

# Обоснование применения цифровой микрофокусной рентгенографии с прямым увеличением изображения в 5,5 раза для обследования кистей пациентов с ревматоидным артритом

Д. Ю. Анохин\*, И. С. Железняк

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова»  
Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург

## Rationale for the Use of Digital Microfocal Radiography Direct Image Magnification of 5,5 Times for the Survey Brushes Patients with Rheumatoid Arthritis

D. Yu. Anokhin\*, I. S. Zheleznyak

Military-medical Academy named after S. M. Kirov, Russian Ministry of Defense

### Реферат

Разработан метод проведения микрофокусной рентгенографии (МФРГ) кистей пациентов с ревматоидным артритом с использованием оптимальных параметров съемки. Проведен сравнительный анализ возможностей классической рентгенографии и разработанного метода МФРГ в выявлении деструктивных изменений в кистях у пациентов с ранним ревматоидным артритом. В исследование были включены 30 пациентов с ранним ревматоидным артритом (длительностью менее 12 мес). Среди пациентов было 19 (63,3 %) женщин и 11 (36,7 %) мужчин. Всем пациентам были выполнены магнитно-резонансная томография (МРТ), классическая рентгенография (КР) и микрофокусная рентгенография кистей с прямым увеличением изображения в 5,5 раза (МФРГ  $\times 5,5$ ). По результатам МРТ были определены наиболее информативные зоны для поиска эрозий в кистях при раннем ревматоидном артрите (суставы запястий, лучезапястные суставы, пястно-фаланговые и межфаланговые суставы II–IV пальцев кистей). Проведенный анализ доказал эффективность применения МФРГ  $\times 5,5$  в визуализации деструктивных изменений в выбранных «зонах интереса». Так, МФРГ по сравнению с КР позволила выявить достоверно большее число эрозий (у 56,6 и 20 % пациентов со-

\* Анохин Дмитрий Юрьевич, начальник рентгеновского отделения кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова».  
Адрес: 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.  
Тел.: +7 (812) 292-33-47. Электронная почта: damixon@mail.ru

Anokhin Dmitry Yur'evich, Head of the Radiology Department of the Department Radiology with the Course of Ultrasound Diagnostics, Military-medical Academy, named after S. M. Kirov, Russian Ministry of Defense.  
Address: 6, ul. Akademika Lebedeva, 194044, St. Petersburg, Russia.  
Phone number: +7 (812) 292-33-47. E-mail: damixon@mail.ru

ответственно) ( $p_{\text{TMF}} < 0,01$ ;  $p_{\chi^2} < 0,01$ ). Кроме того, при применении новой методики съемки возросла частота выявления такого рентгенологического признака, как кистовидные просветления костной ткани (с 46,6 до 53,3 %). Также применение МФРГ  $\times 5,5$  позволило лучше произвести дифференцировку мягкотканых изменений в области пораженных суставов.

**Ключевые слова:** ревматоидный артрит, рентгенография, микрофокусная рентгенография, магнитно-резонансная томография.

## Abstract

The method of microfocal radiography of hands in patients with rheumatoid arthritis using the optimum shooting settings. A comparative analysis of the possibilities of classical radiography and developed a method to identify destructive changes in the hands of patients with early rheumatoid arthritis. The study included 30 patients with early rheumatoid arthritis (lasting less than 12 months). Among the patients there were 19 (63,3 %) women and 11 (36,7 %) men. All patients underwent magnetic resonance imaging (MRI), classical radiography (CR) and microfocal radiography direct image magnification of 5,5 times (MFRG  $\times 5,5$ ) brushes. Based on MRI results were the most informative areas to find erosions in the hands with early rheumatoid arthritis (joints of the wrist, the wrist joint, metacarpophalangeal and interphalangeal joints II–IV of fingers). The analysis proved the effectiveness of the use of imaging in MFRG  $\times 5,5$  destructive changes in selected «areas of interest». So, microfocal radiography, in comparison with conventional radiography, has identified significantly more erosions (from 56,6 and 20 % of patients, respectively). Furthermore, when using the new shooting techniques increased incidence of such symptoms as cystoid bone radiolucencies (from 46,6 to 53,3 %). Also, the use MFRG  $\times 5,5$  make it possible to better differentiation of soft tissue changes in the affected joints.

**Key words:** Rheumatoid Arthritis, Magnetic Resonance Imaging, Microfocal Radiography, Radiography.

## Актуальность

Внедрение в клиническую практику современных методов лучевой диагностики, таких, как, компьютерная и магнитно-резонансная томографии, УЗИ, позволило значительно расширить возможности диагностики воспалительных и деструктивных изменений в кистях при ревматоидном артрите, однако в настоящее время для оценки указанных изменений в мелких суставах «золотым стандартом» является классическая рентгенография (КР) [2]. Этот метод прост в применении, не требует дополнительной подготовки пациента, для него разработаны специальные способы количественной оценки деструктивных изменений (методы Шарпа, Ларсена), которые широко внедрены в клиниче-

скую практику. Вместе с тем доказано, что КР, являясь самым распространенным и часто используемым для обследования пациентов с ревматоидным артритом, обладает низкой чувствительностью при выявлении рентгенологических признаков этого заболевания [3, 4].

Таким образом, важным является поиск методов, позволяющих повысить разрешающую способность рентгенографии, производить детальную оценку деструктивных изменений у больных ревматоидным артритом и достоверно оценивать рентгенологическую динамику этого заболевания.

Одним из наиболее перспективных в этом отношении методов визуализации

костной деструкции является МФРГ с прямым увеличением изображения — методика получения рентгеновского изображения с многократным увеличением без потери качества, что позволяет производить более тонкую оценку структурных изменений костной ткани [1]. Однако вопрос о методике проведения, возможностях и эффективности МФРГ в оценке деструктивных изменений в кистях при ревматоидном артрите пока остается нерешенным.

**Цель:** разработка методики проведения микрофокусной рентгенографии пациентам с ранним ревматоидным артритом; оценка эффективности этой методики в выявлении деструктивных изменений в кистях у данной группы пациентов.

### Материалы и методы

Проведены клиническое, лабораторное и инструментальное обследования 30 пациентов с ранним ревматоидным артритом. Среди пациентов было 19 (63,3 %) женщин и 11 (36,7 %) мужчин. Средний возраст мужчин 48,7 года, женщин — 46,3 года. Длительность заболевания во всех случаях составляла менее 12 мес. Диагноз пациентам был поставлен согласно классификационными критериями раннего ревматоидного артрита ACR/EULAR 2010 г. МРТ, КР и МФРГ  $\times 5,5$  кисти были выполнены всем пациентам.

КР выполняли на аппарате Vertix UM (Siemens). Технические условия: напряжение на трубке — 40 кВ, ток — 10 мАс. МФРГ  $\times 5,5$  выполняли на портативном микрофокусном рентгеновском аппарате «Пардус У». Размер фокусного пятна 0,1 мм, напряжение от 50 до 70 кВ, средний ток 0,1 мА, время экспозиции от 0,1 до 5 с. Полученные микрофокусные

рентгенограммы оценивали по одной схеме с классическими.

МР-сканирование кистей выполняли на магнитно-резонансном томографе Titan (Toshiba) с силой индукции магнитного поля 1,5 Тл. Выполнялись аксиальные, корональные и сагиттальные срезы в T1-, T2GE-, T2FAT SAT-, PD FАT SAT-импульсных последовательностях, с контрастным усилением препаратом Magnevist. Дозировка препарата составляла 0,2 мл/кг.

Для суждения о достоверности различий встречаемости качественных признаков и частоты событий в различных диапазонах количественных показателей применяли критерий  $\chi^2$  ( $p_\chi$ ) и точный метод Фишера для малых выборок (pTMF).

### Результаты и их обсуждение

Разработка оптимального метода проведения МФРГ кистей пациентам с ревматоидным артритом происходила в несколько этапов. Учитывая, что методом выбора для обследования пациентов с этим заболеванием является МРТ, первый этап включал проведение МР-обследования кистей у 30 пациентов с длительностью ревматоидного артрита до 12 мес. Эрозивные поражения были выявлены у 24 (80 %) пациентов. Далее был проведен анализ локализации эрозий. Результаты представлены в табл. 1.

По представленным данным наибольшее количество эрозий было выявлено у пациентов с ранним ревматоидным артритом в суставах запястий — 14 (58,3 %) человек, в пястно-фаланговых суставах II пальца 9 (37,5 %) пациентов и лучезапястных суставах 8 (33,3 %) человек, в пястно-фаланговых суставах III пальца эрозии определялись у 4 (16,6 %) пациентов, в проксимальных

Таблица 1

**Локализация эрозий в кистях пациентов с ранним ревматоидным артритом по данным МРТ с контрастным усилением (n = 24)**

Область	Встречаемость признака	
	Абс.	%
Лучезапястный сустав	8	33,3
Суставы запястья	14	58,3
I палец, пястно-фаланговые суставы	—	—
I палец, межфаланговые суставы	—	—
II палец, пястно-фаланговые суставы	9	37,5
II палец, дистальные межфаланговые суставы	1	4,1
II палец, проксимальные межфаланговые суставы	6	25
III палец, пястно-фаланговые суставы	4	16,6
III палец, дистальные межфаланговые суставы	—	—
III палец, проксимальные межфаланговые суставы	6	25
IV палец, пястно-фаланговые суставы	2	8,3
IV палец, дистальные межфаланговые суставы	—	—
IV палец, проксимальные межфаланговые суставы	1	4,1
V палец, пястно-фаланговые суставы	—	—
V палец, дистальные межфаланговые суставы	—	—
V палец, проксимальные межфаланговые суставы	—	—

межфаланговых суставах эрозии обнаружены в у 6 (25 %) пациентов. Единичные эрозии обнаружены в проксимальных межфаланговых суставах IV пальца и в дистальных межфаланговых суставах II пальца. Отсутствие эрозий наблюдалось во всех суставах I и V пальцев кисти (рис. 1).

По полученным данным наиболее информативными зонами для поиска эрозий в кистях при раннем ревматоидном артрите являются суставы запястий, лучезапястные суставы, пястно-фаланговые и межфаланговые суставы II–IV пальцев кистей. Таким образом, были определены «зоны интереса» для выполнения МФРГ кистей (на рис. 1 обозначены синим пунктиром). Установлено,

что «зоны интереса» имеют приблизительно одинаковые размеры (длину около 7,8 см и ширину порядка 6,3 см).

Учитывая, что максимальные размеры стандартной рентгеновской кассеты составляют 43 × 35 см, для определения масштаба увеличения при МФРГ был произведен расчет необходимых величин:

$$43/7,8 = 5,5$$

$$35/6,3 = 5,5.$$

Следовательно, для применения стандартной рентгеновской кассеты размером 35 × 43 см для изучения «зон интереса» предпочтительно использование увеличения изображения в 5,5 раза.

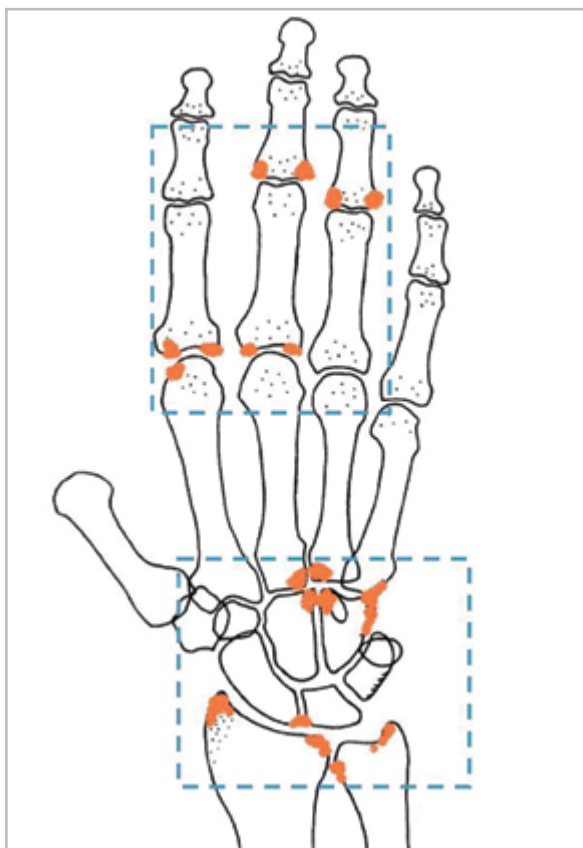


Рис. 1. Схема областей локализации эрозивных изменений в кистях пациентов с длительностью ревматоидного артрита до 12 мес по данным МРТ с контрастным усилением (обозначены оранжевым цветом)

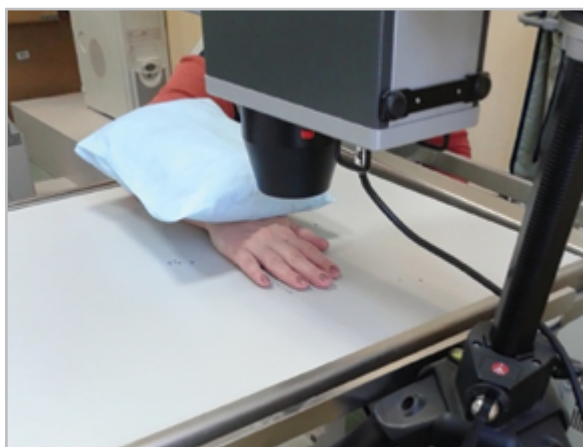


Рис. 2. Момент выполнения цифровой микрофокусной рентгенографии «зоны интереса» правой кисти с прямым увеличением изображения в 5,5 раза

Учитывается, что масштаб необходимого увеличения изображения для всех типов микрофокусных аппаратов определяется формулой

$$M = RP/RF,$$

где  $M$  — масштаб увеличения;  $RP$  — расстояние от объекта до приемника изображения;  $RF$  — расстояние от объекта до фокусного пятна трубки.

При помощи этой формулы были подобраны оптимальные значения расстояний от источника излучения до объекта съемки и от объекта съемки до приемника изображения (рентгеновской кассеты):

$$5,5 = 50/9$$

Из чего можно сделать вывод, что при обследовании пациентов методом МФРГ, расстояние от объекта до приемника изображения должно составлять 50 см, расстояние от объекта до фокусного пятна трубки — 9 см (рис. 2).

При проведении МФРГ  $\times 5,5$  кисти пациент располагается рядом с рентгенопрозрачным столом. Исследуемая конечность помещается на поверхность стола. При этом она должна находиться примерно на уровне подмышечной ямки. Локоть согнут под прямым углом, предплечье полностью находится на столе. Кисть располагали так, чтобы ее проекция визуально проецировалась по центру цифровой кассеты с небольшим отклонением в локтевую сторону и чтобы указательный палец оказался на одной линии с лучевой костью. Ладонь и запястье плотно прижаты к столу. Для фиксации предплечья и кисти при съемке (для исключения динамической нерезкости) использовался утяжелитель. Пучок рентгеновских лучей был центрирован на средней части проксималь-

ной фаланги II пальца, центральный луч направлен под прямым углом к плоскости кассеты.

Примеры рентгенограмм кистей пациентов с ранним ревматоидным артритом, полученных при помощи цифровой МФРГ с прямым увеличением изображения в 5,5 раза, представлены на рис. 3.

По результатам исследования разработан оптимальный метод проведения МФРГ кистей пациентов с ревматоид-

ным артритом, с учетом «зон интереса», подтвержденных результатами МРТ. Также были подобраны оптимальные параметры съемки, такие, как фокусное расстояние от рентгеновской трубки до объекта и от объекта до приемника изображения, что позволило повысить эффективность использования метода микрофокусной съемки кистей при ревматоидном артрите.

Ниже приведены результаты применения разработанного метода МФРГ

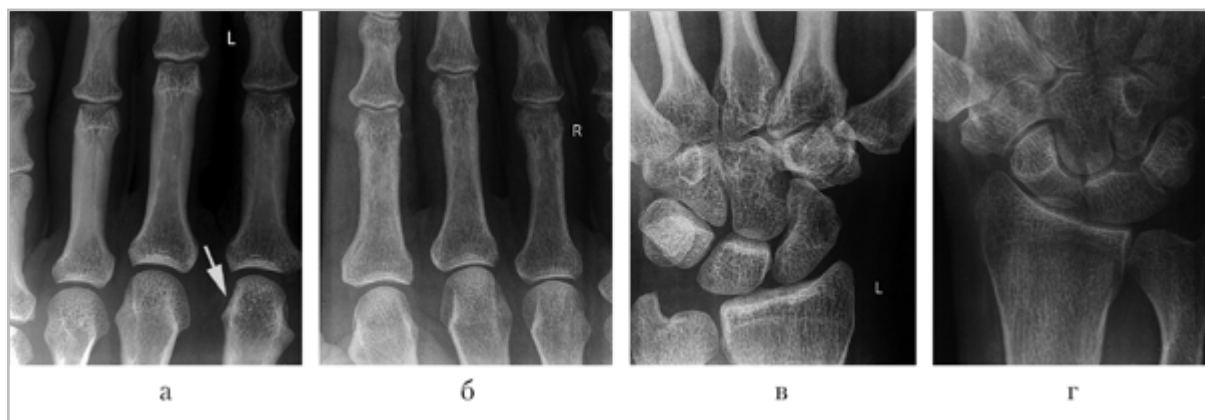


Рис. 3. Рентгенограммы пациента М., 32 года. Диагноз «ревматоидный артрит». Длительность заболевания 3 мес. Представлены результаты микрофокусной рентгенографии с прямым увеличением изображения в 5,5 раза «зон интереса» кистей. Стрелкой отмечена выявленная эрозия костной ткани

Таблица 2

**Рентгенологические признаки поражения кистей у больных ранним (до 12 мес) ревматоидным артритом по результатам классической рентгенографии (n = 30)**

Выявленные признаки	Встречаемость признака	
	Абс.	%
Околосуставной остеопороз	18	60
Сужение суставной щели	12	40
Кистовидные просветления	14	46,6
Эрозии	6	20
Вывихи и подвывихи	2	6,6
Отек мягких тканей	16	53,3
Отсутствие изменений	8	26,7

×5,5 для выявления деструктивных изменений в суставах кистей у пациентов с ранним (до 12 мес) ревматоидным артритом в сравнении с результатами КР.

В табл. 2 представлены результаты применения КР для обследования кистей у данной группы пациентов.

Наиболее частым изменением, выявленным на рентгенограммах, был околосуставной остеопороз (60 % пациентов) и увеличение объема мягких тканей (отек) вокруг суставов (53,3 % пациентов). Оба признака относятся к ранним проявлениям ревматоидного артрита и могут обнаруживаться в течение первых недель от начала заболевания.

Эрозии костной ткани определялись у 6 (20 %) пациентов.

Неравномерное сужение суставных щелей и кистовидные просветления костной ткани по данным КР определялись у 40 и 46,6 % пациентов.

Отсутствие каких-либо изменений при применении классической рентгенографии определялось у 8 (26,7 %) пациентов.

Результаты применения МФРГ с прямым увеличением изображения в 5,5 раза для обследования кистей пациентов с ранним ревматоидным артритом отражены в табл. 3.

Околосуставной остеопороз определялся у 63,3 % пациентов. Отек мягких тканей удалось выявить у 20 (66,7 %) больных, что свидетельствовало о том, что МФРГ (в сравнении с классической) позволяет несколько лучше произвести дифференцировку мягкотканых изменений в области пораженных суставов. Кроме того, МФРГ по сравнению с классической позволяла выявить достоверно большее число эрозий (по результатам КР эрозии определялись у 20 % пациентов, по результатам МФРГ ×5,5 — у 56,6 %) ( $p_{\text{ТМФ}} < 0,01$ ;  $p_{\chi^2} < 0,01$ ). Стоит отметить, что по результатам МРТ с контрастным усилением эрозии костной ткани были обнаружены в 80 % наблюдений.

В отличие от КР, МФРГ ×5,5 позволяла обнаружить эрозии, которые находились в области суставных поверхностей костей, по контуру кости. Такие эрозии

Таблица 3

**Рентгенологические признаки поражения кистей у больных ранним (до 12 мес) ревматоидным артритом по результатам микрофокусной рентгенографии с прямым увеличением изображения в 5,5 раза (n=30)**

Выявленные признаки	Встречаемость признака	
	Абс.	%
Околосуставной остеопороз	19	63,3
Сужение суставной щели	11	36,7
Кистовидные просветления	16	53,3
Эрозии	17	56,6
Вывихи и подвывихи	1	3,3
Отек мягких тканей	20	66,7
Отсутствие изменений	5	16,7

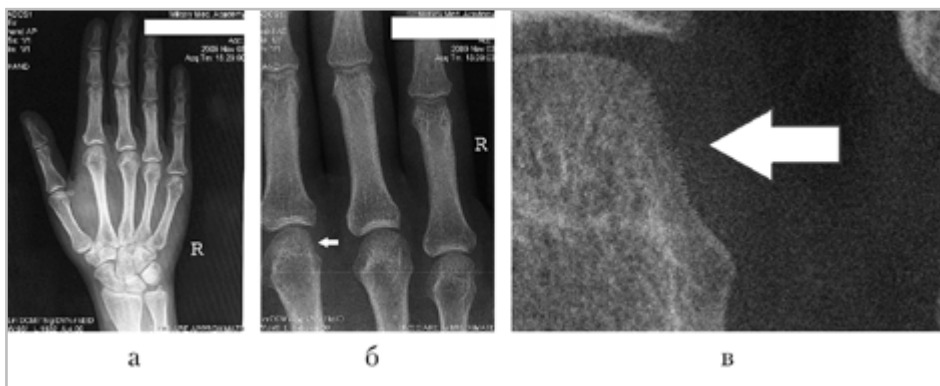


Рис. 4. Рентгенограммы пациента А., 34 года. Диагноз «ревматоидный артрит». Длительность заболевания 3 мес. На рентгенограмме правой кисти (а) патологических изменений не определяется. На рентгенограмме правой кисти, выполненной при помощи микрофокусной рентгенографии с прямым увеличением изображения в 5,5 раза (б, в), в области головки II пястной кости определяется краевая эрозия (стрелка)

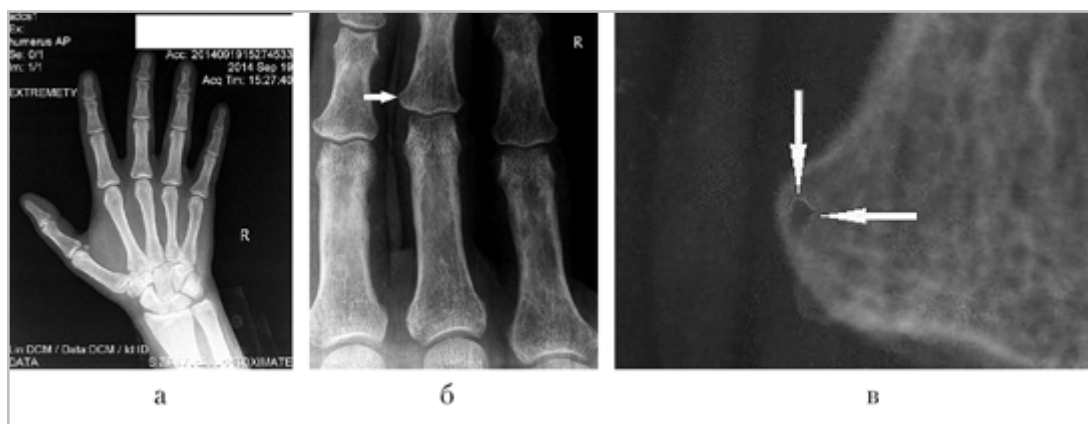


Рис. 5. Рентгенограммы пациента М., 54 года. Диагноз «ревматоидный артрит». На рентгенограмме кисти (а) патологических изменений не определяется. На рентгенограмме кисти, выполненной при помощи микрофокусной рентгенографии с прямым увеличением изображения в 5,5 раза (б, в), в области основания средней фаланги III пальца определяется кистовидное просветление костной ткани, очерченное склеротическим ободком (стрелка)

определялись как краевой плоский дефект костной ткани, имеющий вид узкой полосы деструкции в основном в области прикрепления капсулы сустава (рис. 4).

Важно отметить, что выявленные при обследовании изменения позволяли отнести часть пациентов сразу ко II рентгенологической стадии ревматоидного артрита.

Сужения суставной щели и кистовидные просветления костной ткани были выявлены у 36,7 и 53,3 % пациентов соответственно. Хотя увеличение частоты выявления этих изменений методом МФРГ  $\times 5,5$ , по сравнению с КР не являлось достоверным ( $p_{\text{TMF}} > 0,1$ ;  $p_{\chi^2} > 0,1$ ), использование МФРГ позволяло четче выявлять основной признак (рис. 5), позволяющий отличить кистовидное



просветление от эрозии, — наличие склеротического ободка.

Отсутствие рентгенологических изменений при использовании МФРГ определялось у 16,7 % пациентов.

## Выводы

1. Разработана методика цифровой МФРГ для обследования кистей пациентов с ранним ревматоидным артритом с использованием оптимальных параметров съемки (прямое увеличение изображения в 5,5 раза) и учетом наиболее информативных зон для поиска деструктивных изменений в кистях у данной группы пациентов.
2. По результатам сравнительного анализа доказана высокая эффективность разработанной методики МФРГ для выявления деструктивных изменений в кистях у пациентов с ранним ревматоидным артритом.

## Список литературы

1. Васильев А. Ю., Петровская В. В., Перова Н. Г. Малодозовая микрофокусная рентгенография в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии // Радиология — практика. 2011. № 6. С. 26–33.
2. Ikeda K., Sanayama Yu., Nakagomi D., Nakajima H. Evaluation of joint damage with conventional radiograph and synovitis with musculoskeletal ultrasonography in rheumatoid arthritis // Nihon Rinsho. 2013. V. 71. № 7. P. 1185–1192.

3. Rosado-de-Castro P. H., Lopes de Souza S. A., Alexandre D., Barbosa da Fonseca L. M., Gutfilen B. Rheumatoid arthritis: nuclear medicine state of the art imaging // World J. Orthop. 2014. V. 5. № 3. P. 312–318.
4. Salaffi F., Gutierrez M., Carotti M. Ultrasound versus conventional radiography in the assessment of bone erosions in rheumatoid arthritis // Clin. Exp. Rheumatol. 2014. V. 80. № 30. P. 85–90.

## References

1. Vasil'ev A. Yu., Petrovskaya V. V., Perova N. G. Low dose microfocus X-rays in dentistry and maxillofacial surgery. Radiology – practice. 2011. No. 6. P. 26–33 (in Russian).
2. Ikeda K., Sanayama Yu., Nakagomi D., Nakajima H. Evaluation of joint damage with conventional radiograph and synovitis with musculoskeletal ultrasonography in rheumatoid arthritis. Nihon Rinsho. 2013. V. 71. No. 7. P. 1185–1192.
3. Rosado-de-Castro P. H., Lopes de Souza S. A., Alexandre D., Barbosa da Fonseca L.M., Gutfilen B. Rheumatoid arthritis: nuclear medicine state of the art imaging. World J. Orthop. 2014. V. 5. No. 3. P. 312–318.
4. Salaffi F., Gutierrez M., Carotti M. Ultrasound versus conventional radiography in the assessment of bone erosions in rheumatoid arthritis. Clin. Exp. Rheumatol. 2014. V. 80. No. 30. P. 85–90.

## Сведения об авторах

**Анохин Дмитрий Юрьевич**, начальник рентгеновского отделения кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова».  
Адрес: 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.  
Тел.: +7 (812) 292-33-47. Электронная почта: damixon@mail.ru

**Anokhin Dmitry Yur'evich**, Head of the Radiology Department of the Department Radiology with the Course of Ultrasound Diagnostics, Military-medical Academy named after S. M. Kirov, Russian Ministry of Defense.

Address: 6, ul. akademika Lebedeva, 194044, St. Petersburg, Russia.  
Phone number: +7 (812) 292-33-47. E-mail: damixon@mail.ru

**Железняк Игорь Сергеевич**, начальник кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова».  
Адрес: 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.  
Тел.: +7 (812) 292-33-47. Электронная почта: igzh@bk.ru

**Zheleznyak Igor Sergeevich**, Head of the Department Radiology with the Course of Ultrasound Diagnostics, Military-medical Academy named after S. M. Kirov, Russian Ministry of Defense.  
Address: 6, ul. akademika Lebedeva, 194044, St. Petersburg, Russia.  
Phone number: +7 (812) 292-33-47. E-mail: igzh@bk.ru

**Финансирование исследования и конфликт интересов.**

*Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*