

Возможности методики томосинтеза в исследовании костей и суставов у детей и подростков (обзор литературы)

С. С. Карпов

ГБОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики

Tomosynthesis in the Study of the Musculoskeletal System in Children and Adolescents (a Review of the Literature)

S. S. Karpov

Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology

Реферат

В статье обсуждаются возможности методики томосинтеза для исследования костно-суставной системы у детей и подростков. Показано, что томосинтез по ряду характеристик превосходит не только стандартную цифровую рентгенографию, но и в ряде случаев сопоставим с мультисрезовой компьютерной томографией. Представлены данные по использованию томосинтеза для диагностики различных заболеваний костно-суставной системы: опухолей, туберкулеза, ревматоидного артрита и др., однако в педиатрической практике применяется крайне редко. Применение томосинтеза для диагностики заболеваний костно-суставной системы у детей и подростков имеет значительные перспективы.

Ключевые слова: томосинтез, заболевания костно-суставной системы, дети и подростки, ранняя диагностика.

Abstract

The article discusses the possible application of tomosynthesis for research of the musculoskeletal system in children and adolescents. It is shown that the method of tomosynthesis according to number of characteristics exceeds not only radiography, but computed tomography also. The method is already used for diagnostics of various diseases of the musculoskeletal system: tumors, tuberculosis, rheumatoid

* **Карпов Сергей Сергеевич**, аспирант кафедры лучевой диагностики ГБОУ ВПО «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 student of Department of Radiology 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: sergey.s.karpov@gmail.com

arthritis and other. However, in pediatric practice it is rarely used. The use of tomosynthesis for diagnosis of musculoskeletal system diseases in children and adolescents has significant prospects.

Key words: Tomosynthesis, Diseases of the Musculoskeletal System, Children and Adolescents, Early Diagnosis.

Актуальность

В последние годы болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани приобретают в нашей стране все большее значение, что обусловлено, прежде всего, тенденцией к их распространению. Так, по данным официальной статистики за последние 5 лет заболеваемость населения по данному классу болезней возросла [7].

Следует отметить, что болезни данного класса широко распространены не только среди взрослого населения нашей страны, но и среди детско-подросткового контингента. Данные официальной статистики свидетельствуют о том, что в 2013 г. болезни костно-мышечной системы в структуре заболеваемости детей до 14 лет занимали одно из ведущих мест, составив 3,3 %, а в возрастной группе 15–17 лет этот показатель достиг 7,7 % [4].

Одним из существенных факторов, влияющих на характер и исход лечения, а также прогноз заболевания, является полная и своевременная диагностика поражения костно-суставной системы. Особенно важно выявление заболевания на ранних стадиях, поскольку в этом случае при назначении адекватной терапии в большинстве случаев можно достичь полного восстановления костных структур и избежать инвалидизации пациента. Однако ранняя диагностика заболеваний костно-суставной системы у детей и подростков представляет еще большие трудности, чем у взрослых пациентов. Это связано с возрастными

особенностями строения суставов, а также незавершенным процессом ossification [5].

Также остаются сложности в интерпретации изображения объемного объекта за счет суперпозиции тканевых структур, находящихся в разных плоскостях, что приводит к необходимости дополнительных укладок и прицельной рентгенографии и соответственно увеличению дозы облучения. Этого недостатка можно избежать, используя специальную опцию томосинтеза, позволяющую выполнить серию снимков с последующим преобразованием их в серию томограмм [8]. До настоящего времени эта методика не получила широкого распространения в отечественной педиатрии.

Томосинтез представляет собой серию низкодозовых экспозиций, которые математически обрабатываются в серию срезов толщиной 1 мм, что дает возможность увидеть структуру ткани. В томосинтезе ряд малых доз воздействия производится в течение одного размаха с перемещаемым датчиком и трубки, двигающейся в ограниченном диапазоне углов. Полученные изображения делятся на части, которые передают анатомические структуры на различных глубинах и под различными углами. Основным ограничением и пленочной, и цифровой рентгенографии является принцип формирования изображения — трехмерная анатомическая информация проецируется на плоскость, перекрывая

патологические изменения, затрудняя их точное определение и локализацию. Томосинтез показал многообещающие результаты в преодолении этого ограничения путем получения нескольких проекций и реконструкции срезов различной глубины параллельно поверхности детектора [1].

К основным достоинствам томосинтеза относят следующие: исследование можно проводить вертикально / горизонтально и при наклонном положении штатива; короткое время выполнения (не более 1,2–2,5 с); широкое поле обзора (43 × 43 см); дозовая нагрузка намного меньше, чем при компьютерной томографии; в отличие от компьютерной томографии, отсутствуют артефакты от металлических имплантатов. Отсутствие артефактов делает томосинтез методом выбора в случаях, когда необходимо динамическое наблюдение после остеосинтеза или имплантации эндопротеза. К числу достоинств томосинтеза можно отнести возможность увеличения любой выбранной области, измерения очагов разного размера; получение четких и контрастных изображений; уверенная визуализация очагов менее 4 мм (что весьма затруднительно при обычной рентгенографии); быстрая идентификация кальцинатов; визуализации высокого качества мягких тканей и костей [20]. Отличительной особенностью методики является исключение необходимости предварительной подготовки пациента, как при стандартной рентгенографии, в связи с тем что не происходит суммации тканей, например, при исследовании тонкой и толстой кишки [7].

Однако помимо преимуществ томосинтеза имеются и недостатки, к которым относят наличие размазанного изо-

бражения других проекций на каждой из восстановленных проекций и наличие артефактов [2].

В современном диагностическом процессе одно из ведущих мест занимает рентгенология. В последние годы на смену общепринятой проекционной рентгенографии и рентгеноскопии приходят соответствующие цифровые методики, такие, как рентгеновская компьютерная томография (РКТ) [6]. Однако данная методика имеет значительную лучевую нагрузку, что нежелательно для детского организма.

В настоящее время особенно активно обсуждается возможность применения томосинтеза в ортопедии и травматологии. Довольно обширный опыт в этой области к настоящему времени накоплен у зарубежных исследователей.

Так, в публикации М. Iwama et al. (2013) подчеркивается, что данная методика продемонстрировала свою диагностическую эффективность при многих заболеваниях костно-суставной системы [18]. В частности, он более эффективен в диагностике синостозов, чем плоскостная рентгенография, более точен и сопровождается меньшей лучевой нагрузкой, чем КТ у пациентов с металлическими включениями в костной ткани. На широкие возможности методики в области ортопедии указывается и в другой публикации. Ее автор подчеркивает, что снимки, сделанные с применением методики томосинтеза, позволяют четко визуализировать переломы костей, формирование костной мозоли, состояние синостоза, контролировать остеосинтез, а также четко видеть структуры костей и суставов [14]. Благодаря четкой визуализации костных структур томосинтез может быть успешно использован в диагностике опухолей костной ткани, кото-

рые весьма сложно выявить на обычной рентгенограмме [9].

На хорошие возможности визуализации костных структур указывают и авторы другого исследования [15]. Они провели сравнительный анализ диагностических возможностей томосинтеза и рентгенографии у пациентов с металлическими протезными конструкциями в головке и шейке бедренной кости. Было показано, что в 72 % случаев оценка возможностей дифференциальной диагностики очагов деминерализации и остеолитизиса в области протеза была у обеих методик сопоставимой. В остальных 28 % случаев томосинтез продемонстрировал превосходство над рентгенографией. Превосходство методики томосинтеза было выше в диагностике перелома шейки бедренной кости. Авторы публикации, так же как и другие исследователи, акцентируют внимание на более низкой лучевой нагрузке при проведении томосинтеза, даже по сравнению с рентгенографией (0,9 и 1,1 мЗв соответственно).

S. Fujita et al. (2014) указывают, что применение томосинтеза в комбинации с контрастированием позволяет четко визуализировать нормальную анатомию и патологические изменения костных и хрящевых структур, сухожилия, а также синовиальные структуры. Таким образом, методика томосинтеза сопоставима с МРТ [12]. Исследователи провели сравнительный анализ эффективности томосинтеза в диагностике поражений плечевого сустава по сравнению с артрографией. Контролем служили результаты МРТ. Полученные данные продемонстрировали преимущество томосинтеза перед артрографией. Так, чувствительность и специфичность артрографии при полном разрыве связок составили

соответственно 86 и 89 %, а томосинтеза — 86 и 78 %. При частичном разрыве связок чувствительность и специфичность артрографии при полном разрыве связок составили 59 и 100 %, а томосинтеза — 77 и 100 %.

Авторы другого исследования обращают внимание на то, что в современной литературе практически отсутствуют сведения об использовании томосинтеза у пациентов с повреждением позвоночника [19]. Они приводят результаты собственного сравнительного анализа эффективности томосинтеза и КТ в оценке эффективности остеосинтеза в поясничном отделе позвоночника. В результате было установлено, что снимки, полученные с применением томосинтеза, по сравнению с КТ легче оценивать (благодаря исключению металлических артефактов). Кроме того, при сопоставимой информативности процедура томосинтеза требует меньше времени, сопровождается меньшей лучевой нагрузкой (примерно 1/10 от КТ), что характеризует ее как более безопасную для пациента. Авторы полагают, что благодаря этим достоинствам томосинтез в будущем может заменить КТ.

Опыт применения томосинтеза для визуализации височно-нижнечелюстного сустава также оказался весьма удачным — исследователи подчеркивают, что качество снимков было выше, чем при проведении КТ, тогда как время на исследование потребовалось в 2 раза меньше [13].

C. Canella et al. (2011) указывают на преимущества томосинтеза по сравнению с рентгенографией в выявлении изменений костной ткани у пациентов с ревматоидным артритом, причем даже на ранних стадиях развития заболевания [11]. Так, чувствительность, спе-

цифичность и точность томосинтеза в диагностике поражений костей кисти и запястья составили 77,6; 89,9 и 83,1 % соответственно, тогда как для рентгенографии эти показатели были равны 53,9; 92 и 70,9 % соответственно. Однако авторы отмечают, что томосинтез уступает по информативности КТ — он менее чувствителен, хотя и более специфичен. В то же время другой коллектив авторов, проведя аналогичное исследование, утверждает, что эффективность томосинтеза у пациентов с ревматоидным артритом сопоставима с МРТ [10]. Так, частота выявления эрозий костной ткани, по данным этих авторов, с помощью рентгенографии составила лишь 26,5 %, с помощью томосинтеза — 36,1 %, путем МРТ — 36,7 %.

В одном из недавних исследований была продемонстрирована более высокая чувствительность томосинтеза в выявлении остеофитов и субхондральных кист по сравнению с обычной рентгенографией и даже МРТ [16]. Продолжив работу в данном направлении, эта же группа исследователей пришла к выводу, что томосинтез, при всех его достоинствах, имеет ряд ограничений к применению в ортопедии. Во-первых, диагностическая ценность томосинтеза в выявлении остеофитов и субхондральных кист в значительной степени зависит от опыта специалиста, который интерпретирует снимки. Во-вторых, при проведении томосинтеза пациенты получают более высокую дозу облучения по сравнению с обычной рентгенографией. Также они отмечают, что специалисты затрачивают больше времени на интерпретацию снимков, сделанных с использованием методики томосинтеза, чем на рентгенограммы. Учитывая вышеуказанное, авторы признают, что кли-

ническое значение применения томосинтеза для диагностики остеоартрита коленных суставов остается в настоящее время не вполне ясным [17].

С. В. Смердин и соавт. (2014) предлагают использовать томосинтез для диагностики туберкулезного поражения позвоночника [7]. Данные собственных исследований позволили авторам прийти к выводу, что томосинтез позволяет с высокой точностью визуализировать костно-деструктивные изменения при туберкулезе позвоночника при меньшей дозе излучения по сравнению с КТ. Однако на КТ лучше визуализируются изменения в паравертебральных тканях.

Несмотря на явные преимущества томосинтеза перед цифровой рентгенографией, а в ряде случаев — КТ и МРТ, методика еще не получила достаточного распространения в педиатрической практике. Обнаружена практически единственная публикация на данную тему, в которой анализируется опыт применения данной методики исследования в визуализации изменений легочной и костной ткани у детей [3]. По данным авторов, томосинтез имеет преимущества перед рентгенографией при исследовании первых шейных позвонков у детей периода новорожденности и грудных, поскольку исключается необходимость открывать рот ребенку. Исследователи отмечают, что с помощью томосинтеза значительно проще диагностировать травмы позвонков. Также существенно облегчается выявление остеоартритов кистей — на снимках хорошо визуализируется трабекулярная структура костей и узуры в местах их сочленения. У пациентов с болезнью Осгуда — Шляттера методика томосинтеза позволяет выявить изменения бугристости большеберцовой кости, а при исследо-

вании височной кости удается точно определить контуры внутреннего слухового прохода и его размеры. По данным авторов, КТ и общая рентгенография уступают томосинтезу в диагностике переломов небольших костей. Исследователи отмечают, что с помощью применения томосинтеза можно весьма точно определить не только локализацию процесса и размеры патологического очага в костной ткани, но и четко визуализировать контуры, а также выявить реакцию окружающих тканей. Авторы резюмируют, что томосинтез в ряде случаев позволяет избежать необходимости КТ-диагностики (весьма дорогостоящей и связанной с высокой лучевой нагрузкой), но не является ее заменой. Эта методика способствует повышению точности рентгенологических исследований, позволяя рентгенологам определить до 30 % более тонкой коррекции.

Вывод

При анализе современной литературы, посвященной вопросу применения томосинтеза в педиатрической практике, выявлено, что недостаточно разработаны теоретические аспекты его использования, не выработаны алгоритмы использования томосинтеза, отсутствуют сведения о возможном сочетании методики томосинтеза с другими современными технологиями.

Список литературы

1. Баранов В. А. Нелинейные структурно ориентированные методы обработки изображений для неразрушающего контроля: Автореф. дис.... докт. техн. наук. Томск, 2014. 45 с.
2. Баранов В. А., Эверт У., Кулешов В. К. и др. «Нелинейный томосинтез» как метод решения реконструктивных задач радиационного контроля // Ползуновский вестник. 2011. № 2 (2). С. 334–339.
3. Боголепова Н. Н., Ростовцев М. В. Опыт использования томосинтеза в детском лечебном учреждении // Мед. визуализация. 2010. № 2. С. 67–72.
4. Доклад о состоянии здоровья населения и организации здравоохранения по итогам деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации за 2013 год. М., 2014. 129 с.
5. Дрантусова Н. С. Комплексная лучевая диагностика дегенеративных заболеваний тазобедренных суставов у детей: Автореф. дис.... канд. мед. наук. Обнинск, 2010. 20 с.
6. Мурашина И. В., Егорова Е. А., Хасанишин М. М. и др. Значение магнитно-резонансной томографии в диагностике последствий повреждений плечевого сустава // Радиология — практика. 2011. № 4. С. 27–33.
7. Смердин С. В., Цыбульская Ю. А., Шутихина И. В. и др. Поиск персонализированного подхода в диагностике пациентов с туберкулезным спондилитом // Сеченовский вестник. 2014. № 4 (18). С. 41–44.
8. 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.
9. Aoki T. Shimadzu's tomosynthesis, slot radiography and dual energy subtraction by direct conversion FPD. Imaging technique and clinical application to orthopaedics // Innervision. 2010. V. 25. № 8. P. 122–124.
10. Aoki T., Fujii M., Yamashita Y. et al. Tomosynthesis of the wrist and hand in patients with rheumatoid arthritis: comparison with radiography and MRI // AJR. Am. J Roentgenol. 2014. V. 202 (2). P. 386–90.

11. *Canella C., Philippe P., Pansini V. et al.* Use of tomosynthesis for erosion evaluation in rheumatoid arthritic hands and wrists *Radiol.* 2011. V. 258 (1). P. 199–205.
12. *Fujita S., Yamamoto H., Uchida Yu. et al.* Potential of tomosynthesis as a new modality for evaluating and treating painful shoulders // *J. Medical Now.* 2014. № 76. P. 234–237.
13. *Fukui R.* Experiences using the SONIALVISION safire series. Investigation into tomosynthesis of the temporomandibular joint // *J. Medical Now.* 2013. № 75. P. 200–204.
14. *Gen H.* Usefulness of tomosynthesis for orthopedics // *J. Medical Now.* 2014. № 76. P. 189–92.
15. *Göthlin J.H., Geijer M.* The utility of digital linear tomosynthesis imaging of total hip joint arthroplasty with suspicion of loosening: a prospective study in 40 patients *biomed // Res. Int.* 2013. Sep. 3. P. 90–93.
16. *Hayashi D., Xu L., Roemer F.W. et al.* Detection of osteophytes and subchondral cysts in the knee with use of tomosynthesis // *Radiol.* 2012. V. 263. P. 206–215.
17. *Hayashi D., Xu L., Guseburg J. et al.* Reliability of semiquantitative assessment of osteophytes and subchondral cysts on tomosynthesis images by radiologists with different levels of expertise // *Diagn. Interv. Radiol.* 2014. V. 20. P. 353–359.
18. *Iwama M., Takehara K., Anraku K.* Use of tomosynthesis in the Aizawa Hospital. *J. Medical Now.* 2013. № 75. P. 209–211.
19. *Ohno S., Nagano J., Sasaki K. et al.* How tomosynthesis changes the evaluation of PLIF bone union // *J. Medical Now.* 2013. № 74. P. 176–180.
20. *Takumi Yu.* Development of the SONIALVISION G4 a new R/F system // *J. Medical Now.* 2013. № 73. P. 78–82.

References

1. *Baranov V. A.* Nonlinear structural oriented image processing techniques for non-destructive testing: Abstract of thesis d-ra tech. nauk. Tomsk, 2014. 45 p. (in Russia).
2. *Baranov V. A., Evert U., Kuleshov V. K.* «Nonlinear tomosynthesis» as a way to solve reconstructive problems of radiation control. *Polzunovskii Bulletin.* 2011. No. 2 (2). P. 334–339 (in Russia).
3. *Bogolepova N. N., Rostovcev M. V.* Experience in the use of tomosynthesis in children's medical facility. *Medical visualization.* 2010. No. 2. P. 67–72. (in Russia).
4. The report about the health status of the population and health organization on the results of activity of Executive authorities of Russian Federation subjects. 2013. Moscow, 2014. 129 p. (in Russia).
5. *Drantusova N. S.* Complex X-ray diagnosis of hip joints degenerative diseases in children: Abstract of. thesis cand. med. nauk. Obninsk, 2010. 20 p. (in Russian).
6. *Murashina I. V., Egorova E. A. Khasanshin M. M.* The value of magnetic resonance imaging in the diagnosis of the shoulder joint injury. *Radiologija – praktika.* 2011. No. 4. P. 27–33 (in Russia).
7. *Smerdin S. V., Cybul'skaja Ju. A., Shutihina I. V. et al.* Search personalized approach in the diagnosis of patients with tuberculous spondylitis. *Sechenov's bulletin.* 2014. No. 4 (18). P. 41–44 (in Russia).
8. *Solodkij V. A., Rozhkova N. I., Mazo M. L.* The latest technology in the diagnosis of breast diseases. *EF. Oncology, Hematology and Radiology.* 2012. No. 4. P. 8–11 (in Russia).
9. *Aoki T.* Shimadzu's tomosynthesis, slot radiography and dual energy subtraction by direct conversion FPD. *Imaging technique and clinical application to ortho-*

- paedics. *Innervision*. 2010. V. 25. No. 8. P. 122–124.
10. Aoki T., Fujii M., Yamashita Yu. et al. Tomosynthesis of the wrist and hand in patients with rheumatoid arthritis: comparison with radiography and MRI // *AJR. Am. J. Roentgenol.* 2014. V. 202 (2). P. 386–390.
 11. Canella C., Philippe P., Pansini V. et al. Use of tomosynthesis for erosion evaluation in rheumatoid arthritic hands and wrists. *Radiology*. 2011. V. 258 (1). P. 199–205.
 12. Fujita S., Yamamoto H., Uchida Yu. et al. Potential of tomosynthesis as a new modality for evaluating and treating painful shoulders. *Medical Now*. 2014. No. 76. P. 234–237.
 13. Fukui R. Experiences using the SONIAL-VISION safire series. Investigation into tomosynthesis of the temporomandibular joint. *Medical Now*. 2013. No. 75. P. 200–204.
 14. Gen H. Usefulness of tomosynthesis for orthopedics. *Medical Now*. 2014. No. 76. P. 189–192.
 15. Göthlin J.H., Geijer M. The Utility of digital linear tomosynthesis imaging of total hip joint arthroplasty with suspicion of loosening: a prospective study in 40 patients. *Biomed. Res. Int.* 2013. V. 3. P. 90–93.
 16. Hayashi D., Xu L., Roemer F. W. et al. Detection of osteophytes and subchondral cysts in the knee with use of tomosynthesis. *Radiology*. 2012. V. 263. P. 206–215.
 17. Hayashi D., Xu L., Gusenburg J. et al. Reliability of semiquantitative assessment of osteophytes and subchondral cysts on tomosynthesis images by radiologists with different levels of expertise. *Diagn. Interv. Radiol.* 2014. V. 20. P. 353–359.
 18. Iwama M., Takehara K., Anraku K. Use of tomosynthesis in the Aizawa hospital. *Medical Now*. 2013. No. 75. P. 209–211.
 19. Ohno S., Nagano J., Sasaki K. et al. How tomosynthesis changes the evaluation of PLIF bone union. *Medical Now*. 2013. No. 74. P. 176–180.
 20. Takumi Yu. Development of the SONIAL-VISION G4 a new R/F system. *Medical Now*. 2013. No. 73. P. 78–82.

Сведения об авторе

Карпов Сергей Сергеевич, аспирант кафедры лучевой диагностики ГБОУ ВПО «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 student of Department of Radiology 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: sergey.s.karpov@gmail.com

Финансирование исследования и конфликт интересов.

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