

# Томосинтез в диагностике заболеваний органов грудной клетки (обзор литературы)

А. Ю. Васильев<sup>1</sup>, В. А. Нечаев<sup>\*,2</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики

<sup>2</sup> ГБУЗ «Городская клиническая больница №7» Департамента здравоохранения г. Москвы

## Tomosynthesis in the Diagnosis of Chest Diseases (Literature Overview)

A. Yu. Vasil'ev<sup>1</sup>, V. A. Nechaev<sup>\*,2</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare Russia, Department of Radiology

<sup>2</sup> City Clinical Hospital № 4 of Department of Healthcare of Moscow

### Реферат

Томосинтез (ТС) — методика лучевой диагностики, с помощью которой генерируется произвольное количество послойных изображений исследуемой области за один проход рентгеновской трубки. В последние годы возрос интерес к ней в связи с некоторыми ее преимуществами перед стандартной рентгенографией и мультисрезовой компьютерной томографией. Данный обзор литературы описывает историю развития ТС и основные его возможности применения в торакальной диагностике.

**Ключевые слова:** томосинтез, цифровая рентгенография, мультисрезовая компьютерная томография, заболевания органов грудной клетки.

### Abstract

Tomosynthesis (TS) — a medical imaging technique, which is generated any number of sectional images of the patient in a single pass the X-ray tube. In recent years interest to it is revival, due to some of its advantages, compared with conventional radiography and multislice computed tomography. This review of the literature reveals the history of the TS and its main possibilities of application in the thoracic imaging.

**Key words:** Tomosynthesis, Digital Radiography, Multislice Computed Tomography, Chest Diseases.

Стандартная рентгенография грудной полости после своего появления на рубеже XIX и XX вв. стала одной из наиболее часто используемых диагностических процедур и остается ею по настоящее время. Однако она до сих

\* **Нечаев Валентин Александрович**, врач-рентгенолог рентгенологического отделения ГБУЗ «Городская клиническая больница №4» Департамента здравоохранения г. Москвы.

Адрес: 115093, г. Москва, ул. Павловская, д. 25.

Тел.: +7 (495) 952-67-73. Электронная почта: dfkz2005@gmail.com

**Nechaev Valentin Aleksandrovich**, Radiologist of Radiology Department, City Clinical Hospital № 4 of Department of Healthcare of Moscow.

Address: 25, Pavlovskaya ul., Moscow, 115093, Russia.

Phone number: +7 (495) 952-67-73. E-mail: dfkz2005@gmail.com

пор является одной из самых сложных методик для интерпретации полученных данных. Обзорная рентгенограмма грудной клетки — это суммационное плоскостное изображение с наличием эффекта суммации органов и тканей исследуемой области, в результате которого анатомические и патологические изменения могут плохо визуализироваться [4, 12, 15].

Ученые пытались усовершенствовать рентгенографию, устранив негативное влияние вышеупомянутого фактора. В начале 1920-х годов появились первые данные о получении томографических изображений. В 1921 г. француз Andre Edmond Marie Vocage запатентовал новую методику под названием «планиграфия». Она основывалась на одновременном параллельном движении рентгеновской трубки и приемника во время экспозиции, в результате чего объект, который находился в плоскости центрального луча, получался в фокусе, а остальные слои — размытыми [4, 5].

В то же время немецкий ученый Bernard Ziedses des Plantes заявил, что он изобрел эту методику независимо от француза также в 1921 г., однако результаты его исследования были опубликованы лишь в 1931 г. Позже выяснилось, что Ziedses des Plantes действительно доложил о ней на рентгенологическом обществе в 1921 г., однако он считал, что к ней отсутствует клинический интерес. Таким образом, до сих пор нет единого мнения, кто первый изобрел линейную томографию (ЛТ): Vocage или Ziedses des Plantes [4, 5].

Несмотря на предсказание Ziedses des Plantes, ЛТ быстро заняла свое место в рентгенологической практике. Врачи смогли получать срез интересующей их

области. Тем не менее данная методика имела и свои недостатки. Во-первых, за одно движение трубки и приемника получалось лишь одно изображение. Для получения выше- или нижележащего слоя необходимо было проводить дополнительное исследование, что приводило к росту лучевой нагрузки. Во-вторых, хоть при томографии снижался суммационный эффект по сравнению со стандартной рентгенографией, но появлялось размытое изображение тех структур, которые находились не в фокусе [3, 4].

Относительно первого недостатка Ziedses des Plantes в 1932 г. описал, как можно его устранить. Он отметил, что разные срезы объекта могут быть получены за один проход рентгеновской трубки путем сложения нескольких рентгенограмм объекта, сделанных под разными углами. При их сложении одна конкретная плоскость объекта будет в фокусе, в то время как все остальные будут размыты. Но если сдвинуть эти рентгенограммы относительно друг друга перед их сложением, то эффект размытия будет устранен. Этот алгоритм получил название «сдвиг и сложение» (shift and add) [2, 4].

Реализовать этот способ на практике удалось Garrison et al. в 1969 г. Он создал прототип аппарата под названием «трехмерная рентгенография», с помощью которого получал томографические изображения черепа шимпанзе. В начале 1970-х годов Miller et al. и Grant et al. опубликовали результаты успешных экспериментов по получению произвольного числа срезов объекта. Grant et al. также предложили термин «томосинтез», происходящий от греческого tomo (слой) и synthesis (соединение нескольких частей для создания единого

целого). Согласно этому определению, томосинтез (ТС) — это методика лучевой диагностики, с помощью которой генерируется произвольное количество послойных изображений (срезов) пациента за один проход рентгеновской трубки [2, 4].

О втором недостатке — размытое изображение объектов вне фокуса — Grant et al. считали, что он может быть устранен лишь постпроцессорной обработкой изображений. В последующие два десятилетия ученые пытались усовершенствовать ТС за счет минимизации эффекта размытости изображения и сокращения продолжительности исследования [4].

С появлением компьютерной томографии доля ЛТ в диагностике и интерес к ТС значительно снизились. Однако в 1990-х годах появился новый тип приемника — цифровой детектор с плоской панелью, который в сочетании с современной вычислительной техникой исправили основные недостатки ТС: улучшилось качество изображений, исчез эффект размытости и сократилось время исследования. Также за счет того, что все изображения получались за один проход трубки, это обусловило низкую лучевую нагрузку на пациента. Все эти преимущества повлияли на возрождение интереса к ТС [2, 4, 5].

Большинство исследователей приводят данные, что лучевая нагрузка при ТС грудной полости сопоставима с таковой при цифровой рентгенографии (ЦР) грудной клетки в боковой проекции и составляет 0,10–0,14 мЗв [1, 3, 7, 14, 16]. Однако встречаются данные о более высоких значениях эффективной дозы: 0,32, 0,4 и 0,65 мЗв [10, 19, 20]. Таким образом, лучевая нагрузка при ТС

легких в несколько раз ниже, чем при мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ).

Первые сообщения о применении ТС в торакальной диагностике касались возможности обнаружения очагов в легких. В одном из клинических испытаний на человеке Dobbins et al. сравнивали чувствительность ТС и ЦР в выявлении очаговых образований в легких. В качестве референтного метода выступала МСКТ, с помощью которой было выявлено 175 образований от 3,5 до 25,5 мм в диаметре. В среднем при ТС было обнаружено 70 % из них, в то время как при ЦР в прямой проекции определялось только 22 % ( $p < 0,0001$ ). Для обоих методик чувствительность выявления очагов в легких возрастала с увеличением их размеров. Наибольшая разница наблюдалась в группе очагов размером от 3 до 5 мм, в которой чувствительность ТС была выше в 7,5 раза по сравнению с ЦР [5].

Похожее исследование провели Vikgren et al., в котором также сравнивалась чувствительность ТС и ЦР в выявлении очагов в легких. При МСКТ определялось 131 образование размером от 3 и более 8 мм, из которых при ЦР удалось выявить 28 %, а при ТС — 92 %. Разница в чувствительности была выше в группе очагов размером 6–8 мм [16].

Согласно исследованию Quaiá et al., в котором при МСКТ было выявлено 180 очагов в легких, чувствительность ТС достигала 91–95 %, в то время как у ЦР она составляла лишь 57–65 % [12].

В 2012 г. Jung et al. в своем исследовании определяли чувствительность ТС в определении метастазов в легкие у пациентов с колоректальным раком и также выявляли превосходство ТС над ЦР. При помощи ТС отмечалось 83 %, а при

ЦР — 27 % очагов от общего их числа, обнаруженных при МСКТ [7].

Встречаются работы по оценке экономического эффекта от применения ТС в алгоритме обследования пациентов с выявленными легочными образованиями при ЦР. Так, Quiaia et al. провели исследование, в котором приняли участие 465 пациентов с выявленными изменениями при ЦР. Всем им проводился ТС, при котором определялись 193 очаговых образования и 36 плевральных поражений, а у 236 пациентов наличие патологии было исключено. МСКТ была выполнена 127 (27 %) пациентам, в то время как у 338 (73 %) больных сомнительные образования были разрешены с помощью ТС. Таким образом, использование ТС в алгоритме диагностики образований в легких снижает необходимость применения МСКТ у таких пациентов, тем самым уменьшая общие затраты на обследование [13].

Таким образом, показано, что ТС превосходит ЦР в диагностике очаговых образований в легких, уступая при этом МСКТ [5, 7, 9, 12, 16]. В связи с такими многообещающими результатами клинических исследований возникают вопросы о том, у каких пациентов применять ТС и как его совмещать с ЦР и МСКТ, например, в алгоритме обследования пациентов с потенциальными легочными образованиями [4, 5].

По мнению Dobbins et al., существует 4 возможных варианта применения ТС для улучшения выявляемости легочных очагов [4]:

- 1) как дополнительная методика к ЦР взамен боковой проекции;
- 2) как уточняющая методика после выявленного очага при ЦР;
- 3) как метод отслеживания и мониторинга ранее найденных образований;
- 4) скрининг групп риска.

Время оценки данных ТС выше, чем при оценке рентгенограмм органов грудной клетки, в основном из-за многочисленных срезов, но общее время интерпретации намного ниже, чем при МСКТ. По мнению некоторых авторов, несмотря на увеличенное время анализа данных, ТС может быть внедрен в рутинную диагностическую практику как методика, решающая проблему подтверждения или исключения подозрительных или сомнительных поражений, обнаруженных при ЦР, что исключит необходимость проведения МСКТ у большинства таких пациентов [2, 13, 14, 15].

Согласно проведенному исследованию Terzi et al., ТС может применяться в качестве скринингового метода в диагностике рака легкого в группах риска. Было проведено обследование 1843 курильщиков в возрасте от 45 до 75 лет с помощью ЦР и ТС, и у 268 (14,5 %) человек выявлены изменения в легких. После этого 132 (7,2 %) пациента были направлены на МСКТ, 68 (4,9%) из них — на повторную МСКТ в динамике. В результате проведенного обследования рак легкого был выявлен у 18 (0,98 %) пациентов. Автор исследования подчеркивает, что выявляемость некальцинированных образований в легких при ТС сопоставима с показателями при МСКТ и ТС может выступать в качестве методики выбора при скрининге рака легкого [15].

Помимо работ, описывающих возможности ТС в выявлении очаговых теней в легких, существуют исследования по диагностике очагов типа «матового стекла». В работе Zhao et al. сравнивались ТС и МСКТ в выявлении таких изменений, используя антропоморфный фантом грудной клетки и искусственные образования с плотно-

стью «матового стекла». Искусственные узлы с показателями –800 и –630 по шкале Хаунсфилда были представлены в диаметрах 3, 5, 8, 10 и 12 мм. В результате проведенного анализа чувствительность выявления таких очагов для ТС и МСКТ составила 60 и 80 % соответственно [20]. В то же время Doо et al., проведя похожее исследование, пришли к выводу, что выявляемость мелких очагов с плотностью «матового стекла» при ТС значимо не отличается от таковой при ЦР и значительно уступает МСКТ [6].

Yamada et al. проводили сравнение ЦР и ТС органов грудной клетки в диагностике эмфиземы легких. В исследование было включено 48 пациентов с эмфиземой легких и 63 — без нее. Всем больным были выполнены ЦР, ТС и МСКТ грудной клетки. Оказалось, что чувствительность (87,5 %) и специфичность (96,8 %) ТС выше, чем у ЦР (47,9 и 91,3 %). Таким образом ТС превосходит ЦР в диагностике эмфиземы легких [18].

Об эффективности применения ТС в выявлении изменений в легких у больных микобактериальной инфекцией сообщают Kim et al. В данное исследование было включено 100 пациентов, у 65 из которых был установлен диагноз «микобактериальная инфекция легких». Всем пациентам выполнялись ЦР, ТС и МСКТ органов грудной клетки. Ретроспективно точность ТС и ЦР в выявлении признаков бронхоолита составила 95 и 77 % соответственно, в обнаружении очагов — 92 и 76 %, полостей распада — 93 и 70 %. При проведении МСКТ была определена 141 полость, лишь 27 (19 %) из них отмечалась на рентгенограммах и 108 (77 %) из них — при ТС [9].

Vult von Stern et al. применяли ТС в диагностике муковисцидоза и выявили

более высокую его чувствительность в обнаружении основных признаков данной патологии, в частности бронхоэктазов. Также автор разработал шкалу оценки тяжести течения муковисцидоза по данным ТС, которая коррелируется с существующей шкалой Bransfield (по данным рентгенографии) [17].

Лучшее контрастное разрешение томограмм по сравнению с рентгенограммами позволяет более точно определять наличие обызвествлений. Так, Kim et al. сравнивали возможности ТС в определении кальцинации стенок дуги аорты с данными ЦР и МСКТ. Авторы провели исследование, в котором приняли участие 100 пациентов с применением ЦР, ТС и МСКТ, и показали, что ТС превосходит ЦР в выявлении и оценке степени кальцинации стенок дуги аорты [11]. В исследовании Lee et al. было показано преимущество ТС над ЦР в выявлении плевральных бляшек, характерных для асбестоза. Чувствительность ТС в обнаружении асбестоза оказалась в 3 раза выше, чем ЦР.

Таким образом, ТС может применяться в оценке плевроролечной патологии у пациентов, контактировавших с асбестовой пылью [10].

Наряду с описанными преимуществами ТС, выявляются и некоторые ее недостатки. Так, Vikgren et al. и Jung et al. отметили, что при очаговых изменениях примерно в 2 раза чаще определяется ложноотрицательный результат при ТС, чем при ЦР [7, 16]. Основным же ограничением методики является наличие артефактов от движения или дыхания. Исследование ТС длится 10–12 с, в течение которых пациент должен задержать дыхание и находиться неподвижно. Поэтому ТС более подвержен данному артефакту, чем ЦР [4, 16].

## Заключение

Томосинтез является методикой исследования, интерес к которой возрос в последние годы. В настоящее время в торакальной диагностике ТС находится между ЦР и МСКТ. Как показали исследования, чувствительность ТС в выявлении многих патологических изменений в легких превосходит ЦР, однако уступает МСКТ, а по некоторым данным она приближается к МСКТ. ТС применяют для подтверждения либо исключения наличия очага, выявленного на рентгенограмме. Основным преимуществом данной методики является более низкая лучевая нагрузка по сравнению с МСКТ. Однако на данном этапе ее развития до конца еще неясно, какое место она займет среди других рентгенологических методик, сможет ли она занять свою нишу и решать какие-то определенные задачи, заменит ли в некоторых случаях МСКТ или, наоборот, станет не востребована, как линейная томография?

## Список литературы

1. *Asplund S. A., Johnsson A. A., Vikgren J., Svalkvist A., Flinck A., Boijesen M., Fisichella V. A., Mansson L. G., Bath M.* Effect of radiation dose level on the detectability of pulmonary nodules in the chest tomosynthesis *Eur. Radiol.* 2014. V. 24. № 7. P. 1529–1536.
2. *Asplund S., Johnsson A., Vikgren J., Svalkvist A., Boijesen M., Fisichella V., Flinck A., Wiksell A., Ivarsson J., Rystedt H., Mansson L. G., Kheddache S., Bath M.* Learning aspects and potential pitfalls regarding detection of pulmonary nodules in chest tomosynthesis and proposed related quality criteria *Acta Radiol.* 2011. V. 52. № 5. P. 503–512.
3. *Bath M., Svalkvist A., Von Wrangel A., Rismyhr-Olsson H., Cederblad A.* Effective dose to patients from chest examinations with tomosynthesis // *Radiat. Prot. Dosim.* 2010. V. 139. № 1–3. P. 153–158.
4. *Dobbins III J. T., McAdams H. P.* Chest tomosynthesis: technical principles and clinical update *Eur. J. Radiol.* 2009. V. 72. № 2. P. 244–251.
5. *Dobbins III J. T., McAdams H. P., Song J. W., Li, C. M., Godfrey D. J., Delong D., Paik D., Martinez-Jimenez S.* Digital tomosynthesis of the chest for lung nodule detection: interim sensitivity results from an ongoing NIH-sponsored trial. *Med. Phys.* 2008. V. 35. № 6. P. 2554–2557.
6. *Doo K. W., Kang E. Y., Yong H. S., Ham S. Y., Lee K. Y., Choo J. Y.* Comparison of chest radiography, chest digital tomosynthesis and low dose MDCT to detect small ground-glass opacity nodules: an anthropomorphic chest phantom study // *Eur. Radiol.* 2014. V. 24. № 12. P. 3269–3276.
7. *Jung H. N., Chung M. J., Koo J. H., Kim H. C., Lee K. S.* Digital tomosynthesis of the chest: utility for detection of lung metastasis in patients with colorectal cancer // *Clin. Radiol.* 2012. V. 67. № 3. P. 232–238.
8. *Kim E. Y., Chung M. J., Choe Y. H., Lee K. S.* Digital tomosynthesis for aortic arch calcification evaluation: performance comparison with chest radiography with CT as the reference standard // *Acta Radiol.* 2012. V. 52. № 1. P. 17–22.
9. *Kim E. Y., Chung M. J., Lee H. Y., Koh W. J., Jung H. N., Lee K. S.* Pulmonary mycobacterial disease: diagnostic performance of low-dose digital tomosynthesis as compared with chest radiography *Radiol.* 2010. V. 257. № 1. P. 269–277.
10. *Lee G., Jeong Y. J., Kim K. I., Song J. W., Kang D. M., Kim Y. D., Lee J. W.* Comparison of chest digital tomosynthesis and chest

- radiography for detection of asbestos-related pleuropulmonary disease // Clin. Radiol. 2013. V. 68. № 4. P. 376–382.
11. Lee K. H., Goo J. M., Lee S. M., Park C. M., Bahn Y. E., Kim H., Song Y. S., Hwang E. J. Digital tomosynthesis for evaluating metastatic lung nodules: nodule visibility, learning curves, and reading times Korean. J. Radiol. 2015. V. 16. № 2. P. 430–439.
  12. Quaiia E., Baratella E., Cioffi V., Bregant P., Cernic S., Cuttin R., Cova M. A. The value of digital tomosynthesis in the diagnosis of suspected pulmonary lesions on chest radiography: analysis of diagnostic accuracy and confidence // Acad. Radiol. 2010. V. 17. № 10. P. 1267–1274.
  13. Quaiia E., Grisi G., Baratella E., Cuttin R., Poillucci G., Kus S., Cova M. A. Diagnostic imaging costs before and after digital tomosynthesis implementation in patient management after detection of suspected thoracic lesions on chest radiography Insights Imag. 2014. V. 5. № 1. P. 147–155.
  14. Quaiia E., Baratella E., Poillucci G., Kus S., Cioffi, V., Cova M. A. Digital tomosynthesis as a problem-solving Imaging technique to confirm or exclude potential thoracic lesions based on chest X-ray radiography // Acad. Radiol. 2013. V. 20. № 5. P. 546–553.
  15. Terzi A., Bertolaccini L., Viti A., Comello L., Ghirardo D., Priotto R., Grosso M. Lung cancer detection with digital chest tomosynthesis: baseline results from the observational study // SOS J. Thorac. Oncol. 2013. V. 8. № 6. P. 685–692.
  16. Vikgren J., Zachrisson S., Svalkvist A., Johnsson A. A., Boijesen M., Flinck A., Kheddache S., Bath M. Comparison of chest tomosynthesis and chest radiography for detection of pulmonary nodules: human observer study of clinical cases // Radiol. 2008. V. 249. № 3. P. 1034–1041.
  17. Vult von Steyern K., Bjorkman-Burtscher I., Geijer M. Tomosynthesis in pulmonary cystic fibrosis with comparison to radiography and computed tomography: a pictorial review // Insights Imag. 2012. V. 3. № 1. P. 81–89.
  18. Yamada Y., Jinzaki M., Hashimoto M., Shiomi E., Abe T., Kuribayashi S., Ogawa K. Tomosynthesis for the early detection of pulmonary emphysema: diagnostic performance compared with chest radiography, using multidetector computed tomography as reference // Eur. Radiol. 2013. V. 23. № 8. P. 2118–2126.
  19. Zhang Y., Li X., Segars W. P., Samei E. Comparison of patient specific dose metrics between chest radiography, tomosynthesis, and CT for adult patients of wide ranging body habitus // Med. Phys. 2014. V. 41. № 2. P. 023901-1–023901-12.
  20. Zhao F., Zeng Y., Peng G., Yu R., Peng S., Tan H., Liu X., Wang J. Experimental Study of Detection of Nodules Showing Ground-Glass Opacity and Radiation Dose by Using Anthropomorphic Chest Phantom: Digital Tomosynthesis and Multidetector CT // J. Comput. Assist. Tomogr. 2012. V. 36. № 5. P. 523–527.

## References

1. Asplund S. A., Johnsson A. A., Vikgren J., Svalkvist A., Flinck A., Boijesen M., Fisichella V. A., Mansson L. G., Bath M. Effect of radiation dose level on the detectability of pulmonary nodules in the chest tomosynthesis. Eur. Radiol. 2014. V. 24. No. 7. P. 1529–1536.
2. Asplund S., Johnsson A., Vikgren J., Svalkvist A., Boijesen M., Fisichella V., Flinck A., Wiksell A., Ivarsson J., Rystedt H., Mansson L. G., Kheddache S., Bath M. Learning aspects and potential pitfalls regarding detection of pulmonary nodules in chest tomosynthesis and proposed

- related quality criteria. *Acta Radiologica*. 2011. V. 52. No. 5. P. 503–512.
3. *Bath M., Svalkvist A., Von Wrangel A., Rismyhr-Olsson H., Cederblad A.* Effective dose to patients from chest examinations with tomosynthesis. *Radiat. Prot. Dosim.* 2010. V. 139. No. 1–3. P. 153–158.
  4. *Dobbins III J. T., McAdams H. P.* Chest tomosynthesis: technical principles and clinical update. *Eur. J. Radiol.* 2009. V. 72 No. 2. P. 244–251.
  5. *Dobbins III J. T., McAdams H. P., Song J. W., Li, C. M., Godfrey D. J., Delong D., Paik D., Martinez-Jimenez S.* Digital tomosynthesis of the chest for lung nodule detection: interim sensitivity results from an ongoing NIH-sponsored trial. *Med. Phys.* 2008. V. 35. No. 6. P. 2554–2557.
  6. *Doo K. W., Kang E. Y., Yong H. S., Ham S. Y., Lee K. Y., Choo J. Y.* Comparison of chest radiography, chest digital tomosynthesis and low dose MDCT to detect small ground-glass opacity nodules: an anthropomorphic chest phantom study. *Eur. Radiol.* 2014. V. 24. No. 12. P. 3269–3276.
  7. *Jung H. N., Chung M. J., Koo J. H., Kim H. C., Lee K. S.* Digital tomosynthesis of the chest: utility for detection of lung metastasis in patients with colorectal cancer. *Clin. Radiol.* 2012. V. 67. No. 3. P. 232–238.
  8. *Kim E. Y., Chung M. J., Choe Y. H., Lee K. S.* Digital tomosynthesis for aortic arch calcification evaluation: performance comparison with chest radiography with CT as the reference standard. *Acta Radiol.* 2012. V. 52. No. 1. P. 17–22.
  9. *Kim E. Y., Chung M. J., Lee H. Y., Koh W. J., Jung H. N., Lee K. S.* Pulmonary mycobacterial disease: diagnostic performance of low-dose digital tomosynthesis as compared with chest radiography. *Radiology*. 2010. V. 257. No. 1. P. 269–277.
  10. *Lee G., Jeong Y. J., Kim K. I., Song J. W., Kang D. M., Kim Y. D., Lee J. W.* Comparison of chest digital tomosynthesis and chest radiography for detection of asbestos-related pleuropulmonary disease. *Clin. Radiol.* 2013. V. 68. No. 4. P. 376–382.
  11. *Lee K. H., Goo J. M., Lee S. M., Park C. M., Bahn Y. E., Kim H., Song Y. S., Hwang E. J.* Digital tomosynthesis for evaluating metastatic lung nodules: nodule visibility, learning curves, and reading times. *Korean. J. Radiol.* 2015. V. 16. No. 2. P. 430–439.
  12. *Quaia E., Baratella E., Cioffi V., Bregant P., Cernic S., Cuttin R., Cova M. A.* The value of digital tomosynthesis in the diagnosis of suspected pulmonary lesions on chest radiography: analysis of diagnostic accuracy and confidence. *Acad. Radiol.* 2010. V. 17. No. 10. P. 1267–1274.
  13. *Quaia E., Grisi G., Baratella E., Cuttin R., Poillucci G., Kus S., Cova M. A.* Diagnostic imaging costs before and after digital tomosynthesis implementation in patient management after detection of suspected thoracic lesions on chest radiography. *Insights Imaging*. 2014. V. 5. No. 1. P. 147–155.
  14. *Quaia E., Baratella E., Poillucci G., Kus S., Cioffi, V., Cova M. A.* Digital tomosynthesis as a problem-solving Imaging technique to confirm or exclude potential thoracic lesions based on chest x-ray radiography. *Acad. Radiol.* 2013. V. 20. No. 5. P. 546–553.
  15. *Terzi A., Bertolaccini L., Viti A., Comello L., Ghirardo D., Priotto R., Grosso M.* Lung cancer detection with digital chest tomosynthesis: baseline results from the observational study. *SOS J. Thorac. Oncol.* 2013. V. 8. No. 6. P. 685–692.
  16. *Vikgren J., Zachrisson S., Svalkvist A., Johnsson A. A., Boijssen M., Flinck A., Khed-dache S., Bath M.* Comparison of chest tomosynthesis and chest radiography for



- detection of pulmonary nodules: human observer study of clinical cases. *Radiology*. 2008. V. 249. No. 3. P. 1034–1041.
17. *Vult von Steyern K., Bjorkman-Burtscher I., Geijer M.* Tomosynthesis in pulmonary cystic fibrosis with comparison to radiography and computed tomography: a pictorial review. *Insights Imaging*. 2012. V. 3. No. 1. P. 81–89.
  18. *Yamada Y., Jinzaki M., Hashimoto M., Shiomi E., Abe T., Kuribayashi S., Ogawa K.* Tomosynthesis for the early detection of pulmonary emphysema: diagnostic performance compared with chest radiography, using multidetector computed tomography as reference. *Eur. Radiol.* 2013. V. 23. No. 8. P. 2118–2126.
  19. *Zhang Y., Li X., Segars W. P., Samei E.* Comparison of patient specific dose metrics between chest radiography, tomosynthesis, and CT for adult patients of wide ranging body habitus. *Med. Phys.* 2014. V. 41. No. 2. P. 023901-1–023901-12.
  20. *Zhao F., Zeng Y., Peng G., Yu R., Peng S., Tan H., Liu X., Wang J.* Experimental Study of Detection of Nodules Showing Ground-Glass Opacity and Radiation Dose by Using Anthropomorphic Chest Phantom: Digital Tomosynthesis and Multidetector CT. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2012. V. 36. No. 5. P. 523–527.

#### Сведения об авторах

**Васильев Александр Юрьевич**, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, член-корр. РАН, профессор 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 (495) 611-01-77. Электронная почта: auv62@mail.ru

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

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

Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: auv62@mail.ru

**Нечаев Валентин Александрович**, врач-рентгенолог рентгенологического отделения ГБУЗ «Городская клиническая больница №4» Департамента здравоохранения г. Москвы.

Адрес: 115093, г. Москва, ул. Павловская, д. 25.

Тел.: +7 (495) 952-67-73. Электронная почта: dfkz2005@gmail.com

**Nechaev Valentin Aleksandrovich**, Radiologist of Radiology Department, City Clinical Hospital № 4 of Department of Healthcare of Moscow.

Address: 25, Pavlovskaya ul., Moscow, 115093, Russia.

Phone number: +7 (495) 952-67-73. E-mail: dfkz2005@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.*