

# ВОЗМОЖНОСТИ СОВМЕШНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОСРЕЗОВОЙ ЛИНЕЙНОЙ ЦИФРОВОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ И УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ТУБЕРКУЛЕЗНОГО ПОРАЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

DOI: 10.17691/stm2016.8.4.11

УДК 616.711–002.5–[073.756.8+073.48]–036

Поступила 17.12.2015 г.



**И.В. Шутихина**, к.б.н., зав. лабораторией диагностических методов обследования во фтизиатрии НИИ фтизиопульмонологии<sup>1</sup>;

**Ю.А. Цыбульская**, аспирант кафедры лучевой диагностики Института профессионального образования<sup>1</sup>;

**С.В. Смердин**, д.м.н., профессор, директор НИИ фтизиопульмонологии<sup>1</sup>;

**Н.В. Селюкова**, врач-рентгенолог Университетской клинической больницы фтизиопульмонологии<sup>1</sup>;

**О.В. Батури**н, врач-фтизиатр, зав. 2-м туберкулезным хирургическим отделением для больных костно-суставным туберкулезом<sup>2</sup>;

**Л.С. Коков**, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, зав. кафедрой лучевой диагностики Института профессионального образования<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, 127473, ул. Достоевского, 4;

<sup>2</sup>Туберкулезная клиническая больница №3 им. профессора Г.А. Захарьина

Департамента здравоохранения Минздрава России, Москва, 125466, Куркинское шоссе, 29

**Цель исследования** — оценить возможности совместного использования многосрезовой линейной цифровой рентгеновской томографии (томосинтеза) и ультразвукового исследования в диагностике туберкулезного поражения позвоночника.

**Материалы и методы.** В исследование включено 117 больных с туберкулезным спондилитом (n=46) и гематогенным остеомиелитом позвоночника (n=71), проходивших лечение в НИИ фтизиопульмонологии ПМГМУ им. И.М. Сеченова с 2010 по 2015 гг.

**Результаты.** Уточнены основные лучевые признаки туберкулезного спондилита и гематогенного остеомиелита позвоночника при многосрезовой линейной рентгеновской томографии. Характерными в отношении туберкулезного спондилита являются: смешанная литическая деструкция тел позвонков (p=0,04), переднеклиновидная деформация на 2/3 и более высоты тел позвонков (p=0,04), редкое поражение дужек, поперечных и/или остистых отростков (p=0,05). Определена диагностическая эффективность стандартной рентгенографии, КТ, томосинтеза и сочетания томосинтеза и УЗИ в выявлении воспалительных изменений в паравертебральных тканях у пациентов с туберкулезом позвоночника. Чувствительность методов составила 71,6; 90,2; 80,0 и 88,5% соответственно, специфичность — 79,2; 93,1; 84,0 и 81,8% соответственно. Анализ диагностической значимости лучевых методов в дифференциальной диагностике туберкулеза и остеомиелита позвоночника выявил лучшие показатели чувствительности у КТ (89,7%) и многосрезовой линейной цифровой рентгеновской томографии (84,6%) по сравнению со стандартной рентгенографией (82,2%). Специфичность методов составила 84,0; 79,3 и 76,1% соответственно.

**Заключение.** Комбинация многосрезовой линейной рентгеновской томографии и УЗИ позволяет существенно снизить лучевую нагрузку при обследовании пациентов с подозрением на туберкулезный спондилит.

**Ключевые слова:** туберкулез позвоночника; туберкулезный спондилит; остеомиелит позвоночника; лучевая диагностика; томография; томосинтез.

**Как цитировать:** Shutikhina I.V., Tsybul'skaya Y.A., Smerdin S.V., Selyukova N.V., Baturin O.V., Kokov L.S. Capabilities of combined application of multislice linear digital X-ray tomography and ultrasound examination in diagnosing spinal tuberculous lesion. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2016; 8(4): 82–91, <https://doi.org/10.17691/stm2016.8.4.11>

Для контактов: Цыбульская Юлия Александровна, e-mail: zena2004@yandex.ru

English

## Capabilities of Combined Application of Multislice Linear Digital X-Ray Tomography and Ultrasound Examination in Diagnosing Spinal Tuberculous Lesion

I.V. Shutikhina, PhD, Head of the Laboratory of Diagnostic Methods of Examination in Phthisiology of the Research Institute of Phthisiopulmonology<sup>1</sup>;

Y.A. Tsybul'skaya, PhD Student, Department of Radiodiagnostics, Institute of Professional Education<sup>1</sup>;

S.V. Smerdin, MD, DSc, Professor, Director of the Research Institute of Phthisiopulmonology<sup>1</sup>;

N.V. Selyukova, Rentgenologist, University Clinical Hospital of Phthisiopulmonology<sup>1</sup>;

O.V. Baturin, Phthisiatrician, Head of the 2<sup>nd</sup> Tuberculous Surgical Unit for Patients with Osteoarticular Tuberculosis<sup>2</sup>;

L.S. Kokov, MD, DSc, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Radiodiagnostics, Institute of Professional Education<sup>1</sup>

<sup>1</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, 4 Dostoyevsky St., Moscow, 127473, Russian Federation;

<sup>2</sup>G.A. Zakharyin Tuberculous Clinical Hospital No.3, Ministry of Health of the Russian Federation, 29 Kurkinskoye Shosse, Moscow, 125466, Russian Federation

**The aim of the investigation** was to assess the capabilities of combined application of multislice linear digital X-ray tomography (tomosynthesis) and ultrasound examination in diagnosing spinal tuberculous lesion.

**Materials and Methods.** 117 patients with tuberculous spondylitis (n=46) and hematogenous vertebral osteomyelitis (n=71), treated from 2010 to 2015 in the Research Institute of Phthisiopulmonology affiliated to I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, were included into the study.

**Results.** The main radiation signs of tuberculous spondylitis and hematogenous vertebral osteomyelitis using multislice linear X-ray tomography have been specified. The following is characteristic of tuberculous spondylitis: mixed lytic destruction of vertebral bodies (p=0.04), anterior wedge-shaped deformation of the 2/3 and more of the vertebral body height (p=0.04), a rare damage of the arches, transverse and/or spinous processes (p=0.05). A diagnostic efficacy of the standard roentgenography, CT, tomosynthesis and a combination of tomosynthesis and US examination in revealing inflammatory changes in paravertebral tissues in patients with spinal tuberculosis has been determined. The sensitivity of the methods was 71.6, 90.2, 80.0 and 88.5% respectively, specificity amounted to 79.2, 93.1, 84.0 and 81.8%, respectively. The analysis of the diagnostic significance of the radiation techniques in differential diagnosis of tuberculosis and spinal osteomyelitis estimated the best values of sensitivity in CT (89.7%) and multislice linear digital X-ray tomography (84.6%) compared to the standard roentgenography (82.2%). Specificity was equal to 84.0, 79.3 and 76.1%, respectively.

**Conclusion.** The combination of multislice linear digital X-ray tomography and US examination enables a significant reduction of radiation dose during examination of patients suspected of tuberculous spondylitis.

**Key words:** spinal tuberculosis; tuberculous spondylitis; vertebral osteomyelitis; radiation diagnosis; tomography; tomosynthesis.

В последние годы в связи с увеличением количества случаев туберкулеза в сочетании с ВИЧ-инфекцией и сахарным диабетом наблюдается значительное утяжеление состояния госпитализируемых пациентов, в том числе и с экстрапульмональным туберкулезом [1–4].

Наиболее типичной для внелегочного туберкулеза является костно-суставная локализация, которая составляет 10–26% от общего числа больных [5–8]. Поражаются различные отделы скелета, но в 50–60% случаев — позвоночник [9–14].

Диагноз «туберкулез позвоночника», как правило, основывается на комплексной оценке клинических проявлений, данных лабораторных методов и результатов лучевых исследований. Тем не менее даже при наличии высокотехнологичных методов диагностики туберкулезный спондилит до сих пор выявляют в 40%

случаев на поздних стадиях, а распространенные и осложненные формы встречаются у 70% взрослых пациентов [6].

Лучевые методы играют ведущую роль в диагностике туберкулеза позвоночника [15, 16]. Применение КТ, безусловно, улучшает диагностику туберкулезного спондилита, позволяя обнаружить изменения, которые не визуализируются при обычной рентгенографии. Однако такие факторы, как высокая лучевая нагрузка (особенно при диагностике нескольких сегментов позвоночника), высокая стоимость исследования по сравнению с классической рентгенографией, не позволяют применять КТ часто, например при динамическом наблюдении пациентов в процессе лечения. На сегодняшний момент наиболее доступным методом выявления костной деструкции в позвоночнике продолжает

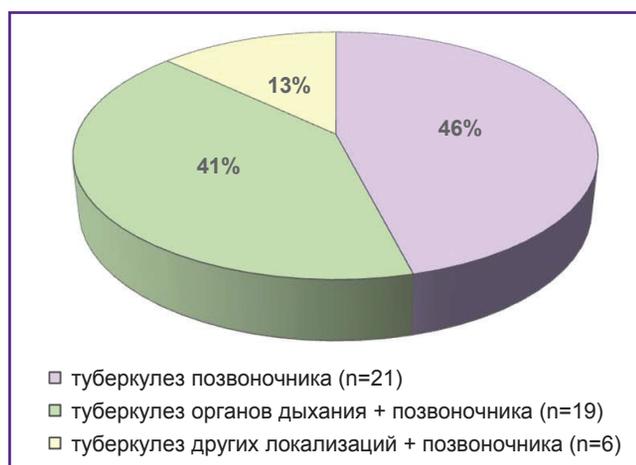
оставаться традиционная рентгенография, при которой визуализировать патологические изменения на ранних этапах развития инфекционного процесса невозможно. Данная ситуация обуславливает поиск новых методов, позволяющих нивелировать практически все недостатки, характерные для стандартной рентгенографии и томографии [17]. Таким методом является многосрезовая линейная цифровая рентгеновская томография (томосинтез). Однако работ, посвященных выявлению туберкулеза позвоночника с помощью томосинтеза, нами не найдено.

Дополнительным методом диагностики изменений в паравертебральных тканях при туберкулезном спондилите служит ультразвуковое исследование (УЗИ). С его помощью можно установить протяженность воспалительного процесса в мышцах, уточнить его объем и связь с окружающими органами, что позволяет решить вопрос о хирургическом доступе и объеме вмешательства [18]. Место ультразвукового исследования во фтизиатрической практике, особенно при обследовании пациентов с изменениями в позвоночнике, также определено не до конца.

Оценка возможностей совместного использования этих методов в диагностике туберкулезного спондилита послужит более своевременному и качественному выявлению изменений в позвоночном столбе и окружающих тканях при туберкулезном процессе.

**Цель исследования** — оценить возможности совместного использования многосрезовой линейной цифровой рентгеновской томографии (томосинтеза) и ультразвукового исследования в диагностике туберкулезного поражения позвоночника.

**Материалы и методы.** В исследование включено 117 больных со специфическими и неспецифическими спондилитами, проходивших лечение в НИИ фтизиопульмонологии ПМГМУ им. И.М. Сеченова за период с 2010 по 2015 гг. Морфологическое подтверждение диагноза выполнено во всех наблюдениях.



**Рис. 1.** Распределение больных в группе с туберкулезным спондилитом в зависимости от первичной локализации туберкулезного процесса

Для анализа пациенты были разделены на две группы. В 1-й группе с диагнозом «туберкулез позвоночника» обследовано 46 пациентов (28 мужчин, 18 женщин), средний возраст —  $48,1 \pm 2,2$  года. Во 2-ю группу с диагнозом «гематогенный остеомиелит позвоночника» вошел 71 пациент (46 мужчин, 25 женщин), средний возраст —  $50,8 \pm 1,6$  года. Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией, принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия), и одобрено Этическим комитетом ПМГМУ им. И.М. Сеченова. От каждого пациента получено информированное согласие.

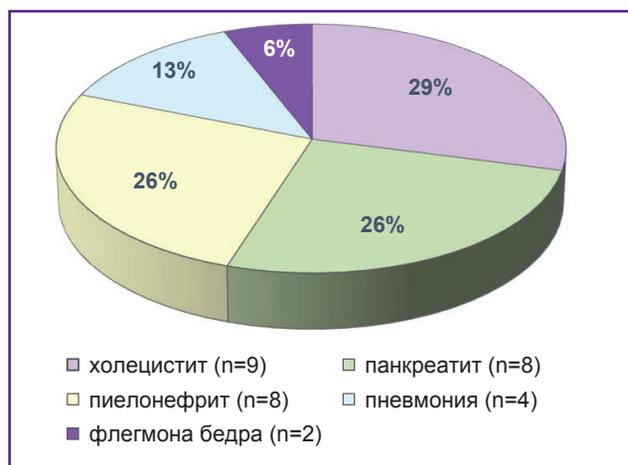
В 1-й группе позвоночник являлся первичной локализацией туберкулезного процесса у 21 больного (45,7%). В других наблюдениях гранулематозное воспаление в позвоночнике развивалось на фоне туберкулеза легких и других органов (рис. 1).

Среднее время от появления боли в пораженном отделе позвоночника до обращения пациента к врачу составляло  $6,02 \pm 0,66$  мес.

Во 2-й группе с остеомиелитом позвоночника у 31 больного (43,7%) в анамнезе отмечались воспалительные заболевания и оперативные вмешательства (рис. 2). Сроки после операции до возникновения жалоб на боль в позвоночнике составляли от 1 до 15 мес, в среднем —  $4,8 \pm 1,2$  мес. Анамнез по легочному туберкулезу был отягощен у 4 больных, причем во всех наблюдениях туберкулез легких был представлен очаговой формой без клинических, лабораторных и рентгенологических признаков активности.

В среднем у пациентов с остеомиелитом позвоночника время от появления боли в пораженном отделе позвоночника до обращения к врачу составляло  $1,9 \pm 0,2$  мес.

Всем 117 больным выполнялось стандартное рентгенологическое исследование на аппарате «КАРС-БКС2» («МЕДТЕХ», Россия). Рентгеновскую



**Рис. 2.** Сопутствующие заболевания у больных с гематогенным остеомиелитом позвоночника

компьютерную томографию проводили 80 больным на спиральном компьютерном томографе Scenaria (Hitachi, Япония), 64 среза.

Многосрезовую линейную цифровую рентгеновскую томографию (томосинтез) выполняли на рентгенодиагностическом комплексе SONIALVISION SAFIRE 17 R/F (Shimadzu, Япония). Исследование позвоночного столба в двух проекциях в режиме томосинтеза проводили в 55 наблюдениях. Прямую проекцию выполняли по стандартному протоколу. Толщина среза составляла 2 мм в шейном и поясничном отделах и 3 мм — в грудном отделе. При проведении томосинтеза поясничного отдела в боковой проекции возникали диагностические трудности: при стандартных установках аппарата не удавалось визуализировать позвонки по всей ширине и окружающие позвоночник ткани. В этом случае на изображениях поясничного отдела позвоночника в прямой проекции мы дополнительно проводили измерения высоты и ширины зоны сканирования. Таким образом, при обследовании поясничного отдела был использован персонализированный подход с учетом высоты лордоза у каждого пациента.

Сравнение эффективных доз облучения при обследовании шейного, грудного или поясничного отделов позвоночника разными методами показало, что при проведении стандартной рентгенографии доза облучения — наименьшая (табл. 1).

Ультразвуковое исследование паравертебральных тканей было выполнено 37 больным на УЗ-приборе Preirus HI Vision (Hitachi, Япония) секторным датчиком с частотой излучения 4 МГц и линейным датчиком с частотой излучения 5–10 МГц. Пациент находился в положении лежа на животе, с опорой головы на предплечья, согнутые в локтевых суставах. УЗИ проводили

в горизонтальной, сагиттальной и парасагиттальных плоскостях с оценкой кровотока в окружающих тканях и абсцессах в режиме цветового доплеровского картирования.

Статистическую обработку материала производили с помощью математического пакета Statistica, Release 10.0. Различия частот оценивали с помощью непараметрического критерия  $\chi^2$ , для малых выборок — точного критерия Фишера. Для проверки гипотезы о статистической значимости различий значений в группах применяли метод парных сравнений с использованием критерия Стьюдента ( $p < 0,05$ ) и 95% доверительного интервала во всех случаях. Оценку чувствительности, специфичности и точности, прогностической ценности положительного и отрицательного результатов лучевых методов проводили по стандартным формулам.

**Результаты.** Всего было проанализировано 105 пораженных позвонков и 63 межпозвонковых диска у 46 больных с туберкулезом позвоночника и 158 пораженных позвонков и 96 межпозвонковых дисков у 71 больного с гематогенным остеомиелитом позвоночника.

При туберкулезном спондилите патологический процесс в 42 (91,3%) случаях затрагивал два смежных позвонка в одном сегменте позвоночника или на границе отделов. В двух наблюдениях выявлено туберкулезное солитарное поражение позвонка L1, что подтверждено морфологическим исследованием. У двух пациентов туберкулезный спондилит локализовался в разных сегментах позвоночного столба (грудной и поясничной) без вовлечения позвонков на уровне грудно-поясничного перехода. Наиболее часто и практически в равной степени поражались грудной (37,5%) и поясничной (33,3%) отделы. В 7 наблюдениях отмечена многоуровневая локализация с поражением двух сегментов и вовлечением от трех до пяти позвонков.

Статистически значимых различий в количестве пораженных тел позвонков в обеих группах пациентов, выявленных с помощью рентгеновских методов (стандартная рентгенография, КТ, томосинтез), не установлено.

При оценке полученных данными методами результатов было выделено три типа деструкции тел позвонков (рис. 3): 1) субхондральная деструкция (плоскостная, которая чаще затрагивает две смежные замыкательные пластины); 2) очаговая (участки округлой или овальной формы); 3) смешанная (сочетание первых двух видов).

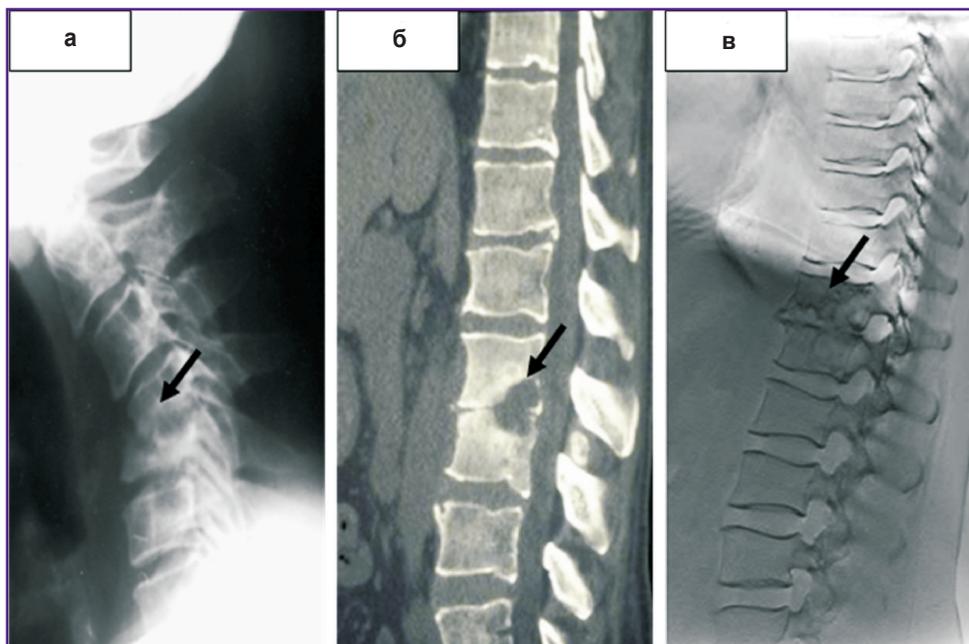
Статистически значимые различия значений в исследуемых группах по результатам трех методов наблюдались у таких признаков, как тип деструкции и вовлечение в воспалительный процесс задних отделов позвоночного столба. При туберкулезе достоверно чаще встречалась смешанная деструкция ( $p = 0,04$ ), для остеомиелита характерно развитие субхондральной литической деструкции ( $p = 0,03$ ) и поражение задних отделов позвонков ( $p = 0,05$ ).

Таблица 1

**Эффективные дозы облучения при рентгеновских методах обследования, мЗв**

Область исследования позвоночника	Стандартная рентгенография	Томосинтез	КТ
Шейный отдел:			
ПП	0,033	0,074	
БП	0,09	0,31	0,5–0,7
Σ	0,123	0,384	
Грудной отдел:			
ПП	0,232	0,185	
БП	0,154	0,185	
Σ	0,386	0,37	4,2–5,2
Поясничный отдел:			
ПП	0,347	0,97	
БП	0,191	2,35	5,6–8,2
Σ	0,538	3,32	

Примечание. ПП — прямая проекция, БП — боковая проекция, Σ — суммарная доза.



**Рис. 3.** Типы литической деструкции тел позвонков при туберкулезном спондилите, выявленной тремя методами: а — рентгенографией (боковая проекция, субхондральная деструкция позвонков С4, С5 — стрелка); б — КТ (реконструкция в сагиттальной проекции, очаговая деструкция в задних отделах позвонков L3, L4 — стрелка); в — с помощью томосинтеза (боковая проекция, смешанная деструкция позвонков Th11, Th12 — стрелка)

Секвестрацию при туберкулезе позвоночника наблюдали чаще, чем при остеомиелите; она была выявлена при стандартной рентгенографии в 12,7% позвонков (7 из 55), при КТ — в 34,8% (24 из 69), при томосинтезе — в 20% (11 из 55). Следовательно, томосинтез превосходит стандартную рентгенографию в визуализации секвестров, но уступает КТ. Для чистоты исследования оценку данного признака проводили в относительно равных группах: при стандартной рентгенографии — 55 пораженных позвонков, при КТ — 69, при томосинтезе — 55. С этой целью из общей группы пациентов ( $n=46$ , 105 пораженных позвонков), которым выполняли стандартную рентгенографию, были исключены больные, у которых не использовали томосинтез.

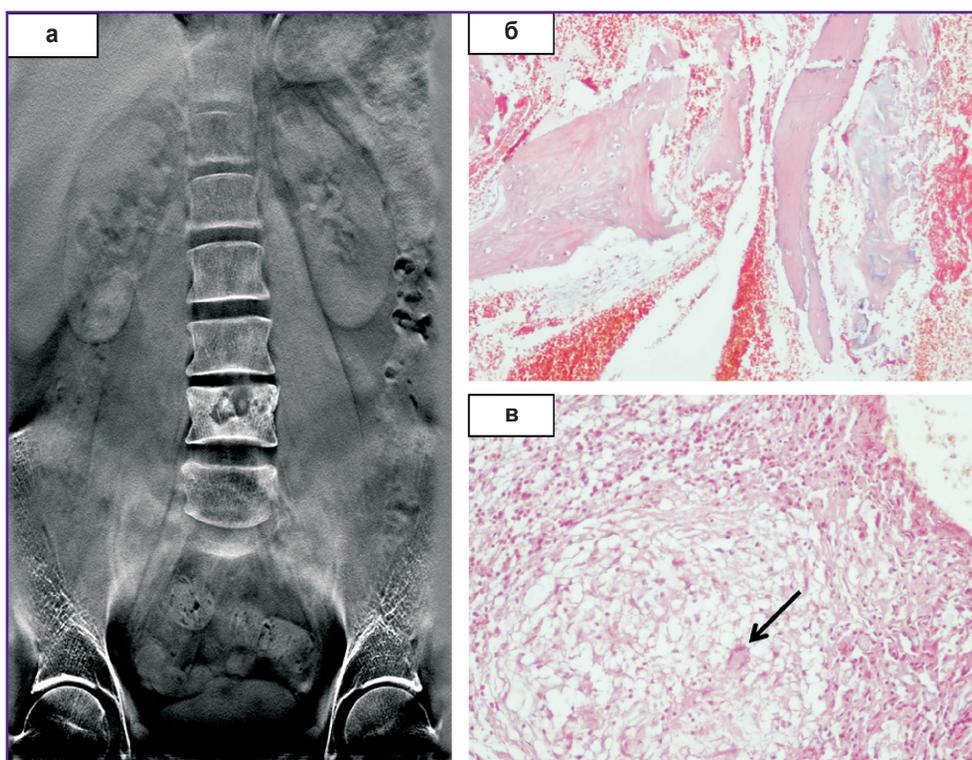
Фоновое разрежение в телах пораженных позвонков было выявлено у 23,1% пациентов с туберкулезом позвоночника и у 23,4% — с гематогенным остеомиелитом позвоночника. Остеосклероз отмечали у 42,1% пациентов с туберкулезом позвоночника и у 34,2% — с гематогенным остеомиелитом. Статистически значимых различий в оценке данных признаков в телах пораженных позвонков с помощью трех рентгеновских методов не получено. Во всех случаях остеосклероз был выявлен у пациентов при длительном течении заболевания ( $p<0,05$ ). Таким образом, при сравнении двух групп установлено, что характерными признаками остеомиелита по сравнению с туберкулезным спондилитом являются: более короткий срок заболеваемости ( $p=0,01$ ), снижение вы-

соты позвонка на 1/3 тела и менее ( $p=0,04$ ) и более редкое развитие переднеклиновидной деформации тел позвонков ( $p=0,05$ ). Вероятнее всего, это связано с тем, что при остеомиелите из-за сильного болевого синдрома пациенты обращаются за медицинской помощью на ранней стадии и с учетом жалоб проводится прицельное лучевое исследование позвоночника. Это позволяет предупредить развитие необратимой деформации позвоночного столба.

Для оценки возможностей лучевых методов диагностики было проведено сопоставление рентгенологического заключения с морфологическим диагнозом (рис. 4).

Для всех трех методов были рассчитаны показатели чувствительности (это вероятность положительного результата у больного, характеризующая способность метода выявлять туберкулезное поражение позвоночника в тех случаях, когда оно действительно имеется) и специфичности (способности метода выявлять группу с отсутствием туберкулезного поражения позвоночника). Наиболее высокие показатели чувствительности в выявлении туберкулеза позвоночника наблюдаются при использовании КТ (89,7%) (табл. 2). При томосинтезе чувствительность составила 84,6%, при стандартной рентгенографии — 82,2%.

На фоне деструктивных изменений для спондилитов характерно распространение воспаления на паравертебральные ткани. В рамках исследования нами был проведен анализ данных УЗИ у 15 из 46 пациентов с туберкулезным спондилитом и у 22 из



**Рис. 4.** Исследование поясничного отдела позвоночника у больного со спондилитом: а — томосинтез; деструкция тела позвонка L4 с формированием секвестров; б — фрагменты костной ткани с признаками деструкции, полнокровие; в — соединительная ткань с наличием туберкулезной гранулемы, содержащей гигантскую многоядерную клетку Пирогова–Ланганса (стрелка); окраска гематоксилином и эозином, x200

Таблица 2

**Возможности различных методов лучевой диагностики в выявлении туберкулезного спондилита, %**

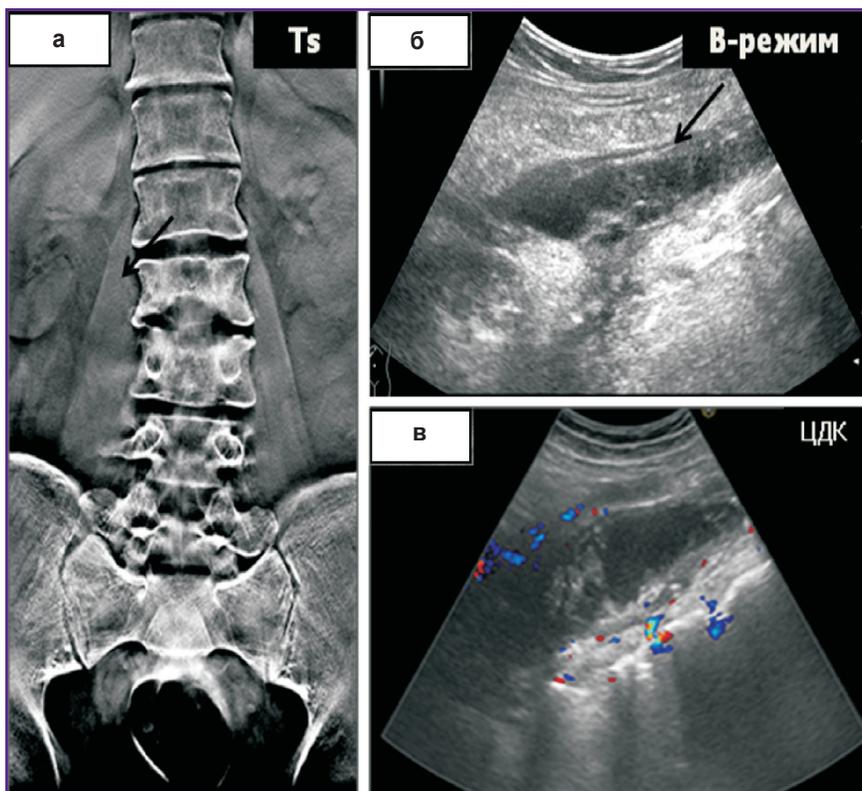
Показатели	Рентгенография (n=117)	КТ (n=80)	Томосинтез (n=55)
Чувствительность	82,2	89,7	84,6
Специфичность	76,1	84,0	79,3
Точность	78,4	85,0	81,8

71 — с гематогенным остеомиелитом позвоночника. Выполнена сравнительная оценка изменений паравертебральных мягких тканей спины при туберкулезе и остеомиелите позвоночника. У 20 пациентов (54,1%) было выявлено два варианта развития воспалительной реакции в мягких тканях при туберкулезе и остеомиелите позвоночника: абсцесс (n=15; 75%) и инфильтрат (n=5; 35%).

У пациентов обеих групп не установлено статистически значимых различий при оценке в В-режиме следующих УЗ-признаков абсцессов и инфильтратов: контуров, структуры, экзогенности. В режиме цветового доплеровского картирования зона воспа-

ления в паравертебральной области при остеомиелите может иметь небольшие участки повышения кровотока вокруг или в капсуле образования. В туберкулезных воспалительных натечниках, как правило, не выявляются участки повышенного кровотока, что соответствует понятию «холодный абсцесс» (рис. 5).

При УЗИ в двух группах не во всех случаях удавалось визуализировать признаки паравертебрального воспалительного процесса. В 6 наблюдениях околопозвоночные ткани были асимметрично утолщены, с продолговатыми включениями пониженной экзогенности вдоль мышечных волокон, без признаков повышения кровотока в режиме цветового доплеровского картирования, что не было расценено как воспаление (ложноотрицательные результаты). В 1 случае был ложноотрицательный результат при локализации в грудном отделе позвоночника, что связано с разрешающей способностью метода. Ложноположительные результаты у 2 больных были связаны с визуализацией асимметрично диффузно-утолщенной подвздошно-поясничной мышцы, с мелкими гипозоногенными включениями в толще мышечных волокон и четко-нечеткими границами, что было принято за инфильтрацию. Объективные ограничения УЗИ при диагностике паравертебральных абсцессов: ребра, выраженная



**Рис. 5.** Исследование больного туберкулезом позвоночника: а — томосинтез поясничного отдела позвоночника в переднезадней проекции; деструкция смежных поверхностей тел позвонков L3–L4; асимметрия подвздошно-поясничных мышц, без четких рентгеновских признаков наличия абсцесса; б — УЗ-изображение в В-режиме и в — в режиме цветового доплеровского картирования псоас-абсцесса при туберкулезе позвоночника. Полостное образование пониженной эхогенности с гетерогенными включениями, с четкими контурами на всем протяжении (стрелка); УЗ-признаков повышения кровотока в толще абсцесса не выявлено. Здесь Ts — томосинтез; ЦДК — цветное доплеровское картирование

Таблица 3

**Диагностическая эффективность лучевых методов в выявлении признака воспалительных изменений в паравертебральных тканях, %**

Показатели	Рентгенография (n=117)	КТ (n=80)	Томосинтез (n=55)	Томосинтез + УЗИ (n=37)
Чувствительность	71,6	90,2	80,0	88,5
Специфичность	79,2	93,1	84,0	81,8
Точность	72,6	91,3	81,6	86,5

подкожно-жировая клетчатка, жировая инволюция мышц.

Изменения в паравертебральных тканях были заподозрены в 28 случаях из 46 (60,9%) на рентгенограммах в прямой и боковой проекциях и в 17 случаях из 26 (65,4%) — при проведении томосинтеза. У 14 пациентов (30,4%) абсцесс был без обызвествлений. Обызвествление абсцесса было отмечено в 9 случаях (19,6%) при длительности заболевания более 8 мес, контуры при этом были четкие. У 5 человек были диагностированы инфильтраты без обызвествлений. Визуализация изменений в паравертебральной области при стандартной рентгенографии и многосрезовой линейной цифровой рентгеновской томографии была затруднена из-за относительно низкой разрешающей способности методов. Ложноположительные результаты при стандартной рентгенографии и томосинтезе возникали при локализации туберкулезного абсцесса в крестцовом

отделе (на уровне S3–S4), а также при диффузном утолщении подвздошно-поясничной мышцы. Ложноотрицательные результаты — при небольших размерах (до 2–3 см) паравертебрального абсцесса в шейном и грудном отделах, что, вероятнее всего, было связано с низкой плотностью натечников и суммацией теней. В 10% случаев абсцессы, которые не были выявлены при данных методах обследования, выявлялись при КТ.

При оценке эффективности лучевых методов в диагностике абсцесса или инфильтрата в околопозвоночных тканях чувствительность означает вероятность положительного результата и характеризует способность метода выявлять воспаление в паравертебральной области в тех случаях, когда оно действительно имеется, а специфичность — способность метода выявлять отсутствие воспалительных изменений в паравертебральных мышцах и тканях. Для оценки эффективности методов в выявлении паравертебральных абсцессов и инфильтратов (табл. 3) в группе пациентов с туберкулезом и остеомиелитом позвоночника результаты, полученные при лучевом исследовании, были подтверждены данными интраоперационных и морфологических изменений в паравертебральных тканях. В связи с тем, что нами не выявлено статистически значимых различий в проявлениях натечников при туберкуле-

зе позвоночника и остеомиелите, мы рассчитывали эффективность методов в двух группах, учитывая результаты рентгенографии у 117 пациентов, КТ — у 80 пациентов, томосинтеза — у 55 пациентов, УЗИ + томосинтеза — у 37 пациентов. Наиболее эффективным методом выявления изменений в паравертебральной области оказалась КТ. Комплекс «томосинтез + УЗИ» является более высокоинформативным по сравнению с классической рентгенографией, но уступает КТ. Снижение специфичности при данном сочетании методов связано с гипердиагностикой воспалительных изменений.

Точная диагностика воспаления в околопозвоночных тканях при туберкулезном спондилите и остеомиелите позвоночника позволяет уточнить данные о распространенности процесса и скорректировать тактику лечения.

**Обсуждение.** Классификация типов деструкции в нашем исследовании несколько отличается от классификации Г.М. Митусовой [18]. Автор приводит данные об очаговой, тотальной и контактной (по типу кариеса) деструкции тел позвонков при туберкулезном спондилите. При тотальной деструкции тело позвонка разрушено в значительной степени и представлено в виде большого количества хаотично расположенных плотных костных фрагментов, часть которых может мигрировать в просвет позвоночного канала и прилежащие мягкие ткани. Замыкательные пластины позвонков при деструкции по типу кариеса «изъедены» без образования секвестров. С нашей точки зрения, термин «субхондральный тип литической деструкции» вместо «контактный» является более приемлемым, поскольку туберкулез позвоночника может поражать один позвонок, без перехода на смежную замыкательную пластину ниже- или вышележащих позвонков. Данный тип разрушения можно рассматривать как синоним «эпифизарной деструкции» [16]. Также мы посчитали нецелесообразным выделять тотальную деструкцию в отдельный вариант. Такое разрушение, по нашим данным, обусловлено компрессией тел позвонков и может развиваться при любом типе деструкции, что отражает агрессивность туберкулезного процесса и его длительность. Нередко к развитию тотальной деструкции приводит травма у пациентов с туберкулезом позвоночника на фоне уже измененных тел позвонков.

Характерный признак туберкулезного спондилита — вовлечение в патологический процесс двух контактных позвонков и межпозвоночного диска между ними [19]. При стандартной рентгенографии специфическое гранулематозное воспаление выявлялось в 100% случаев в телах позвонков или значительно реже (4,8%) в виде сочетания деструкции в телах, дугах и/или поперечных остистых отростках. Полученные результаты согласуются с данными ряда исследований, в которых указано, что туберкулезный процесс распространяется на дуги или отростки позвонков редко (2–10%) [19, 20]. В двух наших случаях на рентгенограммах не диагностировано вовлечение в

процесс задних отделов позвоночника, что было выявлено при КТ.

Использование КТ, безусловно, значительно улучшает диагностику туберкулезного спондилита, позволяя выявить и оценить глубину деструкции в «сложных» для рентгенологического исследования областях — в телах, дужках и поперечных отростках [20]. Многосрезовая линейная цифровая рентгеновская томография позволяет проводить более «тонкую» диагностику в отличие от стандартной рентгенографии [15, 21]: ее данные о костно-деструктивных изменениях в позвоночнике в большинстве случаев совпадали с результатами КТ.

Оценивая при туберкулезе такой признак, как секвестрация, мы отмечали расхождение наших результатов с частотой встречаемости данного признака в исследованиях других авторов [22]. Это может быть связано с тем, что наличие секвестрации мы оценивали лишь при визуализации классических рентгенологических признаков, описанных С.А. Рейнбергом в 1955 г. [23]. Типичный туберкулезный секвестр отличается округлой формой, небольшими размерами и имеет сходство с тающим кусочком сахара. В центральных отделах, таким образом, расположен более плотный участок некротизированной кости, окруженный зоной разрежения (грануляция). Хаотично расположенные костные отломки в просвете позвоночного канала или в полости деструкции классифицировались нами как фрагментация позвонков без секвестрации. По мнению С.А. Рейнберга, формирование секвестра не является признаком неблагоприятного или тяжелого течения. При туберкулезе позвоночника секвестр может целиком заместиться соединительной тканью с восстановлением нормальной костной структуры в отличие от остеомиелитического секвестра [23]. Следовательно, фрагментацию позвонков можно рассматривать как прогностически худший признак по сравнению с секвестрацией. Следует отметить, что многосрезовая линейная цифровая рентгеновская томография также превосходит стандартную рентгенографию в визуализации секвестров, но в некоторой степени уступает КТ.

На фоне деструктивных изменений для туберкулезного спондилита характерно формирование паравертебрального абсцесса, визуализация которого при стандартной рентгенографии затруднена из-за низкой разрешающей способности метода в визуализации мягкотканых образований [24]. Нами было выделено два варианта развития воспалительного процесса в околопозвоночных тканях при туберкулезе позвоночника: абсцесс и инфильтрат. К абсцессам мы относили ограниченное скопление гноя с четкими контурами по всему контуру. Инфильтраты не имели отчетливых границ с мышцами или тканями. По мнению П.Г. Корнева [25], инфильтрация является одним из этапов формирования истинного абсцесса. В период роста гранулемы на местах ее прорастания наблюдается инфильтрация в окружающие ткани и

значительная спаянность с ними наружной стенки натечника. В дальнейшем наружная стенка инфильтрация уплотняется и превращается в фиброзную ткань. В «старых» абсцессах внутренний слой может сделаться значительно толще и плотнее за счет соединительных разрастаний и отложений известковых солей [25].

Таким образом, любой из указанных лучевых методов имеет свои достоинства и недостатки в оценке изменений в позвоночнике и паравертебральной области при выявлении туберкулезного спондилита и проведении дифференциальной диагностики данного заболевания. Поиск точного, своевременного и доступного метода выявления туберкулезного процесса в позвоночнике будет способствовать предупреждению необратимых изменений и выбору правильной лечебной тактики.

**Заключение.** Комплексное применение томосинтеза позвоночника для оценки костных деструктивных изменений и УЗИ для диагностики паравертебральных абсцессов позволяет снизить лучевую нагрузку при обследовании пациентов с туберкулезом позвоночника, своевременно начать целенаправленное лечение, что значительно сокращает период предоперационной диагностики и позволяет улучшить прогноз заболевания.

В рамках нашего исследования впервые в Российской Федерации и мировой практике были определены лучевые признаки туберкулезного спондилита и гематогенного остеомиелита позвоночника при многосрезовой линейной цифровой рентгеновской томографии. Получены показатели эффективности (чувствительность, специфичность, точность) различных рентгеновских методов в диагностике данных заболеваний.

**Финансирование исследования и конфликт интересов.** Исследование не финансировалось какими-либо источниками, и конфликты интересов, связанные с данным исследованием, отсутствуют.

#### Литература/References

1. Zhang X., Ji J., Liu B. Management of spinal tuberculosis: a systematic review and meta-analysis. *J Int Med Res* 2013; 41(5): 1395–13407, <https://doi.org/10.1177/0300060513498023>.
2. Drobniowski F., Cooke M., Jordan J., Casali N., Mugwagwa T., Broda A., Townsend C., Sivaramakrishnan A., Green N., Jit M., Lipman M., Lord J., White P.J., Abubakar I. Systematic review, meta-analysis and economic modelling of molecular diagnostic tests for antibiotic resistance in tuberculosis. *Health Technol Assess* 2015; 19(34): 1–188, <https://doi.org/10.3310/hta19340>.
3. Yassi A., O'Hara L.M., Lockhart K., Spiegel J.M. Workplace programmes for HIV and tuberculosis: a systematic review to support development of international guidelines for the health workforce. *AIDS Care* 2013; 25(5): 525–543, <https://doi.org/10.1080/09540121.2012.712668>.
4. Yilmaz M.H., Mete B., Kantarci F., Ozaras R., Ozer H., Mert A., Mihmanli I., Ozturk R., Kanbergoglu K. Tuberculous,

brucellar and pyogenic spondylitis: comparison of magnetic resonance imaging findings and assessment of its value. *South Med J* 2007; 100(6): 613–614, <https://doi.org/10.1097/smj.0b013e3180600eaa>.

5. Ратобыльский Г.В., Ховрин В.В., Камалов Ю.Р., Батуринов О.В., Флеров К.Е., Можокина Г.Н. Клинико-лучевая диагностика туберкулеза позвоночника на современном этапе. *Диагностическая и интервенционная радиология* 2012; 6(1): 19–27. Ratobil'skiy G.V., Khovrin V.V., Kamalov Yu.R., Baturin O.V., Flerov K.E., Mozhokina G.N. Clinical and radiological diagnostics of spinal tuberculosis. *Diagnosticheskaya i interventsionnaya radiologiya* 2012; 6(1): 19–27.

6. Советова Н.А., Савин И.Б., Мальченко О.В., Некачалова А.З., Бучацкая Л.А., Рослова Е.В. Титова Е.Н., Черновол Т.Е., Джанкаева О.Б. Лучевая диагностика внелегочного туберкулеза. *Проблемы туберкулеза и болезней легких* 2006; 11: 6–9. Sovetova N.A., Savin I.B., Mal'chenko O.V., Nekachalova A.Z., Buchatskaia L.A., Roslova E.V., Titova E.N., Chernovol T.E., Dzhankaeva O.B. Current radiotherapy for extrapulmonary tuberculosis. *Problemy tuberkuleza i boleznei legkikh* 2006; 11: 6–9.

7. Tali E.T. Spinal infections. *Eur J Radiol* 2004; 50(2): 120–133, <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2003.10.022>.

8. Цыбульская Ю.А., Шутихина И.В., Смердин С.В., Селюкова Н.В. Этапы развития томографических методов в диагностике туберкулеза позвоночника. *Диагностическая и интервенционная радиология* 2015; 9(4): 69–76. Tsybul'skaja Y.A., Shutikhina I.V., Smerdin S.V., Seljukova N.V. Stages of development of tomographic techniques in the diagnosis of spinal tuberculosis. *Diagnosticheskaya i interventsionnaya radiologiya* 2015; 9(4): 69–76.

9. World Health Organization. *Global tuberculosis report 2015*. URL: [https://www.who.int/tb/publications/global\\_report/en/](https://www.who.int/tb/publications/global_report/en/).

10. Цыбульская Ю.А. Современная клинико-лучевая диагностика туберкулезного поражения позвоночника (обзор литературы). *Медицинская визуализация* 2015; 1: 59–68. Tsybul'skaja Y.A. Contemporary clinical and radiation diagnosis of tuberculous lesions of the spine (literature review). *Meditsinskaya vizualizatsiya* 2015; 1: 59–68.

11. Yamashita T., Endo T., Hamamoto Y., Akiba H., Ono I., Jimbow K. A case of systemic osteomyelitis due to *Mycobacterium avium*. *J Dermatol* 2004; 31(12): 1036–1040, <https://doi.org/10.1111/j.1346-8138.2004.tb00651.x>.

12. Мушкин А.Ю., Ку克林 Д.В., Евсеев В.А. Инструментальная фиксация позвоночника при пояснично-крестцовых спондилитах. *Хирургия позвоночника* 2004; 3: 50–52. Mushkin A.Yu., Kuklin D.V., Evseev V.A. Spine instrumentation for lumbosacral spondylitis. *Khirurgiya pozvonochnika* 2004; 3: 50–52.

13. An H.S., Seldomridge J.A. Spinal infections: diagnostic tests and imaging studies. *Clin Orthop Relat Res* 2006; 444: 27–33, <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000203452.36522.97>.

14. Жарков П.Л. Рентгенологические критерии затихания и полной ликвидации костно-суставного туберкулезного воспаления. М: ВИДАР; 2007; 103 с. Zharkov P.L. *Rentgenologicheskie kriterii zatikhaniya i polnoy likvidatsii kostno-sustavnogo tuberkuleznogo vospaleniya* [Roentgenographic criteria for remission and complete elimination of osteoarticular tuberculous inflammation]. Moscow: VIDAR; 2007; 103 p.

15. Левитов А.А., Краснюк В.И., Дора В.И. Цифровой

линейный томосинтез: новые возможности лучевой диагностики. Медицинская радиология и радиационная безопасность 2014; 59(3): 32–38. Levitov A.A., Krasnuk V.I., Doga V.I. Linear digital tomosynthesis: new opportunities for radiation diagnostics. *Meditinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'* 2014; 59(3): 32–38.

16. Burrill J., Williams C.J., Bain G., Conder G., Hine A.L., Misra R.R. Tuberculosis: a radiologic review. *Radiographics* 2007; 27(5): 1255–1273, <https://doi.org/10.1148/rg.275065176>.

17. Мердина Е.В., Митусова Г.М., Советова Н.А. Ультразвуковая диагностика забрюшинных абсцессов при туберкулезе позвоночника. Проблемы туберкулеза 2001; 4: 19–21. Merdina E.V., Mitusova G.M., Sovetova N.A. Ultrasound diagnosis of retroperitoneal abscesses in spinal tuberculosis. *Problemy tuberkuleza* 2001; 4: 19–21.

18. Митусова Г.М., Советова Н.А., Титов А.Г., Майстрович О.А. Компьютерная томография в диагностике туберкулезного спондилита, осложненного неврологическими расстройствами. Проблемы туберкулеза и болезней легких 2003; 6: 13–17. Mitusova G.M., Sovetova N.A., Titov A.G., Maistrovich O.A. Computed tomography in the diagnosis of tuberculous spondylitis complicated by neurological disorders *Problemy tuberkuleza i boleznei legkikh* 2003; 6: 13–17.

19. Yusof M.I., Hassan E., Rahmat N., Yunus R. Spinal tuberculosis: the association between pedicle involvement and anterior column damage and kyphotic deformity.

*Spine* 2009; 34(7): 713–717, <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31819b2159>.

20. Al-Khudairi N., Meir A. Isolated tuberculosis of the posterior spinal elements: case report and discussion of management. *JRSM Open* 2014; 5(9), <https://doi.org/10.1177/2054270414543396>.

21. Dobbins J.T. 3rd, McAdams H.P. Chest tomosynthesis: technical principles and clinical update. *Eur J Radiol* 2009; 72(2): 244–251, <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2009.05.054>.

22. Фахритдинова А.Р. Клинико-лучевая картина туберкулезного спондилита на современном этапе. Травматология и ортопедия России 2006; 1(39): 16–20. Fakhrtidinova A.R. Clinicoradiologic presentation of tuberculous spondylitis at modern stage. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* 2006; 1(39): 16–20.

23. Рейнберг С.А. Рентгенодиагностика заболеваний костей и суставов. М: МЕДГИЗ; 1955; 530 с. Reinberg S.A. *Rentgenodiagnostika zabolevaniy kostey i sustavov* [X-ray diagnosis of bone and joint diseases]. Moscow: MEDGIZ; 1955; 530 p.

24. Pradilla G., Ardila G.P., Hsu W., Rigamonti D. Epidural abscesses of the CNS. *Lancet Neurol* 2009; 8(3): 292–300, [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(09\)70044-4](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(09)70044-4).

25. Корнев П.Г. Костно-суставной туберкулез. М: МЕДГИЗ; 1953; 644 с. Kornev P.G. *Kostno-sustavnoy tuberkulez* [Osteoarticular tuberculosis]. Moscow: MEDGIZ; 1953; 644 p.