениями выявлено, что микрофокусная рентгенография обладает большей информативностью в выявлении мелких переломов, трещин у 13 (42 %) пациентов по сравнению со стандартной рентгенографией — у 9 (27 %) больных. Увеличение изображения при микрофокусной рентгенографии позволило более детально проследить контуры костных отломков, их смещение, деформации и разрывы отдельных костных балок, прерывание кортикального слоя при мелких трещинах (рис. 4).

Если при изучении стандартных рентгенограмм установить нарушение целостности кости не удавалось, несмотря на наличие клинических признаков перелома, то на снимках с 5-кратным увеличением линия перелома определялась отчетливо. В первую очередь это касалось трещин фаланговых костей, внутрисуставных и краевых переломов коротких трубчатых костей без смещения отломков, выявления мелких костных фрагментов.

В 30 % наблюдений при микрофокусной рентгенографии были получены дополнительные данные уточняющего характера: изображение плоскости перелома более рельефное, точнее можно было судить о характере и степени смещения костных отломков.



*Рис. 4. Краевой перелом основания V предплюсневой кости без смещения; а – стандартная рентгенограмма, б – микрофокусная рентгенограмма с 5-кратным увеличением. При увеличении изображения отчетливо определяются края линии перелома, неровность контуров костных фрагментов*

При анализе цифровых микрофокусных рентгенограмм пациентов с травматическими повреждениями костной ткани выявлена более ранняя визуализация нежной тени первичной костной мозоли, по сравнению со стандартной рентгенографией. На микрофокусных рентгенограммах костная мозоль определялась у 7 (21 %) больных, на стандартных рентгенограммах — у 5 (15 %) пациентов. Увеличение изображения при микрофокусной рентгенографии позволяло детально оценить структуру костной мозоли, наличие дополнительных малококонтрастных структур, не визуализируемых на стандартных рентгенограммах.

У 19 (61 %) пациентов с хроническим остеомиелитом на цифровых микрофо-

кусных рентгенограммах отмечались очаги деструкции с нечеткими неровными контурами, секвестры, остеосклероз, периостальные наслоения, изменения в мягких тканях.

На микрофокусных рентгенограммах деструкция костной ткани и остеосклероз отмечались у всех 19 (100 %) обследуемых больных хроническим остеомиелитом, отдельно лежащие секвестры – у 10 (52 %) пациентов. Периостальные наслоения, чаще всего слоистые, визуализировались у 17 (89 %) больных. Изменения в мягких тканях, такие, как отек и инфильтрация, определялись при выраженной активности воспалительного процесса хронического остеомиелита у 15 (79 %) пациентов среди обследуемой категории больных.

У 1 (1 %) пациентки с посттравматическим костным анкилозом голеностопного сустава и предплюсневых суставов левой стопы микрофокусная рентгенография с увеличением изображения позволила проследить отдельные костные балки, переходящие с одной кости на другую, отсутствие замыкательных пластинок смежных суставных поверхностей и отсутствие рентгеновской суставной щели.

У 4 (13 %) пациентов с ложным суставом при цифровой микрофокусной рентгенографии определялось отсутствие костной мозоли, формирование замыкательных пластинок в месте перелома. Увеличение изображения позволило детально оценить контуры костных фрагментов, их структуру, наличие малоконтрастных структур в проекции перелома.

Анализ результатов рентгеновской компьютерной томографии при травмах костно-суставной системы показал низкую информативность в оценке тра-

бекулярной структуры костной ткани по сравнению с микрофокусной рентгенографией. Большая информативность данного метода отмечалась в оценке сложных многооскольчатых переломов, политравмы. Нередко при КТ выявлялись дополнительные линии переломов и отломки у 4 (12 %) пациентов. МСКТ позволяло точно определить общую площадь суставной поверхности отломков, диастаз между ними, угловое и мультипланарное смещение, положение мелких осколков.

По результатам комплексного клиничко-лучевого обследования 6 пациентов с доброкачественными образованиями костно-суставной системы остеомы выявлены у 5 (83 %) больных, остеохондрома – у 1 пациента. Микрофокусная рентгенография детально позволяла оценить структуру, форму, контуры, размеры доброкачественных опухолей, взаимоотношения с окружающими тканями. С увеличением изображения идентификация костной структуры отчетливее по сравнению со стандартной рентгенографией. Анализ компьютерных томограмм показал неоспоримые преимущества данного метода в оценке локализации, объемной топографии, изменений в мягких тканях (рис. 5).

На микрофокусной рентгенограмме с 3-кратным увеличением изображения по задней поверхности левой большеберцовой кости на уровне проксимального эпиметафиза определялось костное образование неправильной формы, неоднородной структуры, связанное с костью широким основанием, окаймленное кортикальным слоем (рис. 5, а). Дополнительно данные мультиспиральной компьютерной томографии показали пространственную локализацию образования за счет отсутс-



*Рис. 5. Сравнительная характеристика цифровой микрофокусной рентгенографии с 3-кратным увеличением (а), компьютерной томографии в аксиальной проекции (б) и трехмерной реконструкции изображения (в) в диагностике остеохондромы большеберцовой кости*

твия эффекта перекрытия. Построение трехмерных реконструкций позволило рельефно обрисовать поверхностные структуры и объяснить сложные трехмерные соотношения между костными фрагментами (рис. 5, б, в).

На микрофокусных рентгенограммах и компьютерных томограммах у пациентов с злокачественными заболеваниями опорно-двигательного аппарата во всех случаях у 4 пациентов отмечалась деструкция костной ткани с неровными нечеткими контурами. Отсутствие кортикального слоя, его прерывание определялись у 3 (75 %) больных. Микрофокусная рентгенография с увеличением изображения позволила визуализировать отек и утолщение мягких тканей, нежные периостальные наслоения у 2 (50 %) больных. На компьютерных томограммах отчетливо определялся мягкотканый компонент опухоли, возможно было произвести измерения, оценить степень инвазии в окружающие ткани, что не определялось на микрофокусных

рентгенограммах (рис. 6, а). Во всех случаях диагноз был гистологически верифицирован.

На микрофокусной рентгенограмме с 5-кратным увеличением, компьютерной томограмме во фронтальной проекции и в трехмерной реконструкции отмечается массивная деструкция левой пяточной кости с прерыванием кортикального слоя (рис. 6, а, б, в). На компьютерной томограмме во фронтальной проекции дополнительно визуализируется мягкотканый компонент опухоли с инфильтрацией окружающих мягких тканей (рис. 6, б).

## Выводы

1. Цифровая микрофокусная рентгенография является высокоинформативным методом исследования в характеристике костной ткани. Результаты экспериментальных исследований позволяют утверждать, что за счет точечного фокусного пятна и расходящегося пучка рентгеновского излучения возможно по-

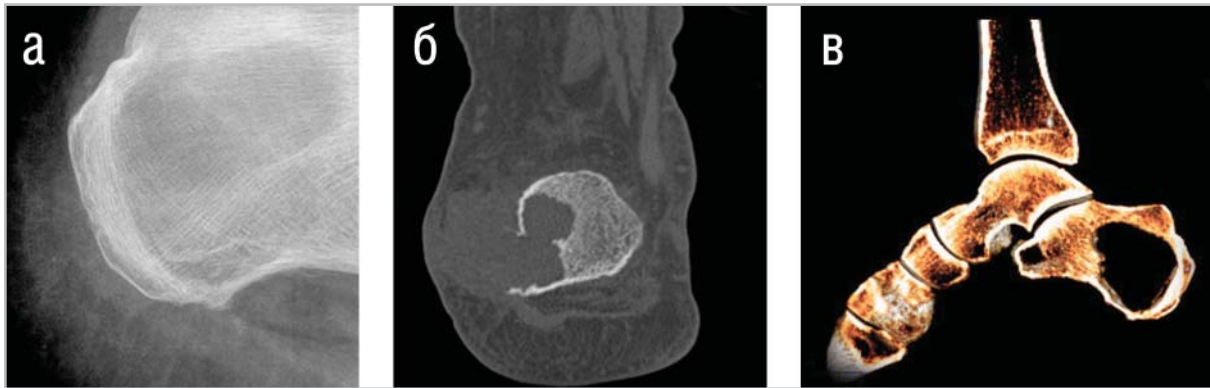


Рис. 6. Микрофокусная рентгенограмма с 5-кратным увеличением (а), компьютерная томограмма во фронтальной проекции (б) и в трехмерной реконструкции (в) у пациента с саркомой пяточной кости

лучение объемных представлений об объекте, что чрезвычайно важно для использования этого эффекта в различных областях медицины.

2. Сочетание микрофокусной рентгенографии и цифровой радиографии позволяет выполнять коррекции ошибок экспозиции, улучшение изображения с помощью изменения контраста, яркости и пространственной фильтрации. Метод позволяет четко различить изображение элементов костных структур и способствует выявлению минимальных отклонений от нормы за счет широкого динамического диапазона изображения.
3. При заболеваниях и травмах опорно-двигательного аппарата использование микрофокусной рентгенографии с прямым увеличением и цифровой обработкой изображения позволяет детально изучить трабекулярную структуру костной ткани, выявить мелкие и малоконтрастные структуры, начальные изменения

при ранних стадиях заболевания, не определяемые при стандартной рентгенографии.

### Список литературы

1. Васильев А. Ю. Рентгенография с прямым многократным увеличением в клинической практике. М.: ИПТК «ЛОГОС», 1998. 148 с.
2. Календер В. Компьютерная томография. «Техносфера», М.: 2006, С. 257–265.
3. Потрахов Н. Н. Микрофокусная рентгенография в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. СПб.; 2006. 198 с.
4. Buckland-Wright J. C., Bradshaw C. R. Clinical application of high-definition microfocus radiography // Br. J. of Radiol. 1989. V. 62. P. 209–217.
5. Buckland-Wright J. C., Lynch J. A., Bird C. Microfocal techniques in quantitative radiography: measurement of cancellous bone organization // Br. J. Rheumatol. 1996. Dec. 35. Suppl. 3.18–22.

6. *Buckland-Wright J. C., Lynch J. A., Rymer J., Fogelman I.* Fractal signature analysis of macroradiographs measures trabecular organization in lumbar vertebrae of postmenopausal women // *Calcif. Nissue Int.* 1994. Feb. 54 (2). 106–12.
7. *Doi K., Imhof H.* Noise reduction by radiographic magnification // *Radiol.* 1977. V. 122. P. 479–487.
8. *Ely R. V.* *Microfocal Radiography* // Academic Press. 1980.
9. *Genant H. K., Doi K., Mall J. C., Sickles E. A.* Direct radiographic magnification for skeletal radiography // *Radiol.* 1977. V. 123. P. 47–55.
10. *Nicholl J. E., Spencer J. D., Buckland-Wright J. C.* Pattern of scaphoid fracture union detected by macroradiography // *J. Hand Surg. (Br).* 1995. Apr. 20 (2). 189–93.

## Уважаемые коллеги!

Редакция нашего журнала объявляет конкурс фотографий.

### ТЕМАТИКА: РЕНТГЕНОЛОГИ ЗА РАБОТОЙ.

Сюжет и объекты — полностью на ваше усмотрение,  
единственная просьба: указывайте город, название лечебного учреждения  
или института, год съемки (возможно любой давности),  
фио и должность специалиста,  
описание процесса, запечатленного на фотоснимке.

**Самые выдающиеся фотографии будут размещаться  
в нашем журнале.**

Ждем Ваши послания по адресам:  
rad-pract@rpcmr.org.ru  
restandwill@mail.ru