

Метод конусно-лучевой компьютерной томографии в маммологии (обзор литературы)

Т. В. Павлова*,¹, А. Ю. Васильев^{2,3}, О. О. Мануйлова^{1,3}

¹ ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В. М. Буянова Департамента здравоохранения города Москвы»

² ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России

³ ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», Москва

Method of Cone-Beam Breast Computed Tomography (Literature Review)

T. V. Pavlova*,¹, A. Yu. Vasil'ev^{2,3}, O. O. Manuylova^{1,3}

¹ City Clinical Hospital named after V. M. Buyanov, Moscow Healthcare Department

² Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia

³ Central Research Institute of Radiation Diagnostics, Moscow

Реферат

Представлен обзор зарубежной литературы, посвященный методу конусно-лучевой компьютерной томографии молочных желез, опыт применения которого отсутствует в научных трудах отечественных ученых. Проанализировав результаты использования данного метода в диагностике различных изменений молочных желез (в том числе и рака), можно с уверенностью утверждать, что конусно-лучевая компьютерная томография обладает огромным диагностическим и дифференциально-диагностическим потенциалом.

Ключевые слова: конусно-лучевая компьютерная томография, молочная железа.

Abstract

The review of foreign literature devoted to the method of cone-beam computed tomography of mammary glands is presented, the experience of which is absent in the scientific works of domestic scientists. Analyzing the results of using this technique in diagnosing various changes in the mammary glands (including cancer),

* Павлова Тамара Валерьевна, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог отделения лучевых методов диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В. М. Буянова Департамента здравоохранения г. Москвы».

Адрес: 115516, г. Москва, ул. Бакинская, д. 26.

Тел.: +7 (916) 483-14-92. Электронная почта: chaleur1891@gmail.com

Pavlova Tamara Valer'evna, Ph. D. Med., Radiologist of Department of Radiation Diagnostic Methods City Clinical Hospital named after V. M. Buyanov, Moscow Healthcare Department.

Address: 26, ul. Bakinskaya, Moscow, 115516, Russia.

Phone number: +7 (916) 483-14-92. E-mail: chaleur1891@gmail.com

we can confidently state that the cone-ray computer tomography has a huge diagnostic and differential-diagnostic potential.

Key words: Cone-Beam Computed Tomography, Breast.

Актуальность

На территории РФ, государствах СНГ и в других развитых странах мира, несмотря на технический прогресс, рак молочной железы (РМЖ) продолжает удерживать лидирующие позиции по заболеваемости и смертности среди женского населения [1]. Особое внимание обращает на себя увеличение количества заболевших в молодом возрасте, когда процент фиброзно-железистой ткани в органе превалирует, представляя собой диагностические трудности в выявлении ранних форм РМЖ [2].

Для обнаружения РМЖ в нашей стране у врачей лучевой диагностики имеется возможность использования как классических методов (маммография, УЗИ, МРТ), так и их модифицированных методик (томосинтез, стереомаммография, контрастная двухэнергетическая маммография, соноэластография, автоматизированная ультразвуковая 3D-визуализация). Однако в последнее время в зарубежных странах появились исследования, посвященные использованию метода конусно-лучевой компьютерной томографии, в том числе с контрастным усилением, для диагностики патологии молочных желез.

Цель: изучить и проанализировать результаты научных исследований в диагностике опухолей молочных желез с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии.

Первые статьи, посвященные конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) — трехмерному методу ви-

зуализации, разработанному доктором Руолой Нинг в 1989 г. в медицинском центре Университета Рочестера, появились в зарубежной литературе в конце 90-х годов прошлого столетия. В 2006 г. появился первый аппарат КЛКТ, предназначенный для диагностики патологических изменений молочных желез. Авторы особо отмечали большой диагностический потенциал метода КЛКТ в скрининге и диагностике РМЖ за счет полного охвата органа и адекватной визуализации структурных элементов, при сопоставимой с рутинной маммографией дозовой нагрузке [7]. К 2016 г. метод КЛКТ был официально одобрен к использованию в скрининге и диагностике РМЖ в США, Западной Европе, Китае, Канаде, Австралии и Новой Зеландии.

В 2010 г. были опубликованы результаты научного исследования, посвященного КЛКТ для визуализации молочной железы (лучевая нагрузка, качество изображения и охват органа) и ее сравнение с рутинной маммографией. В исследовании приняли участие 23 женщины в возрасте 40 лет и старше, которым была проведена скрининговая маммография не более 6 мес назад и с заключением BI-RADS 1 или 2. КЛКТ выполняли на томографе, оснащенном КТ-гентри, геометрически оптимизированным для молочной железы, универсальной рентгеновской трубкой с размером фокусного пятна 0,3 мм, плоскопанельным детектором, эргономич-

ным столом для пациента с отверстием 39 см и персональным компьютером с системой получения изображения. Плоскопанельный детектор был разработан специально для КЛКТ: режим динамического усиления в режиме реального времени с шагом пикселя 0,388 мм (2×2 биннинга) и скорость получения изображения, равная 30 кадрам в секунду. Исследование проводилось при следующих физико-технических характеристиках: напряжение трубки — 49 кВл, сила тока в трубке — 50–200 мА (варьировалась в зависимости от размера железы и ее плотности), величина импульса — 8 мс, скорость получения изображения — 30 кадров/с, время сканирования — 10 с, поглощенная доза ионизирующего излучения — 4–16 мГр, также меняющаяся от размера и плотности ткани железы, фокусное расстояние — 65 см, степень увеличения — 1,42. Полученные изображения просматривались по средством системы 3D-визуализации. Полученные изображения были оценены 3 независимыми экспертами, сделавшими следующие выводы: при плотных и очень плотных молочных железах (BI-RADS ACR C и D) дозовая нагрузка КЛКТ молочных желез и маммографии приблизительно одинаковая (8,1 и 7 мГр соответственно; $p = 0,06$). При плотности ткани BI-RADS ACR A и B эти значения равны 6,5 мГр для маммографии и 8,2 мГр — для КЛКТ. Радиологи также отметили, что охват органа при КЛКТ был достоверно выше (лучше визуализировались основание железы, ее внутренние и наружные отделы), чем при маммографии, к достоинству которой однозначно можно отнести возможность охвата хвостатых долей и аксиллярных областей. Было также установлено, что большинство кальцинатов, обнаруженных при обзор-

ной маммографии, видны и при КЛКТ. Пациентки, в свою очередь, отмечали, что КЛКТ молочных желез переносится более комфортно, чем обзорная маммография [8].

Особое внимание в последнее время уделяется плотности ткани как одного из факторов риска развития РМЖ. X. Yang, I. Sechopoulos, B. Fei в 2011 г. предложили использовать автоматическую классификацию плотности ткани молочной железы на основе использования двустороннего фильтра обработки КЛК-томограмм. Авторами предполагалось, что классификация плотности молочной железы по данным КЛКТ сможет обеспечить количественные измерения состава молочной железы, которые могут быть использованы для идентификации пациентов с высоким риском развития РМЖ [14].

В последние десятилетия женщины во всем мире все чаще и чаще прибегают к аугментационной маммопластике силиконовыми эластомерами с солевыми или гелевыми наполнителями. На сегодняшний день самым эффективным методом диагностики патологии молочных желез у пациенток с установленными имплантами признана МРТ. Однако в апреле 2011 г. на 59-й ежегодной встрече Ассоциации университетских радиологов, проходившей в Бостоне, ученые J. Duda, R. Shaw, A. O'Connell сделали сообщение, что данные КЛКТ в отношении физиологических изменений, в том числе и формирующихся капсул, коррелируют с результатами МРТ [3].

Поскольку КЛКТ не новый метод, возобновление к нему внимания в области маммологии можно объяснить появлением методики томосинтеза — модификации цифровой маммографии, при которой получают послойные изобра-

жения органа с возможной последующей 3D-реконструкцией. И при использовании КЛКТ, и при применении методики томосинтеза устраняется эффект суперпозиции тканевых структур, присутствующий рутинной маммографии, однако при реконструкции томосинтетических изображений на просмотровой станции врача-рентгенолога не отображается орган в истинном объеме, в отличие от КЛКТ. Еще одно важное достоинство КЛКТ перед томосинтезом в том, что методика проведения КЛКТ исключает компрессию и деформацию органа, что, в свою очередь, исключает образование кожных складок или артефактов [6].

КЛКТ можно также использовать как метод навигации при проведении трепанобиопсий брекет-системой VCT-GBx. Об этом доложили в 2013 г. P. Seifert, R. Morgan, A. Arieno. Результаты, полученные учеными при проведении 45 фантомных биопсий (каждый фантом содержал 10 узловых образований и 5 участков скопления кальцинатов разного калибра), были абсолютно сопоставимы с результатами, полученными при использовании стереотаксической трепанобиопсии. При этом дозовая лучевая нагрузка была равна или даже ниже, чем при стереотаксисе [9].

В том же 2013 г. ученые A. Fang, S. Chan, A. O'Connell сообщили о перспективности использования бесконтрастной КЛКТ молочных желез в оценке опухолевого ответа при неoadъювантной полихимиотерапии у больных с местнораспространенным РМЖ [4]. В 2014 г. опубликованы результаты исследования, посвященного оценке эффективности установления истинного размера впервые выявленной опухоли молочной железы и оценке динамических изменений при проводимом неoadъювантном

лечении локально распространенного РМЖ посредством метода КЛКТ [10].

В последние годы в США проводилось проспективное исследование 212 женщин с целью сравнения диагностической эффективности цифровой маммографии, ультразвукового сканирования, нативной и контрастно усиленной КЛКТ в отношении РМЖ. При помощи цифровой маммографии и УЗИ были выявлены 93 из 110 морфологически подтвержденных случаев рака, тогда как по данным КЛКТ подозрение на злокачественное новообразование отмечалось в 97 наблюдениях. Диагностическая точность КЛКТ увеличилась на 20,3 % при использовании контрастного усиления, особенно в плотной ткани [5].

В 2017 г. опубликованы научные работы, посвященные контрастному усилению при проведении КЛКТ молочных желез. S. Wienbeck и ее научная группа поставили перед собой задачу сравнить диагностические возможности контрастно усиленной КЛКТ, цифровой маммографии, нативной КЛКТ и МРТ молочных желез у женщин с плотностью ткани BI-RADS ACR C и D. После проведения всех диагностических исследований и процедур сделаны выводы, что контрастная КЛКТ обладает высокой диагностической точностью, сравнимой с МРТ, и значительно превосходит как цифровую маммографию, так и бесконтрастную КЛКТ у пациентов с плотными молочными железами. Также контрастная КЛКТ может быть альтернативой МРТ у пациентов с наличием противопоказаний или в регионах с ограниченной доступностью МРТ [13].

Исследователи J. Uhlig et al. в 2017 г. изучили возможности контрастно усиленной КЛКТ в установлении

иммуногистохимического подтипа опухоли молочной железы в зависимости от степени усиления контрастности. В исследовании приняли участие 23 женщины в возрасте старше 40 лет, со следующими критериями включения: инвазивный РМЖ или протоковая карцинома *in situ* (DCIS), выявленные при КЛКТ и морфологически верифицированные. КЛКТ проводилась на аппарате Koning Breast CT, СВСТ 1000 (Koning Corporation, USA). После выявленного очага поражения внутривенно вводили 90 мл неионного контрастного вещества (Iopromide, Ultravist® 300, Bayer-Schering), а через 2–3 мин после инъекции повторно проводили КЛКТ. Обработка и реконструкция изображений осуществлялись с использованием стандартного режима (фильтр мягких тканей с размером вокселя 0,273 мм³). Плотность узлового образования измеряли в единицах Хаунсфилда (HU). Согласно полученным данным, наибольшую плотность (93,6 HU) имел люминальный тип А РМЖ. Плотность люминального типа В составила 45,3 HU, классического HER-2 neu типа — 83,5 HU, тройного негативного типа — 45,3 HU. Таким образом, контрастное усиление при КЛКТ молочных желез может с большей долей вероятности определить следующие подтипы РМЖ: люминального А и классического HER-2 neu позитивного типов РМЖ, что может влиять на тактику лечения пациента [11]. В одном из последних научных исследований (2018), посвященных контрастно-усиленной КЛКТ, было определено оптимальное время проведения данной методики после внутривенного введения контрастного вещества для дифференциальной диагностики новообразований молочных желез. Ученые пришли

к выводу: чтобы достичь максимальных дифференциальных возможностей контрастной КЛКТ, необходимо ее проводить спустя 2 мин после инъекции контрастного препарата [12].

Заключение

В проанализированной литературе представлены результаты исследований, доказывающих, что КЛКТ сможет потенциально улучшить диагностику патологии молочных желез.

Список литературы

1. Васильев А. Ю., Мануйлова О. О. Стереомаммография. Альтернативный метод для ранней диагностики рака молочной железы // Радиология — практика. 2017. №1 (61). С. 6–14.
2. Каприн А. Д., Старинский В. В., Петрова Г. В. Злокачественные новообразования в России в 2013 году (заболеваемость и смертность). М., 2015. С. 10–12.
3. Duda J., Shaw R., O'Connell A. Current and future imaging of breast implant complications presented at the Association of University Radiologists 59th Annual Meeting. Boston, MA, 2011. April 12–15.
4. Fang A., Chan S., O'Connell A. Cone-beam breast computed tomography: a promising modality for assessing tumor response following neoadjuvant treatment of breast cancer // Radiological Society of North America. Scientific Assembly and Annual Meeting. Chicago, 2013. December 1–6.
5. He N., Wu Y. P., Kong Y. et al. The utility of breast cone-beam computed tomography, ultrasound, and digital mammography for detecting malignant breast tumors: a prospective study with 212 patients // Eur. J. Radiol. 2016. V. 85. № 2. P. 392–403.
6. O'Connell A. The evolution and future of dedicated breast-CT, breast diseases //

- A Year Book Quarterly. 2012. V. 23. № 2. P. 131–133.
7. O'Connell A., Conover D., Lin C. Cone-beam computed tomography for breast imaging // J. of Radiol. Nursing. 2009. V. 28. № 1. P. 3–11.
 8. O'Connell A., Conover D., Zhang Y. et al. Cone-beam CT for breast imaging: Radiation dose, breast coverage and image quality // Am. J. Roentgenol. 2010. V. 195. № 2. P. 496–509.
 9. Seifert P., Morgan R., Arieno A. Initial experience with a breast computed tomography guided biopsy system (BCT-GBx) for Cone-beam breast CT (CBBCT) // Radiol. Society of North Am. 2013. Scientific Assembly and Annual Meeting. Chicago.
 10. Vedantham S., O'Connell A., Shi L. et al. Dedicated Breast CT: Feasibility for Monitoring Neoadjuvant Chemotherapy Treatment // J. Clin. Imag. Sci. 2014. DOI: 10.4103/2156-7514.
 11. Uhlig J., Fischer U., Fintel E. et al. Contrast enhancement on cone-beam breast-CT for discrimination of breast cancer immunohistochemical subtypes // Transl. Oncol. 2017. V. 10. P. 904–910.
 12. Uhlig J., Fischer U., Surov A. et al. Contrast-enhanced cone-beam breast-CT: Analysis of optimal acquisition time for discrimination of breast lesion malignancy // Eur. J. Radiol. 2018. V. 99. P. 9–16.
 13. Wienbeck S., Fischer U., Perske C. et al. Contrast-enhanced cone-beam breast-CT (CBCT) vs non-contrast CBCT, mammography and mri: diagnostic accuracy for breast cancer detection in dense breast tissue. RSNA. 2017. SSA 02-07.
 14. Yang X., Sechopoulos I., Fei B. Automatic tissue classification for high-resolution breast CT images based on bilateral filtering. URL: <http://www.biomedsearch.com/nih/Automatic-Tissue-Classification-Highresolution/24027608.html>.

References

1. Vasil'ev A. Yu., Manuylova O. O. Stereoscopic mammography. An alternative method for the breast cancer early diagnosis. Radiologiya – praktika. 2017. No. 1 (61). P. 6–14 (in Russian).
2. Kaprin A. D., Starinskiy V. V., Petrova G. V. Malignant tumors in Russia in 2013 (morbidity and mortality). P. Herzen Moscow Oncology Research Institute, 2015. P. 10–12 (in Russian).
3. Duda J., Shaw R., O'Connell A. Current and future imaging of breast implant complications presented at the Association of University Radiologists 59th Annual Meeting, Boston, MA, April 12-15, 2011.
4. Fang A., Chan S., O'Connell A. Cone-beam breast computed tomography: a promising modality for assessing tumor response following neoadjuvant treatment of breast-cancer. Radiological Society of North America. Scientific Assembly and Annual Meeting, December 1–6. 2013. Chicago.
5. He N., Wu Y. P., Kong Y. et al. The utility of breast cone-beam computed tomography, ultrasound, and digital mammography for detecting malignant breast tumors: A prospective study with 212 patients. Eur. J. Radiol. 2016. V. 85. No. 2. P. 392–403.
6. O'Connell A. The evolution and future of dedicated breast CT, Breast Diseases. A Year Book Quarterly. 2012. V. 23. No. 2. P.131–133.
7. O'Connell A., Conover D., Lin C. Cone-beam computed tomography for breast imaging. J. of Radiology Nursing. 2009. V. 28. No. 1. P. 3–11.

8. O'Connell A., Conover D., Zhang Y. et al. Cone-beam CT for breast imaging: Radiation dose, breast coverage and image quality. *Am. J. Roentgenol.* 2010. V. 195. No. 2. P. 496–509.
9. Seifert P., Morgan R., Arieno A. Initial experience with a breast computed tomography guided biopsy system (BCT-GBx) for cone beam breast CT (CBBCT). Radiological Society of North America. 2013. Scientific Assembly and Annual Meeting. Chicago.
10. Vedantham S., O'Connell A., Shi L. et al. Dedicated Breast CT: Feasibility for Monitoring Neoadjuvant Chemotherapy Treatment. *J. Clin. Imaging Sci.* 2014. DOI: 10.4103/2156-7514
11. Uhlig J., Fischer U., Fintel E. et al. Contrast enhancement on cone-beam breast-CT for discrimination of breast cancer immunohistochemical subtypes. *Translational Oncology.* 2017. V. 10. P. 904–910.
12. Uhlig J., Fischer U., Surov A. et al. Contrast-enhanced cone-beam breast-CT: Analysis of optimal acquisition time for discrimination of breast lesion malignancy. *Eur. J. Radiol.* 2018. V. 99. P. 9–16.
13. Wienbeck S., Fischer U., Perske C. et al. Contrast-enhanced cone-beam Breast-CT (CBCT) vs non-contrast CBCT, mammography and MRI: Diagnostic Accuracy for Breast Cancer Detection in Dense Breast Tissue. *RSNA.* 2017. SSA 02-07.
14. Yang X., Sechopoulos I., Fei B. Automatic tissue classification for high-resolution breast CT images based on bilateral filtering. URL: <http://www.biomedsearch.com/nih/Automatic-Tissue-Classification-High-resolution/24027608.html>.

Сведения об авторах

Павлова Тамара Валерьевна, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог отделения лучевых методов диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В. М. Буянова Департамента здравоохранения города Москвы».
Адрес: 115516, г. Москва, ул. Бакинская, д. 26.
Тел.: +7 (916) 483-14-92. Электронная почта: chaleur1891@gmail.com

Pavlova Tamara Valer'evna, Ph. D. Med., Radiologist of Department of Radiation Diagnostic Methods City Clinical Hospital named after V. M. Buyanov, Moscow Healthcare Department.
Address: 26, ul. Bakinskaya, Moscow, 115516, Russia.
Phone number: +7 (916) 483-14-92. E-mail: chaleur1891@gmail.com

Васильев Александр Юрьевич, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, директор ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», 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. Электронная почта: auv62@mail.ru

Vasil'ev Alexandr Yur'evich, M. D. Med., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of Central Research Institute of Radiation Diagnostics, 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

Мануйлова Ольга Олеговна, кандидат медицинских наук, заместитель генерального директора по медицинской части, ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», заведующая отделением лучевых методов диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В. М. Буянова Департамента здравоохранения города Москвы».
Адрес: 115516, г. Москва, ул. Бакинская, д. 26.
Тел.: +7 (926) 220-37-25. Электронная почта: moek@mail.ru

Manuylova Ol'ga Olegovna, Ph. D. Med., Deputy Director General for Medical Parts, Central Research Institute of Radiation Diagnostics, Head of Department of Radiation Diagnostic Methods, City Clinical Hospital named after V. M. Buyanov, Moscow Healthcare Department.
Address: 26, ul. Bakinskaya, Moscow, 115516, Russia.
Phone number: +7 (926) 220-37-25 E-mail: moek@mail.ru

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.