

УДК 616-006:616-073.756.8

ОПТИМИЗАЦИЯ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ГРУДИ У БОЛЬНЫХ РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

¹И. А. Буровик, ²А. А. Мёлдо, ¹А. В. Мищенко, ¹С. А. Кулева, ¹А. Б. Косичкина

¹НИИ онкологии им. Н. Н. Петрова, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический), Санкт-Петербург, Россия

OPTIMIZATION OF MULTISPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY OF THE CHEST IN BREAST CANCER PATIENTS

¹I. A. Burovik, ²A. A. Méldo, ¹A. V. Mishchenko, ¹S. A. Kulyeva, ¹A. B. Kosichkina

¹N. N. Petrov Oncology Research Institute, St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg Scientific Practical Center of Specialized Kinds of Medical Care (Oncological), St. Petersburg, Russia

© Коллектив авторов, 2016 г.

Монофазная МСКТ груди с контрастным усилением у больных раком молочной железы не позволяет ответить на все диагностические вопросы, вместе с тем многофазное исследование сопровождается значительной лучевой нагрузкой на пациента. Актуальность мер, направленных на снижение дозы облучения, обуславливает целесообразность применения венозно-артериального контрастирования при МСКТ груди у больных раком молочной железы. При сравнении нативной, артериальной и венозно-артериальной фаз установлено статистически значимое повышение плотности опухоли молочной железы при венозно-артериальном сканировании. Контрастное усиление в крупных сосудах в венозно-артериальную и артериальную фазы сканирования было практически идентичным. Таким образом, методика венозно-артериального МСКТ-сканирования обеспечивает значимое увеличение рентгеновской плотности карциномы молочной железы до 2 раз по сравнению с соответствующим значением в артериальную фазу исследования с сохранением целевых величин контрастного усиления легочного ствола и аорты, обеспечивая уменьшение дозы облучения пациента.

Ключевые слова: лучевая нагрузка при КТ, снижение дозы облучения, КТ при раке молочной железы, венозно-артериальное сканирование.

Monophasic MSCT of chest in patients with breast cancer unable to answer all diagnostic questions. However, multiphasic MSCT is associated with a significant radiation dose. In order to reduce radiation exposure for patients with breast cancer venous-arterial phase of MSCT can be used. Native, arterial and venous-arterial phases of ceMSCT of chest were compared. There was statistically significant increase of breast tumor x-ray density in venous-arterial scan (up to 2 times compared with the corresponding value in arterial phase of the study). Contrast enhancement in large vessels in venous-arterial and arterial phase scans was almost similar. Thus, the technique of venous-arterial MDCT provides a significant increase in x-ray density of breast carcinoma, keeps suitable values of contrast enhancement of the pulmonary trunk and aorta and reduces radiation dose.

Key words: CT radiation dose, reduction of radiation dose, CT in breast cancer, venous-arterial contrast scanning.

Введение. Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) является «золотым стандартом» при выявлении и оценке эффективности лечения различных злокачественных опухолей области груди.

В настоящее время принято считать артериальную фазу контрастирования оптимальной при визуализации структур грудной клетки. Вместе с тем при первичной диагностике карциномы молочной железы МСКТ не является основным методом, так как не

позволяет эффективно визуализировать в структуре очага микрокальцинаты, что создает трудности при проведении дифференциальной диагностики [1]. По данным Н. Nakahara и соавт. (2002), чувствительность МСКТ в выявлении микрокальцинатов составляет 59% [2]. В целом же в различных исследованиях чувствительность данного метода в диагностике рака молочной железы варьирует в пределах 61–72%, специфичность 83–88%, точность 71–76% [2–4].

В то же время ряд авторов отмечают эффективность компьютерной томографии при мониторинге ответа злокачественных опухолей молочной железы на проводимую терапию, диагностике местных рецидивов, отдаленных метастазов и осложнений лечения [5, 6]. Преимуществами МСКТ по сравнению с другими методами исследования (маммография, УЗИ, МРТ) являются возможность одновременной оценки как состояния молочных желез (области операции), так и органов грудной полости и смежных анатомических областей, доступность, меньшая стоимость исследования в сравнении с методами радионуклидной диагностики, МРТ.

В исследованиях, посвященных контрастной маммографии, показано, что новообразования молочной железы лучше визуализируются на поздних фазах контрастирования [7–11].

В литературе также описана методика МСКТ молочных желез как в условиях нативного сканирования, так и с контрастным усилением, позволяющая эффективно визуализировать образования молочной железы с возможностью многоплоскостного реформирования изображений и проводить их дифференциальную диагностику [12–14]. В работе А. Б. Абдураимова (2010) была показана большая эффективность КТ-маммографии с внутривенным усилением в диагностике местного рецидива рака молочной железы в сравнении с традиционной маммографией и УЗИ [15]. В более ранней работе этого же исследователя отмечается целесообразность сканирования в венозную фазу и при диагностике первичного рака молочной железы [16]. Установлено, что при этом рентгеновская плотность злокачественных образований увеличивается более чем в 2 раза.

Однако, несмотря на обоснованность проведения КТ груди при карциноме молочной железы в венозную и отсроченную фазы сканирования, отказ от выполнения исследования в артериальную фазу представляется нецелесообразным. Это обусловлено задачами выявления гиперваскулярных метастазов в печени при сочетанном исследовании груди и живота, диагностики тромбоэмболии легочных артерий, необходимостью дифференциальной диагностики очаговых образований в легких и определения вовлечения в опухолевый процесс крупных сосудов при генерализованном процессе. Выполнение же многофазного сканирования приводит к значительному увеличению дозы ионизирующего излучения на пациента, что может иметь негативные отдаленные последствия. Контроль дозовых нагрузок приобретает особую актуальность с учетом многократно повторяющихся исследований при динамическом наблюдении больных раком молочной железы, получающих химиотерапевтическое лечение, у которых число процедур может достигать 4 и более в течение года [17].

В 2015 г. авторами статьи предложен и запатентован (№ 2556619) способ проведения МСКТ брюш-

ной полости, основанный на последовательном введении двух болюсов контрастного вещества с получением комбинированного изображения, сочетающего как признаки артериальной, так и венозной фазы за одно сканирование [17]. Применение данного подхода при динамическом наблюдении больных карциномой молочной железы также представляется перспективным.

Цель: обосновать целесообразность применения венозно-артериального контрастирования при МСКТ груди у больных раком молочной железы.

Материалы и методы. В исследовании была использована методика одномоментной двухфазной венозно-артериальной МСКТ, которая была дополнена двумя фазами сканирования — нативной и артериальной. В качестве контрастного вещества использовали неионный контрастный препарат в концентрации 300 мг йода/мл; общее количество препарата определялось из расчета 1,5 мл/кг массы тела пациента. Введение контраста осуществлялось с помощью автоматического двухколбового инжектора.

Протокол контрастирования состоял из чередующихся болюсов контрастного вещества и изотонического раствора натрия хлорида:

- 1) инфузия изотонического раствора натрия хлорида для «подготовки» вены;
- 2) введение первого болюса контрастного препарата;
- 3) медленная инфузия изотонического раствора натрия хлорида для создания временной задержки между болюсами контрастного вещества;
- 4) введение второго болюса контрастного препарата;
- 5) инфузия изотонического раствора натрия хлорида для «проталкивания» контрастного вещества, оставшегося в системе магистралей.

Объемы болюсов йодсодержащего вещества определялись следующим образом: первый — $\frac{2}{3}$ от расчетного (общего) количества препарата, второй — $\frac{1}{3}$. Введение контрастного вещества осуществляли со скоростью 3–4 мл/с. Между болюсными введениями препарата программировалась временная задержка таким образом, чтобы окончание инфузии второго болюса соответствовало 60-й секунде от начала введения первого. Первый болюс обеспечивал изображение, соответствующее венозной фазе контрастирования, второй — артериальной.

Протокол сканирования включал следующие этапы: топограмма, нативная фаза, артериальная фаза на 25-й секунде от начала введения первого болюса контрастного препарата, венозно-артериальная фаза, запускаемая в автоматическом режиме с применением программы bolus tracking. «Отслеживание» болюса начинали с 55-й секунды от начала контрастирования. Пороговое значение плотности составляло 150 HU.

Для сопоставления фаз исследования измеряли рентгеновскую плотность в опухоли, легочном ство-

ле и грудной части аорты. Полученные данные обрабатывали методами статистического анализа: определяли средние значения и медиана, используя t-критерия Стьюдента, проводилось сравнение групп.

Обследованы 50 женщин в возрасте от 26 до 75 лет. Медиана значений возраста составила 53 года.

В исследуемую группу включены пациентки с впервые выявленным раком молочной железы, ранее не получавшие лечения. Исключение больных, получающих химиотерапию, на данном этапе исследования было обусловлено возможным снижением накопления контрастного вещества в опухоли, выраженность которого могла быть различной в зависимости от длительности и эффективности проводимого лечения.

У всех пациенток рак молочной железы был подтвержден патоморфологически.

Размеры опухоли составляли от 9 мм до 57 мм.

Распределение больных по стадиям заболевания было следующим: I стадия диагностирована у 21 пациентки (42%), II стадия — у 16 (32%), III стадия — у 10 (20%), IV стадия — у 3 больных (6%).

Результаты и их обсуждение. Результаты измерения рентгеновской плотности в опухолях молочной железы и крупных сосудах груди при проведении многофазной КТ представлены в таблице.

ния было практически идентичным (средние значения 286 ± 42 и 290 ± 55 HU соответственно; $t=0,06$ при $p < 0,05$). Аналогичные данные получены в отношении контрастирования грудной части аорты — среднее значение плотности в венозно-артериальную фазу равнялось 212 ± 33 HU, в артериальную фазу — 237 ± 31 HU ($t=0,05$ при $p < 0,05$).

Данное соотношение плотностных характеристик достаточно четко прослеживается при визуальной оценке КТ-изображений груди у больной раком молочной железы (рисунок).

Рентгеновская плотность опухолевого узла в нативную, артериальную и венозно-артериальную фазы исследования составляет соответственно 31, 33 и 58 HU. Отмечается практически идентичное контрастное усиление грудной аорты и легочной артерии в артериальную и венозно-артериальную фазы: плотность в аорте 170 и 184 HU, в легочной артерии 321 и 311 HU. При нативном сканировании и в артериальную фазу контрастирования опухоль на фоне железистой ткани прослеживается нечетливо, оценить ее границы не представляется возможным. Венозно-артериальная фаза сканирования позволяет четко визуализировать границы и структуру патологического образования и определить его размеры.

Таблица

Рентгеновская плотность в карциноме молочной железы и крупных сосудах грудной полости при КТ с внутривенным болюсным усилением

Анатомические структуры	Рентгеновская плотность, HU		
	нативная фаза	артериальная фаза	венозно-артериальная фаза
Опухоль	29 ± 5	35 ± 7	72 ± 10
Аорта	41 ± 4	237 ± 31	212 ± 33
Легочная артерия	39 ± 2	290 ± 55	286 ± 42



Рисунок. Больная В., 43 года, рак правой молочной железы cT2N1M0. МСКТ груди. Нативная (а), артериальная (б), венозно-артериальная (в) фазы

Как видно из таблицы, отмечалось статистически значимое повышение плотности опухоли молочной железы (более чем в 2 раза) при венозно-артериальном сканировании по сравнению с исследованием в артериальную и нативную фазу ($t=3,06$ и $t=3,82$ при $p < 0,05$ соответственно). Рентгеновская плотность опухоли в артериальную фазу значимо не отличалась от таковой в нативную фазу исследования ($t=0,62$ при $p < 0,05$).

Контрастное усиление в легочной артерии в венозно-артериальную и артериальную фазы сканирова-

Основными диагностическими задачами МСКТ при обследовании больных раком молочной железы являются определение распространенности неопластического процесса, оценка ответа опухоли на терапию и диагностика осложнений консервативного и хирургического лечения. Стандартная методика многофазного контрастирования, широко используемая в настоящее время, позволяет получить ответы на данные вопросы. При этом венозная фаза контрастирования обеспечивает лучшую визуализацию первичного рака молочной железы и более ран-

ную диагностику рецидива опухоли [15, 16], артериальная — необходима для выявления тромбоемболических осложнений и патологических изменений в легких и средостении.

При этом многофазное исследование сопровождается значительным увеличением дозы облучения пациента. Известно, что ионизирующее излучение при медицинских диагностических исследованиях является серьезным фактором риска развития рака молочной железы и других онкологических заболеваний [18, 19]. В целом, по мнению некоторых авторов, величина радиоиндуцированных новообразований может достигать 1% от общей онкологической заболеваемости [20]. И поэтому высокая информативность многофазной МСКТ у больных раком молочной железы сопряжена возможными негативными отдаленными последствиями.

Таким образом, проведение МСКТ грудной клетки у больных раком молочной железы по методике венозно-артериального сканирования, несомненно,

представляется перспективным. Обеспечивая необходимый уровень контрастирования анатомических структур и патологических образований, одномоментное сканирование может способствовать снижению риска негативных последствий облучения, что с учетом роста применения лучевых методов диагностики, и КТ в частности, является одной из актуальных задач современной медицины.

Выводы. Методика венозно-артериального МСКТ-сканирования обеспечивает значимое увеличение рентгеновской плотности карциномы молочной железы до 2 раз по сравнению с соответствующим значением в артериальную фазу исследования с сохранением целевых величин контрастного усиления легочного ствола и аорты, способствуя уменьшению дозы облучения пациента. Таким образом, данный подход может рассматриваться как более оптимальный в сравнении со стандартным исследованием в артериальную фазу контрастирования и многофазным сканированием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Raptopoulos V., Baum J. K., Hochman M. et al. High resolution CT mammography of surgical biopsy specimens // J. Comput. Assist. Tomogr.— 1996.— Vol. 20, № 2.— P. 179–184.
2. Nakahara H., Namba K., Wakamatsu H. et al. Extension of breast cancer: comparison of CT and MRI // Radiat Med.— 2002.— Vol. 20.— P. 17–23.
3. Shimauchi A., Yamada T., Sato A. et al. Comparison of MDCT and MRI for evaluating the intraductal component of breast cancer // AJR Am. J. Roentgenol.— 2006.— Vol. 187.— P. 322–329.
4. Uematsu T., Yuen S., Kasami M., Uchida Y. Comparison of magnetic resonance imaging, multidetector row computed tomography, ultrasonography, and mammography for tumor extension of breast cancer // Breast Cancer Res. Treat.— 2008.— Vol. 112.— P. 461–474.
5. Neal C. H., Yilmaz Z. N., Noroozian M. et al. Imaging of breast cancer-related changes after surgical therapy // AJR Am. J. Roentgenol.— 2014.— Vol. 202, № 2.— P. 262–272.
6. Yilmaz Z. N., Neal C. H., Noroozian M. et al. Imaging of breast cancer-related changes after nonsurgical therapy // AJR Am. J. Roentgenol.— 2014.— Vol. 202, № 3.— P. 675–683.
7. Diekmann F., Diekmann S., Taupitz M. et al. Use of iodine-based contrast media in digital full-field mammography — initial experience // Rofo. Fortschr. Geb. Rontgenstr. Neuen Bildgeb. Verfahr.— 2003.— Vol. 175, № 3.— P. 342–345.
8. Jong R. A., Yaffe M. J., Skarpathiotakis M. et al. Contrast-enhanced digital mammography: Initial clinical experience // Radiology.— 2003.— Vol. 228, № 3.— P. 842–850.
9. Dromain C., Balleyguier C., Muller S. et al. Evaluation of tumor angiogenesis of breast carcinoma using contrast-enhanced digital mammography // Am. J. Roentgenol.— 2006.— Vol. 187, № 5.— P. 528–537.
10. Diekmann F., Diekmann S., Jeunehomme F. et al. Digital mammography using iodine-based contrast media: initial clinical experience with dynamic contrastmedium enhancement // Invest. Radiol.— 2005.— Vol. 40, № 7.— P. 397–404.
11. Chen S. C., Carton A. K., Albert M. et al. Initial clinical experience with contrast-enhanced digital breast tomosynthesis // Acad. Radiol.— 2007.— Vol. 14, No. 2.— P. 229–238.
12. Lindfors K. K., Boone J. M., Nelson T. R. et al. Dedicated breast CT: Initial clinical experience // Radiology.— 2008.— Vol. 246, № 3.— P. 725–733.
13. Boone J. M. Breast CT: Its prospect for breast cancer screening and diagnosis, in Advances in breast imaging: Physics, Technology and Clinical Applications, Categorical Course in Diagnostic Radiology Physics. Giger edited by A. Karellas and M. L. Radiological Society of North America (RSNA), Oak Brook, IL, 2004.
14. Lindfors K. K., Boone J. M., Newell M. S., D'Orsi C. J. Dedicated breast CT: the optimal cross sectional imaging solution // Radiol. Clin. North Am.— 2010.— Vol. 48, № 5.— P. 1043–1054.
15. Абдураимов А. Б. Применение КТ-маммографии в комплексной диагностике рецидива рака молочной железы // Медицинская визуализация.— 2010.— № 3.— С. 11–18.
16. Абдураимов А. Б., Ветшев П. С., Терновой С. К., Араблинский А. В., Шехтер А. И. Мультиспиральная компьютерная томография в диагностике опухолей молочной железы (первые результаты) // Хирургия.— 2005.— № 2.— С. 12–17.
17. Буровик И. А., Локушина А. А., Кулева С. А. Оптимизация методики мультиспиральной компьютерной томографии при динамическом наблюдении онкологических больных // Медицинская визуализация.— 2015.— № 2.— С. 129–134.
18. Семиглазов В. В., Топузов Э. Э. Рак молочной железы / под ред. В. Ф. Семиглазова.— М., Медпресс-информ, 2009.— 172 с.
19. Preston-Martin S., Pogoda J. M. Estimation of radiographic doses in a case-control study of acute myelogenous leukemia // Health Phys.— 2003.— Vol. 84.— P. 245–259.
20. Berrington de Gonzalez A., Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries // Lancet.— 2004.— Vol. 363.— P. 345–351.

REFERENCES

1. Raptopoulos V., Baum J. K., Hochman M. et al., *J. Comput. Assist. Tomogr.*, 1996, vol. 20, No. 2, pp. 179–184.
2. Nakahara H., Namba K., Wakamatsu H. et al., *Radiat. Med.*, 2002, vol. 20, pp. 17–23.
3. Shimauchi A., Yamada T., Sato A. et al., *AJR Am. J. Roentgenol.*, 2006, vol. 187, pp. 322–329.
4. Uematsu T., Yuen S., Kasami M., Uchida Y., *Breast Cancer Res. Treat.*, 2008, vol. 112, pp. 461–474.
5. Neal C. H., Yilmaz Z. N., Noroozian M. et al., *AJR Am. J. Roentgenol.*, 2014, vol. 202, No. 2, pp. 262–272.
6. Yilmaz Z. N., Neal C. H., Noroozian M. et al., *AJR Am. J. Roentgenol.*, 2014, vol. 202, No. 3, pp. 675–683.
7. Diekmann F., Diekmann S., Taupitz M. et al., *Rofo. Fortschr. Geb. Rontgenstr. Neuen Bildgeb. Verfahr.*, 2003, vol. 175 No. 3, pp. 342–345.
8. Jong R. A., Yaffe M. J., Skarpathiotakis M. et al., *Radiology*, 2003, vol. 228, No. 3, pp. 842–850.
9. Dromain C., Balleyguier C., Muller S. et al., *Am. J. Roentgenol.*, 2006, vol. 187, No. 5, pp. 528–537.
10. Diekmann F., Diekmann S., Jeunehomme F. et al., *Invest. Radiol.*, 2005, vol. 40, No. 7, pp. 397–404.
11. Chen S. S., Carton A. K., Albert M. et al., *Acad. Radiol.*, 2007, vol. 14, No. 2, pp. 229–238.
12. Lindfors K. K., Boone J. M., Nelson T. R. et al., *Radiology*, 2008, vol. 246, No. 3, pp. 725–733.
13. Boone J. M. Breast CT: *Its prospect for breast cancer screening and diagnosis*, in *Advances in breast imaging: Physics, Technology and Clinical Applications, Categorical Course in Diagnostic Radiology Physics*. Giger ed. by A. Karellas and M. L. Radiological Society of North America (RSNA), Oak Brook, IL, 2004.
14. Lindfors K. K., Boone J. M., Newell M. S., D'Orsi C. J., *Radiol. Clin. North Am.*, 2010, vol. 48, No. 5, pp. 1043–1054.
15. Abduraimov A. B., *Medicinskaya vizualizaciya*, 2010, No. 3, pp. 11–18.
16. Abduraimov A. B., Vetshev P. S., Ternovoj S. K., Arablinskij A. V., Shexter A. I., *Hirurgiya*, 2005, No. 2, pp. 12–17.
17. Burovik I. A., Lokshina A. A., Kuleva S. A., *Medicinskaya vizualizaciya*, 2015, No. 2, pp. 129–134.
18. Semiglazov V. V., Topuzov E. E. *Rak molochnoj zhelezy / pod red. V. F. Semiglazova*, Moscow, Medpress-inform, 2009, 172 p.
19. Preston-Martin S., Pogoda J. M., *Health Phys.*, 2003, vol. 84, pp. 245–259.
20. Berrington de Gonzalez A., Darby S., *Lancet*, 2004, vol. 363, pp. 345–351.

Поступила в редакцию: 24.04.2016 г.

Контакт: Мёлдо Анна Александровна, anna.meldo@yandex.ru

Сведения об авторах:

Буровик Илья Александрович — врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБУ «НИИ онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ, 197758, Россия, Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68, тел.: +7 921 961-50-02, e-mail: burovick_ilya@mail.ru;

Мёлдо Анна Александровна — кандидат медицинских наук, заведующая отделением лучевой диагностики, врач-рентгенолог, ГБУЗ «Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический)», 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68А, лит. А; тел.: +7 904 644-17-02, e-mail: anna.meldo@yandex.ru;

Мищенко Андрей Владимирович — доктор медицинских наук, заведующий отделением лучевой диагностики ФГБУ «НИИ онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ, Научно-клинический и образовательный Центр «Лучевая диагностика и ядерная медицина», 197758, Россия, Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68, тел.: +7 921 320-37-02, e-mail: dr.mishchenko@mail.ru;

Кулева Светлана Александровна — профессор кафедры онкологии с курсом лучевой диагностики и лучевой терапии ГБОУ ВПО СПбГПМУ МЗ РФ, заведующая отделением химиотерапии и комбинированного лечения злокачественных опухолей у детей, ведущий научный сотрудник научного отдела инновационных методов терапевтической онкологии и реабилитации ФГБУ «НИИ онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ, 197758, Россия, Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68, тел.: +7 921 335-75-88, e-mail: kulevadoc@yandex.ru;

Косичкина Анастасия Борисовна — врач-рентгенолог отделения лучевой ФГБУ «НИИ онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ, 197758, Россия, Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 68, тел.: +7 921 599-72-66, e-mail: akosichkina@gmail.com.

Открыта подписка на 1-е полугодие 2017 года.

Подписные индексы:

Агентство «Роспечать» 57991

ООО «Агентство „Книга-Сервис”» 42177