

# Сравнительный анализ применения томосинтеза и стандартной цифровой рентгенографии при исследовании позвоночника у детей и подростков

А. Ю. Васильев<sup>1</sup>, В. В. Попов<sup>2</sup>, С. С. Карпов<sup>\*,3</sup>

<sup>1</sup> ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики»

<sup>2</sup> ГБУЗ «Детская городская клиническая больница Св. Владимира»

Департамента здравоохранения г. Москвы

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики

## Comparative Analysis of Tomosynthesis and Standard Digital Radiography in Spinal Research in Children and Adolescents

A. Yu. Vasil'ev<sup>1</sup>, V. V. Popov<sup>2</sup>, S. S. Karpov<sup>\*,3</sup>

<sup>1</sup> ООО «Central Research Institute of Radiation Diagnosis»

<sup>2</sup> Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir, Moscow Healthcare Department

<sup>3</sup> Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology

### Реферат

В статье рассматривается применение новой методики томосинтез в исследовании патологии позвоночника. Авторами обследовано 89 пациентов от 4 до 18 лет с различной патологией шейного, грудного и пояснично-крестцового отделов позвоночника, выделенных в 3 подгруппы. Всем пациентам была выполнена стандартная цифровая рентгенография в 2 проекциях и томосинтез в 1 проекции. Исследование произведено на рентгенодиагностическом аппарате FDR AcSelerate 200 (Fujifilm, Япония). В результате авторы приходят к выводу, что томосинтез превосходит стандартную цифровую рентгенографию по чувствительности, точности, специфичности и прогностичности положительного и отрицательного результатов за счет получения множества послойных изображений. Это позволяет преодолеть ограничения суммационного эффекта, вследствие чего лучше визуализируются соотношения в сегменте С1–С2, мелкие узурации и заострения позвонков в грудном отделе позвоночника, спондилолиз дуг позвонков в пояснично-крестцовом отделе.

*\* Карпов Сергей Сергеевич, аспирант кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.*

*Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.*

*Тел.: +7 (906) 747-76-31. Электронная почта: sergey.s.karpov@gmail.com*

**Karpov Sergey Sergeevich**, Postgraduate of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.

*Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.*

*Phone number: +7 (906) 747-76-31. E-mail: sergey.s.karpov@gmail.com*

**Ключевые слова:** томосинтез, заболевания костно-суставной системы, дети и подростки, позвоночник.

## Abstract

The article discusses the application of the tomosynthesis techniques in the study of the spine pathology. The authors examined 89 patients from 4 to 18 years with different pathologies of the cervical thoracic and lumbosacral spine that was allocated in 3 groups. All patients had done standard digital radiography in 2 projections and tomosynthesis in one projection. The study produced on X-ray machine FDR AcSelerate 200 (Fujifilm, Japan). The authors concluded that the tomosynthesis is superior to standard digital radiography by sensitivity, accuracy, specificity and predictability of a positive and a negative result. Tomosynthesis produces a plurality of bundle images without summation effect, overcoming that limitation better visualized the ratio in the segment C1–C2 small sharpening the vertebrae in the thoracic spine, spondylolysis arcs vertebrae in the lumbosacral region. Thus, tomosynthesis may be recommended as a method of choice for studying the pathology of the spine.

**Key words:** Tomosynthesis, Diseases of the Musculoskeletal System, Children and Adolescents, Spine.

## Актуальность

Рентгенологическое исследование позвоночника в 2 проекциях остается одним из наиболее востребованных методов визуализации, поскольку выполняет роль первичной диагностики [1]. Однако зачастую ограничения метода превалируют над диагностической ценностью, остаются сложности в интерпретации изображения объемного объекта за счет суперпозиции структур, находящихся в разных плоскостях [2, 6]. Остаются сложности визуализации как травматических изменений позвоночного столба, так и остеохондропатий, локализация которых на начальных этапах развития заболевания в грудном отделе крайне затруднительна [3]. Таким образом, недостатки стандартной цифровой рентгенографии приводят к необходимости дополнительных укладок, прицельных снимков и соответственно увеличению дозы облучения, что крайне негативно отражается на лицах детского и подросткового возраста. Этот недостаток можно избежать, используя специальную опцию томосинтеза, позволяющую получать серию снимков

[2]. Томосинтез представляет собой серию низкодозовых экспозиций, которые математически обрабатываются в серию срезов толщиной 1 мм, что дает возможность увидеть структуру ткани [4]. Применение методики позволяет эффективно использовать диагностическую аппаратуру, позволяя проводить исследование, не прибегая к уточняющим методикам (МСКТ), тем самым избавив от избыточной лучевой нагрузки [5].

**Цель:** демонстрация превосходств томосинтеза перед стандартной рентгенографией в диагностике патологических изменений шейного, грудного и пояснично-крестцового отделов позвоночника у детей и подростков.

## Материалы и методы

На базе детской городской клинической больницы Св. Владимира обследовано 89 пациентов в возрасте от 4 до 18 лет с патологией шейного, грудного и пояснично-крестцового отделов позвоночника, выделенных в 3 соответствующие подгруппы. Всем пациентам выполнена

стандартная цифровая рентгенография в 2 проекциях и томосинтез в 1 проекции. Исследование проведено на цифровом рентгенодиагностическом комплексе FDR AcSelerate 200 (Fujifilm, Япония) с функцией томосинтеза.

В подгруппе с патологией шейного отдела позвоночника все пациенты ( $n = 12$ ) предъявляли жалобы на болезненность в области шеи, возникающую при повороте головы, напряжение мышц шеи, в 2 (16,7 %) случаях пациенты отмечали вынужденное положение головы с невозможностью ее поворота в одну из сторон, а также небольшой отек мягких тканей в области шеи. Неврологическая симптоматика отсутствовала во всех случаях. У большинства обследованных пациентов (10; 83,3 %) отмечался передний подвывих и в 1 (8,3 %) случае — задний и боковой.

При проведении стандартной цифровой рентгенографии во всех случаях диагноз нарушения соотношения в сегменте С1–С2 подтверждался так же, как и при использовании методики томосинтез. Однако при стандартной цифровой рентгенографии необходимо было выполнять 2 снимка (в прямой проекции — для исключения иной костной патологии и через открытый рот — непосредственно для оценки соотношения зубоидного отростка относительно боковых масс атланта), а снимок через открытый рот, ввиду двигательной активности пациентов младшей возрастной группы, не всегда выполнялся корректно.

При использовании методики томосинтез достаточно одного прохода рентгеновской трубки, при котором получается большее количество последовательных снимков, без эффекта суммации теней (рис. 1).

Подгруппа пациентов с патологией грудного отдела позвоночника состав-

ляла 50,6 % человек ( $n = 45$ ), все они предъявляли жалобы на повышенную утомляемость мышц спины, неинтенсивные болевые ощущения в области позвоночника диффузного характера, исчезающие после отдыха в 20 (44,4 %) случаях. Также был выявлен болевой синдром в области остистых отростков позвонков у 5 (11,1 %) пациентов, у 27 (60 %) пациентов определялось дугообразное кифотическое искривление позвоночного столба. При осмотре у 30 (66,7 %) исследуемых определялась мышечная гипотония.

При проведении стандартной рентгенографии наиболее информативным был снимок, сделанный в боковой проекции, однако ввиду большого количества суммационных теней (особенно у пациентов с избыточной массой тела) в 10 (22,2 %) случаях, рентгенограммы получаются несколько «размытыми», визуализация смежных замыкательных пластин позвонков затруднена, выявлялись только глубокие деформации по типу грыж Шморля.

В результате проведенного исследования у 5 (11,8 %) пациентов была выявлена клиновидная деформация тел позвонков, а в 40 (82,2 %) случаях были диагностированы грыжи Шморля.

При использовании методики томосинтез все данные, полученные в ходе стандартной рентгенографии, были подтверждены, а также за счет отсутствия суммационного эффекта дополнительно визуализировались мельчайшие узурации замыкательных пластин, мелкие заострения ( $< 0,5$  мм) позвонков (рис. 2).

Подгруппа пациентов с патологией пояснично-крестового отдела позвоночника насчитывала 36 % ( $n = 32$ ). У всех пациентов данной подгруппы имелись

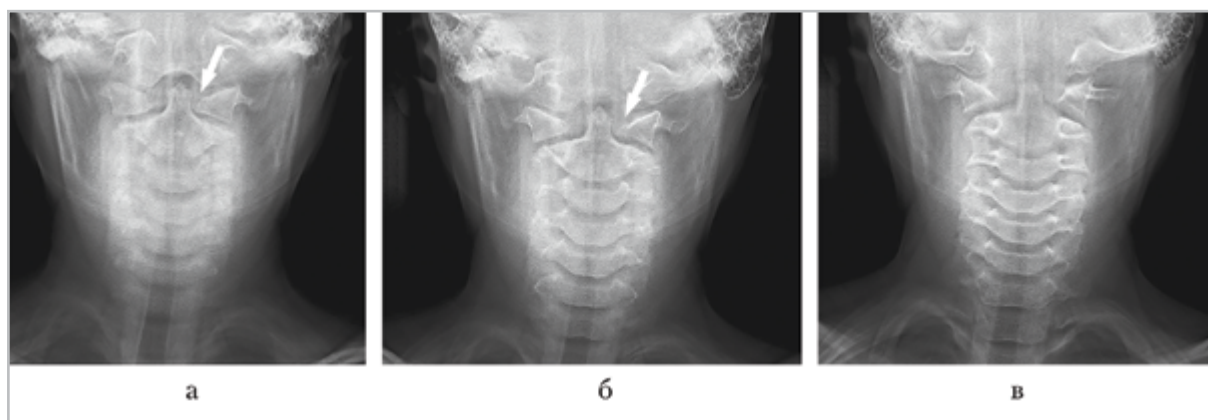


Рис. 1. Томограммы шейного отдела позвоночника в прямой проекции с использованием методики томосинтез. Асимметрия положения зубовидного отростка тела позвонка С2 относительно боковых масс атланта (смещение влево)

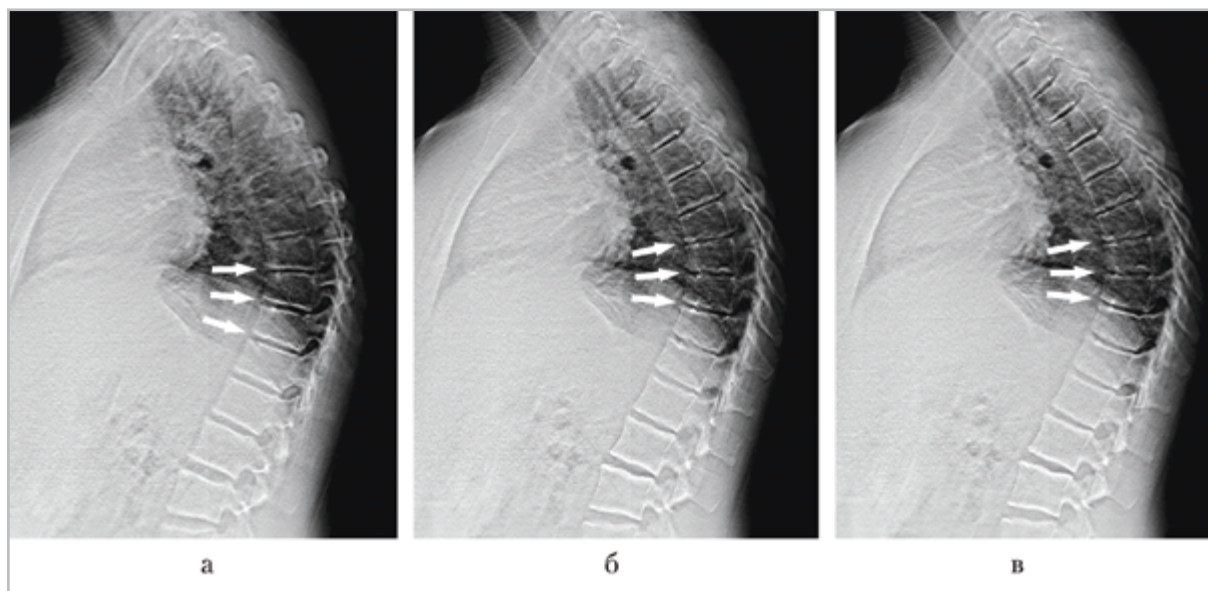


Рис. 2. Томограммы грудного отдела позвоночника с использованием методики томосинтез. Склерозирование и узурация смежных замыкательных пластин позвонков Th6–10. Клиновидная деформация тел позвонков Th7–10

жалобы на боль в поясничной области, ограничивающую способность к передвижению, причем в 31 (96,9 %) случае боль усиливалась при разгибании поясницы и ослабевала при наклоне вперед. В 7 (21,8 %) случаях боль иррадиировала в ягодицу, у 4 (12,5 %) пациентов отмечалась иррадиация боли по задней поверхности бедра.

При осмотре у 30 (71,8 %) пациентов выявлялась спастичность задней группы мышц бедра, боль на стороне поражения при пальпации обнаруживалась у 20 (87,5 %) человек. Над остистыми отростками позвонков в 5 (15,6 %) случаях определялись уступы-углубления. Кроме того, у 5 (15,6 %) человек отмечено укорочение туловища, асимметрия

ромба Михаэлиса, гипотрофия ягодичных мышц.

Всем пациентам в исследуемой группе было проведено стандартное рентгенологическое исследование в боковой проекции. При этом в 100 % (n = 32) случаев у испытуемых наблюдалось смещение позвонков L5–S1, однако из-за большого количества суммационных теней дуги позвонков плохо визуализировались, и только у 8 (25 %) пациентов определялись щели в межсуставной области между дугами позвонков L5. У 11 (34,4 %) пациентов было выявлено усиление поясничного лордоза.

При использовании опции томосинтез смещение позвонков было выявлено во всех случаях, однако дополнительно у 30 (96,9 %) пациентов визуализировались несросшиеся дуги позвонков с обеих сторон (рис. 3). У 1 (3,1 %) пациента визуализация несращения дуг была затруднена ввиду его двигательной активности. Дополнительной диагностически

важной информации в ходе исследования получено не было.

### Результаты и их обсуждение

Частота выявления признаков нарушения соотношения в сегменте С1–С2 при использовании различных методик диагностики представлена на рис. 4.

Из данных рис. 4 следует, что смещение суставных площадок верхнешейных позвонков относительно друг друга выявлялось практически с равной частотой как при рентгенографии, так и методикой томосинтез. В то же время признаки переднего смещения выявлялись с помощью томосинтеза достоверно чаще.

Результаты сравнительного анализа эффективности применения различных методик лучевой диагностики для выявления патологии грудного отдела позвоночника, представленные на рис. 5, свидетельствуют о том, что томосинтез демонстрирует лучшую визуализацию

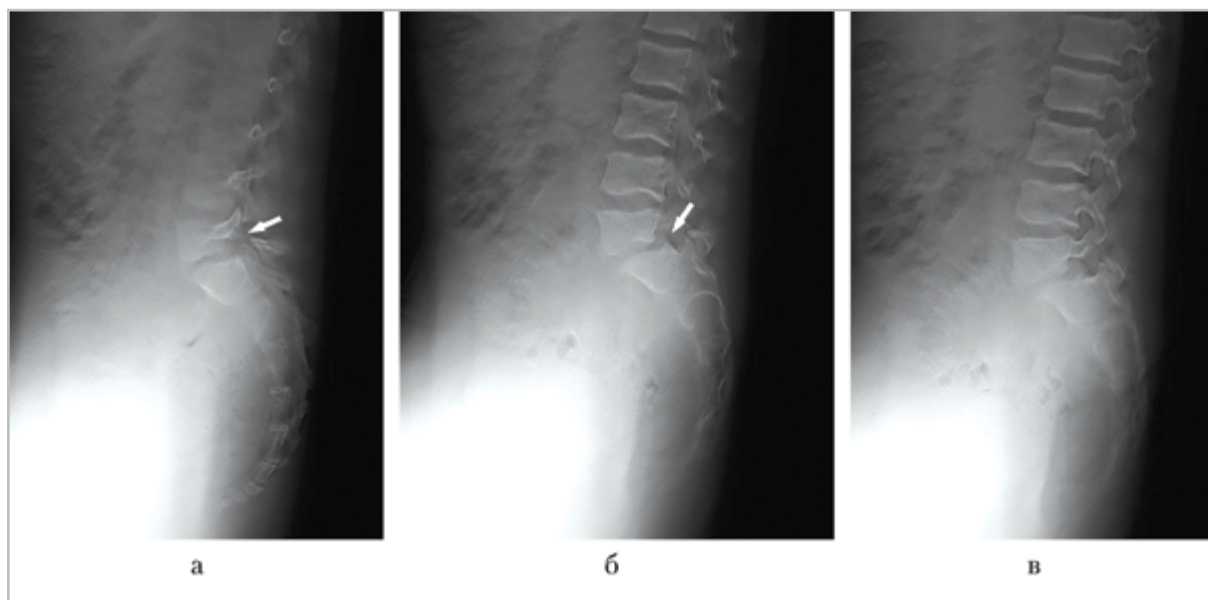


Рис. 3. Томограммы пояснично-крестцового отдела позвоночника с использованием методики томосинтез. Смещение позвонков в сегменте L5–S1. Несращение дужек позвонков в сегменте L5–S1



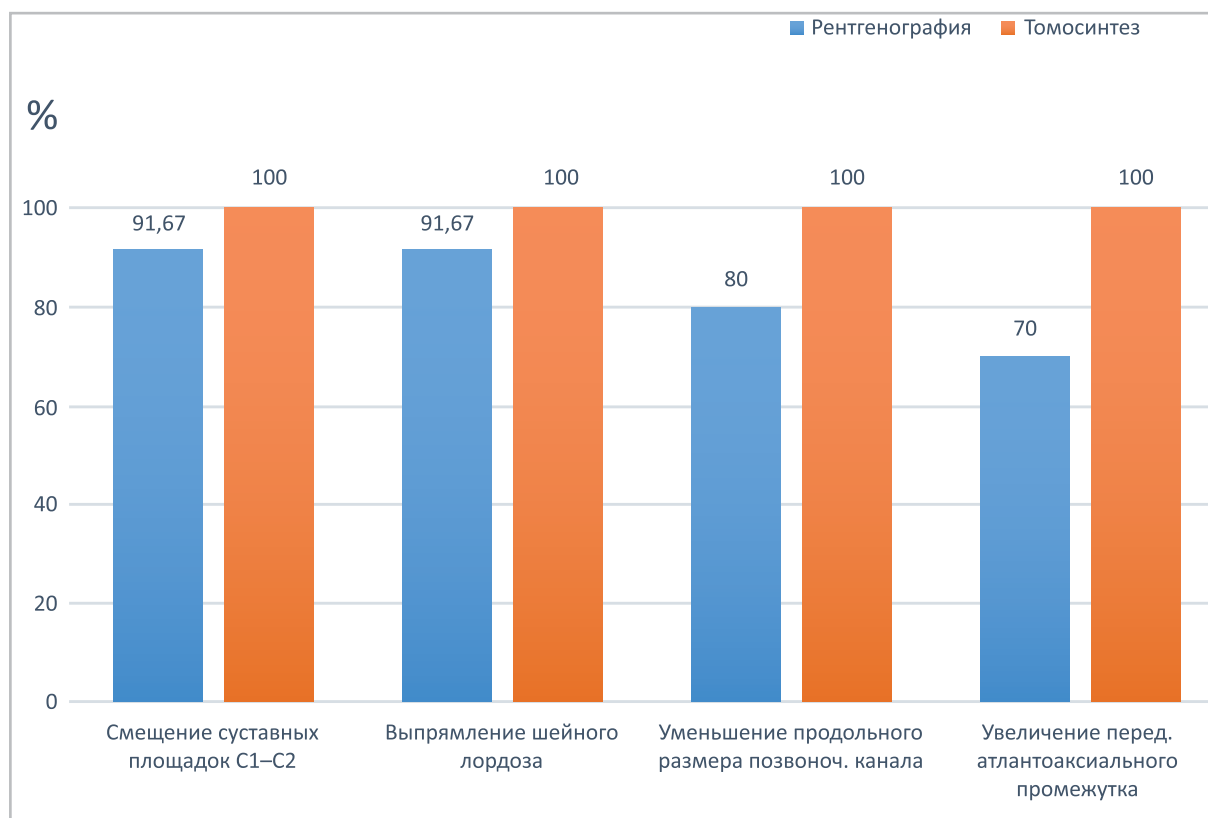


Рис. 4. Сравнительный анализ частоты выявления симптомов нарушения соотношения в сегменте С1–С2 с помощью различных методик диагностики

мелких структурных изменений тел позвонков грудного отдела позвоночника.

Сопоставление частоты выявления симптомов поражения пояснично-крестцового отдела позвоночника при использовании различных методик лучевой диагностики представлено на рис. 6.

Из данных рис. 6 следует, что с помощью методики томосинтез достоверно чаще удавалось визуализировать дуги позвонков и соответственно их патологию. В то же время определение смещения позвонков в пояснично-крестцовом отделе и усиления поясничного лордоза происходило с равной частотой при использовании различных методик лучевой диагностики. Следует подчеркнуть, что при использовании опции томосин-

тез определяется послойная визуализация поясничного отдела позвоночника без наличия суммационных теней, позволяющая в подавляющем большинстве случаев достоверно диагностировать спондилолиз.

Исходя из сравнительного анализа частоты встречаемости признаков, в каждой группе произведено обобщение полученных данных и статистически выведены точность, чувствительность, специфичность и прогностичность положительного и отрицательного результатов для каждой подгруппы. Результаты приведены в табл. 1.

Таким образом, при диагностике нарушения соотношения в шейном отделе позвоночника томосинтез незначительно превосходит по диагностической зна-

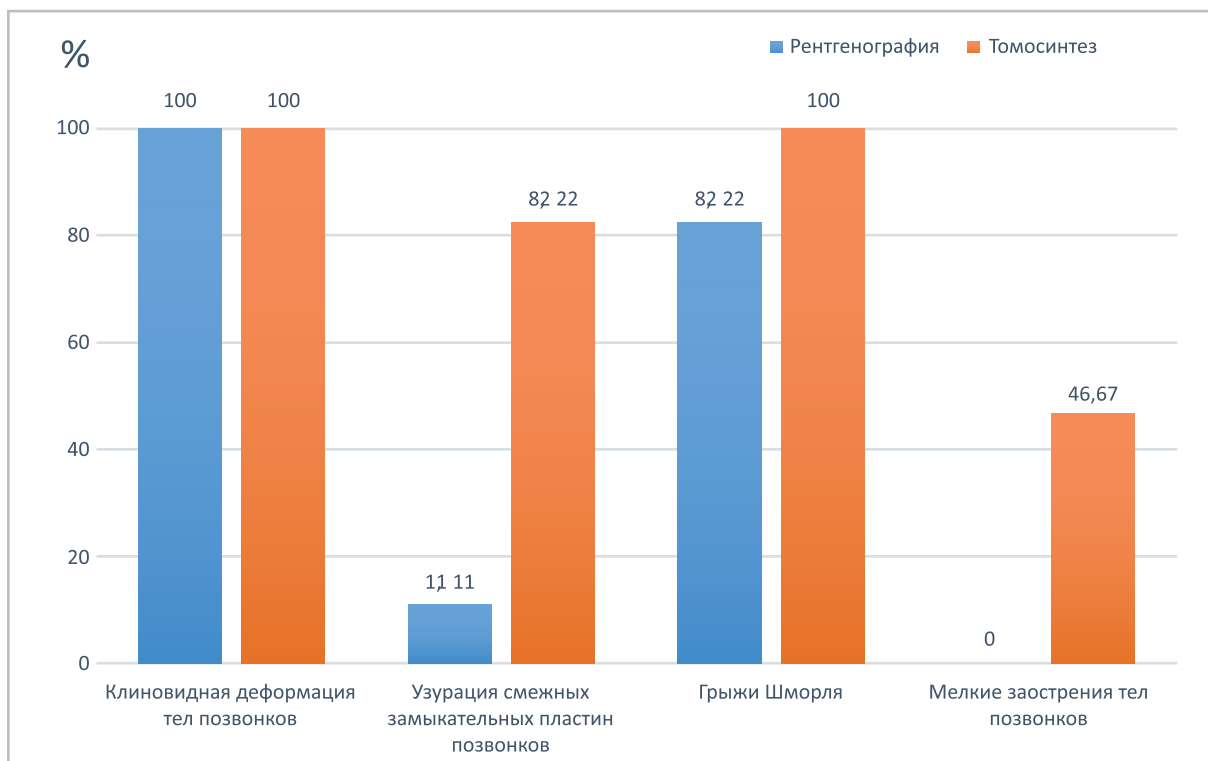


Рис. 5. Сравнительный анализ эффективности использованных методик лучевой диагностики при исследовании грудного отдела позвоночника

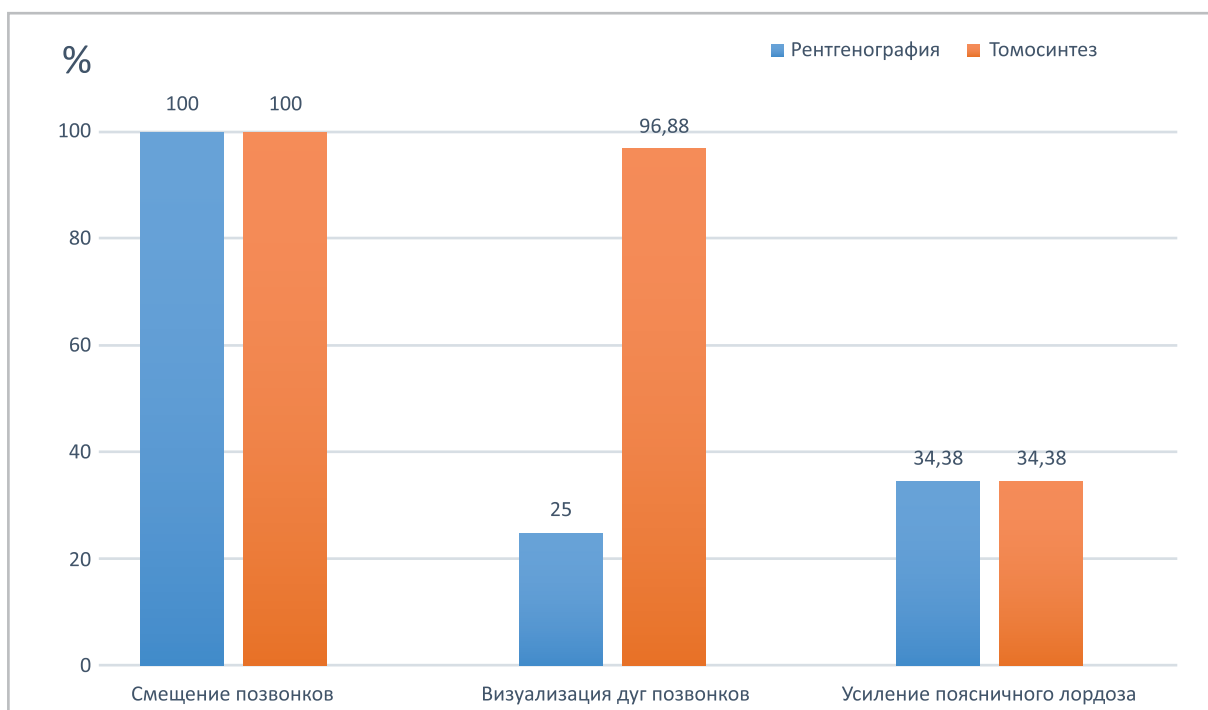


Рис. 6. Сравнительный анализ эффективности использованных методик лучевой диагностики при исследовании пояснично-крестцового отдела позвоночника

Таблица 1

**Сравнительный анализ эффективности использованных методик  
лучевой диагностики при исследовании шейного отдела позвоночника**

Показатели	Рентгенография, %	Томосинтез, %	P
Чувствительность	88,5	100	< 0,05
Специфичность	81,2	100	< 0,05
Точность	84,3	96,8	< 0,05
Прогностичность положительного результата	87,2	97,2	< 0,05
Прогностичность отрицательного результата	88,6	99,2	< 0,05

Таблица 2

**Сравнительный анализ эффективности использованных методик лучевой  
диагностики при исследовании грудного отдела позвоночника**

Показатели	Рентгенография, %	Томосинтез, %	P
Чувствительность	60,2	91,3	< 0,01
Специфичность	65,8	90,5	< 0,01
Точность	68,4	91,2	< 0,01
Прогностичность положительного результата	66,2	88,6	< 0,05
Прогностичность отрицательного результата	65,4	87,4	< 0,05

Таблица 3

**Сравнительный анализ эффективности использованных методик лучевой  
диагностики при исследовании пояснично-крестцового отдела позвоночника**

Показатели	Рентгенография, %	Томосинтез, %	P
Чувствительность	75,3	96,8	< 0,05
Специфичность	82,7	97,1	< 0,05
Точность	81,6	96,5	< 0,05
Прогностичность положительного результата	77,5	90,2	< 0,05
Прогностичность отрицательного результата	78,2	92,6	< 0,05



чимости стандартную цифровую рентгенографию, однако его преимуществом является большее количество диагностической информации, полученной за один проход рентгеновской трубки.

Данные, представленные в табл. 2, свидетельствуют о том, что с помощью методики томосинтез достоверно чаще, чем с помощью стандартной рентгенографии, выявлялись практически все изменения в грудном отделе позвоночника.

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что по всем анализируемым показателям методика томосинтез превосходит стандартную рентгенографию в диагностике патологии пояснично-крестцового отдела позвоночника, так как за счет большого количества послойных срезов предотвращает суммационный эффект, позволяя более детально визуализировать все структуры каждого отдельного слоя.

## Выводы

1. В диагностике патологии шейного, грудного и пояснично-крестцового отделов позвоночника у детей и подростков томосинтез статистически значимо превосходит стандартную цифровую рентгенографию по чувствительности, точности, специфичности и прогностичности положительных и отрицательного результатов за счет получения большого количества томограмм высокого качества, преодолевая суммационный эффект и позволяя намного четче визуализировать патологические изменения позвоночника на всем протяжении.
2. Томосинтез может быть рекомендован в качестве методики выбора, заменяя стандартную цифровую рентгенографию.

## Список литературы

1. *Егорова Е. А.* Рентгенодиагностика в остеологии: Учеб. пос. для врачей и студентов мед. вузов. М., 2015. С. 556.
2. *Солодкий В. А., Рожкова Н. И., Мазо М. Л.* Новейшие технологии в диагностике заболеваний молочной железы // ЭФ. Онкология, гематология и радиология. 2012. № 4. С. 8–11.
3. *Карпов С. С.* Перспективы использования томосинтеза в ортопедии у детей и подростков // Сб. матер. XXXVIII итог. науч. конф. молодых ученых МГМСУ им. А. И. Евдокимова / Под общ. ред. Е. А. Вольской, А. Г. Малявина. М., 2016. С. 155–157.
4. *Баранов В. А.* Нелинейные структурно-ориентированные методы обработки изображений для неразрушающего контроля: Дис. ... докт. техн. наук. Томск, 2014. С. 176–177.
5. *Iwama M., Takehara K., Anraku K.* Use of tomosynthesis in the Aizawa Hospital // Medical Now. 2013. № 75. С. 20.
6. *Захматова Т. В.* Контент-анализ информации о клинико-лучевой диагностике повреждений и дегенеративных заболеваний шейного отдела позвоночника (обзор литературы) // Радиология – практика. 2016. № 4 (58). С. 31.

## References

1. *Egorova E. A.* Diagnostic radiology in osteology. Study guide for physicians and medical students. Moscow, 2015. P. 556 (in Russian).
2. *Solodkij V. A., Rozhkova N. I., Mazo M. L.* The latest technology in the diagnosis of breast diseases. JeF. Oncology, gematology i radiology. 2012. No. 4. P. 8–11 (in Russian).
3. *Karpov S. S.* Prospects of using tomosynthesis orthopedics in children and adolescents. Sbornik materialov XXXVIII

Itogovoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh MGMSU im. A. I. Evdokimova. Pod obshhey redakciey E. A. Vol'skoy, A. G. Malyavina MGMSU. Moscow, 2016. P. 155–157 (in Russian).

4. *Baranov V. A.* Nonlinear structural and orientirvannye image processing techniques for non-destructive testing. Dis. ... dokt. tehn. nauk. Tomsk, 2014. P. 176–177 (in Russian).

5. *Iwama M., Takehara K., Anraku K.* Use of tomosynthesis in the Aizawa Hospital. Medical Now. 2013. No. 75. P. 20.

6. *Zahmatova T. V.* Analysis of information about clinical and radiographic diagnostics of damage and degenerative diseases of the cervical spine (review). Radiologiya — praktika. 2016. No. 4 (58). P. 31 (in Russian).

### Сведения об авторах

**Васильев Александр Юрьевич**, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России.

Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
Тел.: +7 (495) 611-01-77. E-mail: auv62@mail.ru

**Vasil'ev Aleksandr Yur'evich**, M. D. Med., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of Department of Radiology of Moscow State Medical University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: auv62@mail.ru

**Попов Владимир Васильевич**, доктор медицинских наук, профессор, главный врач ГБУЗ «Детская городская клиническая больница Святого Владимира» Департамента здравоохранения г. Москвы.

Адрес: 107014, г. Москва, ул. Рубцовско-Дворцовая, д. 1/3.  
Тел.: +7 (499) 268-22-31. E-mail: dgkbsv@zdrav.mos.ru

**Popov Vladimir Vasil'evich**, M. D. Med., Professor, Head Physician, Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir, Moscow Healthcare Department.

Address: 1/3, ul. Rubtsovsko-Dvortsovaya, Moscow, 107014, Russia.  
Phone number: +7 (499) 268-22-31. E-mail: dgkbsv@zdrav.mos.ru

**Карпов Сергей Сергеевич**, аспирант кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
Тел.: +7 (906) 747-76-31. E-mail: sergey.s.karpov@gmail.com

**Karpov Sergey Sergeevich**, Postgraduate of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (906) 747-76-31. E-mail: sergey.s.karpov@gmail.com

### 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.*