



Радионуклидная визуализация молочной железы с использованием специализированной гамма-камеры высокого разрешения CZT в диагностике и оценке эффективности лечения больных раком молочной железы (обзор литературы)

Каприн А.Д.^{1,2}, Рожкова Н.И.^{1,2}, Лазутина Т.Н.¹, Леонтьев А.В.^{1,2},
Пылова И.В.¹, Рубцова Н.А.¹, Халимон А.И.¹, Костин А.А.^{1,2}

¹ ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский радиологический центр" Минздрава России, Москва, Россия

² ФГАОУВО "Российский университет дружбы народов", Москва, Россия

Breast Specific Gamma Imaging (BSGI) with High Resolution CZT Gamma Camera in the Diagnosis and Assessment of Treatment Effectiveness Among Patients with Breast Cancer (Literature Review)

Kaprin A.D.^{1,2}, Rozhkova N.I.^{1,2}, Lazutina T.N.¹, Leontyev A.V.^{1,2},
Pylova I.V.¹, Rubtsova N.A.¹, Khalimon A.I.¹, Kostin A.A.^{1,2}

¹ National Medical Radiological Research Center, Moscow, Russia

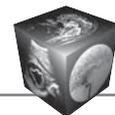
² The Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Планарная маммосцинтиграфия по методике Breast Specific Gamma Imaging (BSGI) является высокочувствительным и специфичным методом диагностики активности патологического очага, в том числе первичного рака молочной железы и его метастазов. Не являясь конкурентом рентгеновской маммографии, технология позволяет получить дополнительную информацию при плотной железистой ткани и может служить дополнительным диагностическим методом в алгоритме ранней диагностики рака молочной железы.

Ключевые слова: маммосцинтиграфия, маммография, рак молочной железы, гамма-камера, BSGI, CZT, ПЭМ, радиационный риск.

Breast Specific Gamma Imaging (BSGI) or Molecular Breast Imaging (MBI) is a highly sensitive and specific diagnostic method in activity assessment of pathological lesion including breast cancer and its metastases. Not being a competitor to X-ray mammography this technology provides more information in case of patients with dense breast glandular tissue and it can also be an additional diagnostic method in the algorithm of early diagnosis of breast cancer.

Key words: scintimammography, mammography, breast cancer, gamma camera, BSGI, CZT, PEM, radiation risk.



Одной из главных социальных задач государственных программ в области здравоохранения является качественное преобразование системы оказания первичной и специализированной медицинской помощи; усиление роли первичного медико-санитарного звена для раннего выявления злокачественных новообразований, повышение объема знаний и профессионализма медицинских работников. Особенно это касается выявления злокачественных новообразований, как одной из главных составляющих роста заболеваемости населения, приводящей к повышению смертности и инвалидизации. На решение этих вопросов нацелена проводимая диспансеризация населения, которая по данным 2013 г. среди 19 млн обследованных выявила 26 890 злокачественных новообразований, среди них 55% злокачественных новообразований репродуктивных органов. Ведущее место в злокачественной патологии женщин занимал рак молочной железы (PMЖ) [1].

PMЖ занимает первое место по частоте среди всех злокачественных новообразований у женщин и имеет тенденцию к росту во всех странах. В России число вновь выявленных случаев PMЖ в 2013 г. составило 60 717 пациентов, в структуре смертности женщин от злокачественных новообразований в России в 2013 г. PMЖ занимал лидирующее место (29,7%) [2]. Несмотря на успехи в лечении и повышение качества диагностики PMЖ, смертность остается высокой. Это обусловлено, прежде всего, поздней диагностикой PMЖ.

Бурный технический прогресс привел к принципиальным изменениям в развитии здравоохранения. На смену привычным традиционным методам диагностики и лечения пришли высокоэффективные ресурсосберегающие технологии. Они основаны на новых возможностях цифровой радиологии, молекулярной биологии, цитогенетических исследований, нанотехнологий и пр. Особенностью новейших технологий является значитель-

Для корреспонденции: Леонтьев Алексей Викторович – 125284 Москва, 2-й Боткинский проезд, дом 3. Тел. 8-495-945-87-18.
E-mail: radionuclidnoe.otdelenie@yandex.ru

Каприн Андрей Дмитриевич – доктор мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, генеральный директор ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский радиологический центр” МЗ РФ, заведующий кафедрой урологии и оперативной нефрологии с курсом онкоурологии медицинского факультета, медицинского института ФГАОУВО “Российский университет дружбы народов”, Москва; **Рожкова Надежда Ивановна** – доктор мед. наук, профессор, руководитель Национального центра онкологии репродуктивных органов МНИОИ им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский радиологический центр” МЗ РФ, профессор кафедры клинической маммологии, лучевой диагностики и лучевой терапии факультета повышения квалификации медицинских работников ФГАОУВО “Российский университет дружбы народов”, Москва; **Лазутина Татьяна Николаевна** – канд. мед. наук, врач-радиолог отделения радионуклидной диагностики МНИОИ им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский радиологический центр” МЗ РФ, Москва; **Леонтьев Алексей Викторович** – канд. мед. наук, заведующий отделением, врач-радиолог отделения радионуклидной диагностики МНИОИ им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский радиологический центр” МЗ РФ, Москва; **Пылова Ирина Валентиновна** – канд. мед. наук, врач-радиолог отделения радионуклидной диагностики МНИОИ им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский радиологический центр” МЗ РФ, Москва; **Рубцова Наталья Алефтиновна** – доктор мед. наук, руководитель отдела лучевой диагностики лучевой диагностики МНИОИ им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский радиологический центр” МЗ РФ, Москва; **Халимон Александр Игоревич** – врач-рентгенолог отдела лучевой диагностики МНИОИ им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский радиологический центр” МЗ РФ, Москва; **Костин Андрей Александрович** – доктор мед. наук, профессор, первый заместитель генерального директора ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский радиологический центр” МЗ РФ, заведующий кафедрой урологии, онкологии и радиологии факультета повышения квалификации медицинских работников ФГАОУВО “Российский университет дружбы народов”, Москва.

Contact: Leontyev Alexey Viktorovich – 2-nd Botkinskiy pass, 3, Moscow, 125284. Phone +7-495-945-87-18.
E-mail: radionuclidnoe.otdelenie@yandex.ru

Kaprin Andrey Dmitrievich – doct. of med. sci., professor, RAMSci Corr. Mem., General Director of National Medical Radiological Research Center; Head of Department of urology and surgical nephrology with a course of oncology at the medical faculty of medical institute of “The Peoples’ Friendship University of Russia”, Moscow; **Rozhkova Nadezhda Ivanovna** – doct. of med. sci., professor, Head of National Center for Reproductive Organs Oncology of P.A. Herzen Moscow Research Oncology Institute – branch of National Medical Radiological Research Center; professor of the Department of clinical mammology, radiology and radiotherapy of the faculty of professional development of “The Peoples’ Friendship University of Russia”, Moscow; **Lazutina Tatyana Nikolaevna** – cand. of med. sci., nuclear medicine physician of the Nuclear Medicine Department of P.A. Herzen Moscow Research Oncology Institute – branch of National Medical Radiological Research Center; **Leontyev Alexey Viktorovich** – doct. of med. sci., nuclear medicine physician and Chief of the Nuclear Medicine Department of P.A. Herzen Moscow Research Oncology Institute – branch of National Medical Radiological Research Center, Moscow; **Pylova Irina Valentinovna** – doct. of med. sci., nuclear medicine physician of the Nuclear Medicine Department of P.A. Herzen Moscow Research Oncology Institute – branch of National Medical Radiological Research Center, Moscow; **Rubtsova Natalia Alefthinovna** – doct. of med. sci., Chief of the Radiology Department of P.A. Herzen Moscow Research Oncology Institute – branch of National Medical Radiological Research Center, Moscow; **Khalimon Alexander Igorevich** – radiologist of the Radiology Department of P.A. Herzen Moscow Research Oncology Institute – branch of National Medical Radiological Research Center, Moscow; **Kostin Andrey Alexandrovich** – doct. of med. sci., professor, First Deputy General Director of National Medical Radiological Research Center; Head of the Department of urology, oncology and radiology of the faculty of professional development of “The Peoples’ Friendship University of Russia”, Moscow.



ное повышение качества диагностики и лечения при экономии трудозатрат и финансовых ресурсов в 5–10 раз.

Среди множества существующих клинических, лабораторных, нетрадиционных методов исследования молочной железы ведущее место занимает рентгенография. Рентгеновская маммография обладает неоспоримым преимуществом выявлять все известные варианты проявлений непальпируемых форм рака и других заболеваний. Вместе с тем до 10–15% всех случаев РМЖ может быть рентгенонегативными преимущественно у женщин с выраженной диффузной мастопатией и плотным фоном железистой ткани молочной железы, когда чувствительность маммографии снижается с 71–96 до 48% [3]. Важным ограничением маммографии является низкая специфичность при патологии категории 4 по шкале BI-RADS, приводящая к неоправданым инвазивным вмешательствам в 22,4% [4].

Несмотря на положительные тенденции в снижении одногодичной и общей летальности от РМЖ, благодаря широкому внедрению рентгеновской маммографии, ультразвукового исследования в скрининге РМЖ в России сохраняются высокие показатели заболеваемости РМЖ на поздних стадиях развития. Так, по данным А.Д. Каприна и соавт., в 2012 г. было диагностировано 33% от всех выявленных случаев РМЖ на III–IV стадии заболевания [2].

Необходимость ранней диагностики РМЖ ведет к постоянному поиску новых технологий, одной из которых является планарная маммосцинтиграфия по методике Breast Specific Gamma Imaging (BSGI). Первый опыт ее использования показал обнадеживающие результаты при диагностике раковых опухолей различных размеров и на фоне высокой плотности тканей молочной железы благодаря высокой чувствительности и специфичности.

В ряде случаев решением проблемы является маммосцинтиграфия – метод визуализации опухолей молочной железы с использованием условно туморотропных радиофармпрепаратов (РФП). Известным радиоактивным индикатором визуализации опухолевой ткани, в том числе и молочной железы, является ^{99m}Tc -метоксиизобутилизонитрил (МИБИ). ^{99m}Tc -МИБИ накапливается в опухоли в течение первых минут после инъекции РФП. Проникновение молекулы ^{99m}Tc -МИБИ из крови через клеточную мембрану носит характер пассивной диффузии по градиенту концентрации. Проницаемость эндотелия кровеносного русла для ^{99m}Tc -МИБИ высокая. В экспериментальных исследованиях показано, что ^{99m}Tc -МИБИ наибо-

лее активно аккумулируется в митохондриях клеток, в том числе и опухолевых [5].

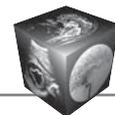
Однако, по данным многоцентрового исследования, куда были включены 673 пациента из 42 клиник, чувствительность и специфичность планарной маммосцинтиграфии с ^{99m}Tc -МИБИ зависят от величины опухоли. Для пальпируемой опухоли чувствительность составляет 76% при специфичности 85%, для непальпируемых образований – 52 и 94% соответственно [5]. Низкая чувствительность метода в обнаружении карцином малого размера (менее 10 мм) не позволяла применять метод в скрининговых исследованиях и диагностике опухолей на ранней стадии.

Большое значение в оценке прогноза заболевания и выбора оптимальной тактики лечения имеет степень распространенности опухолевого процесса. Высокая тропность ^{99m}Tc -технитрила к злокачественным опухолям молочной железы позволила разработать методику визуализации состояния регионарных лимфатических узлов с помощью однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) благодаря высокой чувствительности и специфичности в определении поражения регионарного лимфатического коллектора при II и III стадиях РМЖ. Вместе с тем диагностические возможности метода существенно снижаются при ранних стадиях РМЖ (T0–1N0M0), что связано с порогом чувствительности гамма-камер [6–8]. Это во многом ограничивает применение ОФЭКТ.

В настоящее время возрастает интерес к радиоизотопной визуализации молочных желез благодаря разработке специальных гамма-камер для молочной железы (BSGI) с более высоким пространственным разрешением. Чувствительность при выявлении карцином малого размера (до 10 мм) составляет от 86 до 91% [9], что позволяет настоящей технологии в ряде случаев конкурировать с МРТ молочных желез при плотной структуре.

Показана высокая чувствительность обеих процедур при диагностике первичного РМЖ (для маммосцинтиграфии 89%, для МРТ 100%) при специфичности 71 и 25% соответственно [10]. Вместе с тем, несмотря на то что по предварительным данным сцинтиграфия с применением BSGI показала высокую чувствительность в обнаружении скрытых при маммографии непальпируемых карцином (менее 10 мм) у женщин с высоким риском развития РМЖ, сравнительных исследований оценки чувствительности и специфичности сцинтиграфии с BSGI и МРТ при скрининге на РМЖ не проводили.

Рядом исследователей были изучены риски рака, вызванного облучением при двух методах



визуализации молочной железы в ядерной медицине, – BSGI и позитронно-эмиссионной маммографии (ПЭМ). В исследованиях BSGI при вводимой дозе РФП ^{99m}Tc -сестамиби 925–1110 МБк, эффективная доза облучения всего тела составляет 7,8–9,4 мЗв. В исследованиях ПЭМ при вводимой дозе ^{18}F -ФДГ 370 МБк эффективная доза составляет 6,7 мЗв. Эффективные дозы для двухпроекционной двухсторонней маммографии в 10–20 раз меньше и составляют 0,44 мЗв для цифровой маммографии и 0,56 мЗв – при использовании рентгеновской пленки. Был сделан вывод, что для женщин в возрасте 40 лет пожизненный приписываемый популяционный риск появления смертельного рака из-за одного исследования BSGI или ПЭМ с приведенными выше дозами в 20–30 раз превышает таковой при маммографии. С целью снижения эффективной дозы облучения предприняты попытки снижения дозы вводимого РФП ^{99m}Tc -сестамиби до 148 МБк, для ^{18}F -ФДГ до 111 МБк, что вызвало необходимость оптимизировать конструкцию коллиматора гамма-камеры и использовать более широкий канал регистрации излучения (гамма-камера с двумя детекторами на основе кадмий-цинк-теллурида – CZT. Применение гамма-камеры с двумя детекторами на основе CZT позволяет при низкой дозе (148 МБк) вводимого РФП обнаружить очаги 8 мм и более (расположенных в ткани молочной железы на глубине 3 см) и очаги 6 мм и более (на глубине 1 см) [11].

При сравнении маммографии и маммосцинтиграфии на гамма-камере с двумя детекторами на основе CZT, как методов скрининга РМЖ у женщин с плотным фоном железистой ткани, показано, что сочетание обоих методов обладает значительно большей чувствительностью в выявлении рака, чем маммография (91% против 27%). Специфичность маммосцинтиграфии и маммографии составила 93 и 91% соответственно, чувствительность маммосцинтиграфии, в отличие от маммографии, не снижается при плотной ткани молочной железы [12].

Отличительной чертой технологий ядерной медицины является их способность определять особенности метаболических процессов, происходящих в опухоли и окружающих тканях, что дает возможность оценивать функциональное состояние опухолевой ткани как на этапах первичной диагностики, так и на фоне проводимого лечения [13, 14].

Для маммосцинтиграфии наряду с ^{99m}Tc -МИБИ применяют $^{199}\text{TlCl}$ (хлорид таллия), ^{99m}Tc -тетрафосмин и другие РФП [15, 16]. Маммосцинтиграфия с ^{99m}Tc -МИБИ позволяет получить общую информацию относительно жизнеспособности

опухолевой клетки. Накопление этого индикатора в опухоли обусловлено также интенсивностью кровоснабжения опухолевой ткани и концентрацией Р-гликопротеина [17]. Нет единого мнения о возможности использования полученных данных для оценки эффективности неоадьювантной химиотерапии, не определены информативные критерии, характеризующие изменения опухоли в процессе химиотерапии.

Накопление таллия определяется высоким сродством к нему $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ -АТФазы. Хлорид таллия активно концентрируется в жизнеспособной ткани опухолевого узла молочной железы. Благодаря высокой экстракции из кровотока хлорид таллия накапливается в злокачественной опухоли молочной железы уже в первые минуты после внутривенного введения, после чего высокая активность РФП в узле остается в течение нескольких часов. Препарат аккумулируется также в лимфатических узлах при их метастатическом поражении. $^{199}\text{TlCl}$ является перспективным РФП для диагностики злокачественных новообразований молочной железы. ОФЭКТ с ^{199}Tl обладает высокими показателями чувствительности в выявлении первичной опухоли РМЖ (95%) и специфичности (100%). Чувствительность метода в выявлении регионарной распространенности опухолевого процесса составляет 60% [18].

Механизм накопления ^{99m}Tc -тетрафосмина подобен таковому у ^{99m}Tc -МИБИ и зависит от сарколемного и митохондриального потенциала. Для препарата характерен высокий захват при первом же прохождении опухолевого кровеносного русла, и кровоток является лимитирующим фактором для абсолютного количества РФП, накапливающегося в клетке. Как ^{99m}Tc -МИБИ, так и ^{99m}Tc -тетрафосмин накапливаются как в первичной опухоли молочной железы, так и в метастатически пораженных лимфатических узлах [15].

^{18}F -ФДГ является на начальном этапе метаболического пути глюкозы (к стадии синтеза ^{18}F -ФДГ-фосфата) практически полным аналогом обычной глюкозы, меченным ^{18}F . Накопление РФП в тканях отображает скорость утилизации ими глюкозы. Поскольку опухолевая ткань, как первичной опухоли, так и метастазов, отличается от окружающей неопухолевой ткани усиленным и мембранным транспортом и внутриклеточным метаболизмом глюкозы, аккумуляция РФП может быть использована для визуализации опухолей и их метастазов. Однако повышенное накопление ^{18}F -ФДГ не характерно только для опухолевой ткани, оно возможно и при наличии воспалительных процессов, что приводит к ложноположительным заключениям. Поскольку ^{18}F -ФДГ является позитронизлуча-



ющим РФП, то для исследования необходимо иметь позитронно-эмиссионный томограф [14].

Заключение

Планарная сцинтиграфия молочной железы по технологии BSGI является высокочувствительным и специфичным методом диагностики активности патологического очага, в том числе первичного РМЖ и его метастазов. Не являясь конкурентом рентгеновской маммографии, технология позволяет получить дополнительную информацию при плотной железистой ткани и может служить дополнительным диагностическим методом в алгоритме ранней диагностики РМЖ. Дополнительная информация об активности процесса при сцинтиграфии по технологии BSGI позволит снизить число неоправданных инвазивных вмешательств, а также оптимизировать тактику лечения больных РМЖ.

Список литературы

1. Злокачественные новообразования в России в 2014 году (заболеваемость и смертность); Под ред. Каприна А.Д., Старинского В.В., Петровой Г.В. М.: РИИС ФИАН, 2016. 249 с.
2. Злокачественные новообразования в России в 2013 году (заболеваемость и смертность); Под ред. Каприна А.Д., Старинского В.В., Петровой Г.В. М.: РИИС ФИАН, 2015; 12. 140 с.
3. Кеслер М.С. Современные методы ядерной медицины в комплексной диагностике рака молочной железы. Russian electronic journal of radiology. 2012; 2 (2): 12–19.
4. Spanu A., Sanna D., Chessa F. et al. The clinical impact of breast scintigraphy acquired with a breast specific gamma camera (BSGC) in the diagnosis of breast cancer: incremental value versus mammography. Int. J. Oncol. 2012; 41: 483–489.
5. Buscombe J., Hill J, Parbhoo S. et al. Scintimammography. A guide to good practice. Birmingham: Gibbs Associates Limited, 1998. 101 p.
6. Chen J. Using Tc-99m MIBI scintimammography to differentiate nodular lesions in breast and detect axillary lymph node metastases from breast cancer. Chin. Med. J. 2003; 1 (16): 620–624.
7. Liberman M. Breast cancer diagnosis by scintimammography: a metaanalysis and review of the literature. Breast. Cancer Res. Trat. 2003; 80: 115–126.
8. Талахадзе Н.Т. Клиническая оценка сцинтиграфии с ^{99m}Tc-технетрилом в диагностике метастатического поражения парастеральных лимфоузлов у больных раком молочной железы: Дис. ... канд. мед. наук. М., 2004. 208 с.
9. Rhodes D.J., O'Connor M.K., Phillips S.W. et al. Molecular breast imaging: a new technique using technetium scintimammography to detect small tumors of the breast. Mayo Clin. Proc. 2005; 80: 24–30.
10. Brem R.F., Petrovich I., Rapelyea J. et al. Breast-specific gamma camera imaging with ^{99m}Tc-sestamibi and magnetic resonance imaging in the diagnosis of breast cancer: a comparative study. Breast J. 2007; 13: 465–469.

11. Hruska C.B., Weinmann A.L., O'Connor M.K. Proof of concept for low-dose molecular breast imaging with a dual-head CZT gamma camera. Evaluation in phantoms. Am. Ass. Phys. Med. 2012; 39 (6): 3466–3475.
12. Rhodes D.J., Hruska C.B. Phillips S.W. et al. Dedicated Dual Head Gamma Imaging for Breast Cancer Screening in Women with Mammographically Dense Breasts. Radiology. 2011; 258: 106–118.
13. Лукьянченко А.Б., Гурова Н.Ю. Рентгеновская компьютерная и магнитно-резонансная томография в диагностике и определении распространенности рака молочной железы. Радиология-практика. 2001; 3: 3–9.
14. Zasadny K.R., Tatsumi M., Wahl R.L. FDG metabolism and uptake versus blood flow in women with untreated primary breast cancer. Eur. J. Nuc. Med. And Molecular Imaging. 2003; 30 (2): 274–279.
15. Manni L., Rambaldi P., Procaccini E. et al. Scintimammography with Technetium-99m Tetrphosmin in the diagnosis of breast cancer and lymphnode metastases. Eur. J. Nucl. Med. 1996; 23 (8): 932–939.
16. Усов В.Ю., Ряннель Ю.Э., Михайлович Я.М. и др. Маммосцинтиграфия: основы, методики, клиническое применение. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 1999; 44 (3): 72–82.
17. Vecchio S.D., Zannetti A., Salvatore B. et al. Functional imaging of multidrug resistance in breast cancer. Phys. Med. 2006; 21 (1): 24–27.
18. Тицкая А.А. Клиническое использование радионуклидных исследований в комплексной диагностике и оценке эффективности неоадьювантной химиотерапии рака молочной железы: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Томск, 2009: 18–19.

References

1. Kaprin A.D., Starinsky V.V., Petrova G.V. Malignant neoplasms in Russia in 2014 (morbidity and mortality). M.: RIIS FIAN, 2016. 249 p. (In Russian)
2. Kaprin A.D., starinsky V.V., Petrova G.V. Malignant neoplasms in Russia in 2013 (morbidity and mortality). M.: RIIS FIAN, 2015; 12. 140 p. (In Russian)
3. Kesler M.S. Modern methods of nuclear medicine in multimodality diagnosis of breast cancer. Russian electronic journal of radiology. 2012; 2 (2): 12–19. (In Russian)
4. Spanu A., Sanna D., Chessa F. et al. The clinical impact of breast scintigraphy acquired with a breast specific gamma camera (BSGC) in the diagnosis of breast cancer: incremental value versus mammography. Int. J. Oncol. 2012; 41: 483–489.
5. Buscombe J., Hill J, Parbhoo S. et al. Scintimammography. A guide to good practice. Birmingham: Gibbs Associates Limited, 1998. 101 p.
6. Chen J. Using Tc-99m MIBI scintimammography to differentiate nodular lesions in breast and detect axillary lymph node metastases from breast cancer. Chin. Med. J. 2003; 1 (16): 620–624.
7. Liberman M. Breast cancer diagnosis by scintimammography: a metaanalysis and review of the literature. Breast. Cancer Res. Trat. 2003; 80: 115–126.
8. Talakhadze N.T. Clinical evaluation of scintigraphy with ^{99m}Tc-Mibi in the diagnosis of metastatic lesions parasternal lymph nodes in patients with breast cancer. Dis. ... kand. med. nauk. M., 2004. 208 p. (In Russian)



9. Rhodes D.J., O'Connor M.K., Philips S.W. et al. Molecular breast imaging: a new technique using technetium scintimammography to detect small tumors of the breast. *Mayo Clin. Proc.* 2005; 80: 24–30.
10. Brem R.F., Petrovich I., Rapelyea J. et al. Breast-specific gamma camera imaging with ^{99m}Tcsestamibi and magnetic resonance imaging in the diagnosis of breast cancer: a comparative study. *Breast J.* 2007; 13: 465–469.
11. Hruska C.B., Weinmann A.L., O'Connor M.K. Proof of concept for low-dose molecular breast imaging with a dual-head CZT gamma camera. Evaluation in phantoms. *Am. Ass. Phys. Med.* 2012; 39 (6): 3466–3475.
12. Rhodes D.J., Hruska C.B. Phillips S.W. et al. Dedicated Dual Head Gamma Imaging for Breast Cancer Screening in Women with Mammographically Dense Breasts. *Radiology.* 2011; 258: 106–118.
13. Lukyanenko A.B., Gurova N.Yu. X-ray computed and magnetic resonance tomography in the diagnosis and determination of prevalence of breast cancer. *Radiologiya-Praktika.* 2001; 3: 3–9. (In Russian)
14. Zasadny K.R., Tatsumi M., Wahl R.L. FDG metabolism and uptake versus blood flow in women with untreated primary breast cancer. *Eur. J. Nucl. Med. And Molecular Imaging.* 2003; 30 (2): 274–279.
15. Manni L., Rambaldi P., Procaccini E. et al. Scintimammography with Technetium-99m Tetracosmin in the diagnosis of breast cancer and lymphnode metastases. *Eur. J. Nucl. Med.* 1996; 23 (8): 932–939.
16. Usov V.Yu., Ryannel Y.C., Mihajlovic Ya.M. et al. Scintimammography: fundamentals, methods and clinical application. *Meditinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost.* 1999; 44 (3): 72–82. (In Russian)
17. Vecchio S.D., Zannetti A., Salvatore B. et al. Functional imaging of multidrug resistance in breast cancer. *Phys. Med.* 2006; 21 (1): 24–27.
18. Titskaya A.A. Clinical use of radionuclide studies in complex diagnostics and estimation of efficiency of neoadjuvant chemotherapy for breast cancer: Avthoref. dis. ... kand. med. nauk. Tomsk., 2009; 18–19. (In Russian)

ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН

<http://vidar.ru/>

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ВИДАР
МЕДИЦИНСКАЯ
ЛИТЕРАТУРА

Интернет-магазин Издательства «Видар» предлагает своим покупателям профессиональную медицинскую литературу по издательским ценам!

Мы предлагаем вам несколько вариантов доставки: самовывоз, доставка курьером по Москве, доставка почтой в другие регионы.

Ждем Вас на нашем интернет-ресурсе. Также вы сможете оформить подписку на еще не вышедшие издания и купить их по более выгодной цене!



Контакты: +7-495-768-0434; +7-495-589-8660