

DOI: <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2024-20-3-22-30>

Визуализация основных молекулярно-биологических подтипов рака молочной железы: сравнение маммографических данных и результатов гистологического исследования

О.С. Ходорович¹, Л.Б. Канахина^{1,2}, Т.В. Шерстнева¹, А.А. Калинина-Масри¹, Ш.М. Дибирова^{1,2}¹ФГБУ «Российский научный центр рентгенодиагностики» Минздрава России; Россия, 117997 Москва, ул. Профсоюзная, 86;²ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы»; Россия, 117198 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6**Контакты:** Лия Бекетаевна Канахина glb.1994@mail.ru

Введение. Рак молочной железы (РМЖ) является одним из наиболее распространенных видов рака у женщин и представляет серьезную угрозу для здоровья и жизни. Ранняя диагностика и лечение РМЖ играют ключевую роль в повышении общей выживаемости пациентов.

Цель исследования – рассмотреть такой метод визуализации РМЖ, как маммографическое исследование, и корреляцию его результатов с данными гистологического и иммуногистохимического исследований, их значимость в планировании органосохраняющих операций.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 217 пациенток с верифицированным диагнозом РМЖ узловой формы (T1–2N1M0). Всем пациенткам были выполнены цифровая маммография, гистологическое исследование биопсийного и операционного материала, иммуногистохимическое исследование опухоли (определение экспрессии рецепторов половых гормонов (эстрогенов и прогестерона), HER2/неу-статуса и статуса маркера Ki-67, отражающего пролиферативную активность опухолевых клеток).

Результаты. Сравнение результатов маммографии и гистологического, иммуногистохимического исследований показало достоверные различия в визуализации опухоли среди основных молекулярно-биологических подтипов РМЖ. Статистически достоверно ($p < 0,001$) доказана связь рака *in situ* и лучистых контуров новообразования и кальцинатов по данным маммографии.

Выводы. Маммографическое исследование является объективным и доступным методом визуализации РМЖ, позволяющим оценить размеры опухоли и перитуморальную область. Однако при планировании органосохраняющих операций у пациентов с люминальными и HER2-положительными подтипами РМЖ рекомендуется рассмотреть мультимодальный метод диагностики распространения опухоли, включающий ультразвуковое исследование и магнитно-резонансную томографию молочных желез с контрастным усилением.

Ключевые слова: рак молочной железы, визуализация, молекулярно-биологический подтип

Для цитирования: Ходорович О.С., Канахина Л.Б., Шерстнева Т.В. и др. Визуализация основных молекулярно-биологических подтипов рака молочной железы: сравнение маммографических данных и результатов гистологического исследования. Опухоли женской репродуктивной системы 2024;20(3):22–30.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2024-20-3-22-30>

Imaging the main molecular biological subtypes of breast cancer: comparison of mammographic data and histological findings

O.S. Khodorovich¹, L.B. Kanakhina^{1,2}, T.V. Sherstneva¹, A.A. Kalinina-Masri¹, Sh.M. Dibirova^{1,2}¹Russian Research Center of Radiology, Ministry of Health of Russia; 86 Profsoyuznaya St., Moscow 117997, Russia;²Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba; 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow 117198, Russia**Contacts:** Liya Beketaevna Kanakhina glb.1994@mail.ru

Background. Breast cancer (BC) stands as one of the most prevalent malignancies affecting women, posing a significant threat to health and life. Timely diagnosis and treatment of BC play a pivotal role in enhancing patient survival rates.

Aim. To explore such a method of visualization of BC as mammography and the correlation of its results with the data of histological and immunohistochemical studies, and their significance in planning organ-conserving operations.

Materials and methods. The study involved 217 patients diagnosed with nodular BC (T1–2N1M0). All patients underwent digital mammography, histological examination of biopsy and surgical specimens, and immunohistochemical analysis of tumor tissue (determination of the expression of sex hormone receptors (estrogen and progesterone), HER2/neu status and the status of the Ki-67 marker, reflecting the proliferative activity of tumor cells).

Results. Comparison of mammographic and histological/immunohistochemical findings revealed significant differences in tumor visualization among major molecular subtypes of BC. A statistically significant association ($p < 0.001$) was established between carcinoma *in situ* and radiological features such as spiculated margins and calcifications on mammography.

Conclusion. Mammography emerges as an objective and accessible visualization method for BC, enabling assessment of tumor size and peri-tumoral region. However, for planning breast-conserving surgery for luminal and HER2-positive BC subtypes, a multimodal diagnostic approach is recommended to assess tumor spread, incorporating ultrasound and contrast-enhanced magnetic resonance imaging.

Keywords: breast cancer, imaging, molecular biological subtype

For citation: Khodorovich O.S., Kanakhina L.B., Sherstneva T.V. et al. Imaging the main molecular biological subtypes of breast cancer: comparison of mammographic data and histological findings. *Opukholi zhenskoj reproduktivnoy sistemy = Tumors of Female Reproductive System* 2024;20(3):22–30. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2024-20-3-22-30>

Введение

Рак молочной железы (РМЖ) по-прежнему является одной из ведущих причин заболеваемости и смертности. Ежегодно в мире регистрируется >1 млн случаев РМЖ [1] (рис. 1).

Рак молочной железы является гетерогенным заболеванием. Гетерогенность опухоли обнаруживается при инструментальной диагностике: опухоль может принимать разные формы визуализации (фенотип), имеет различные гистологические подвиды (например,

Ranking, Absolute numbers, Incidence, Both sexes, in 2022
Breast

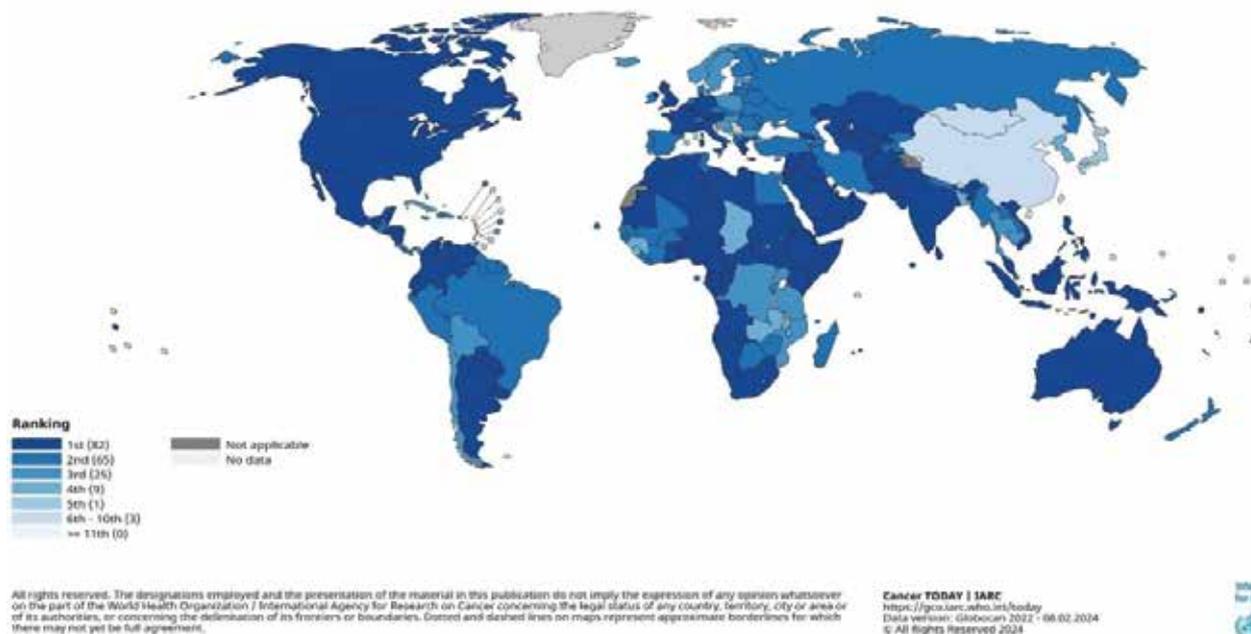


Рис. 1. Статистика заболеваемости раком молочной железы в мире согласно данным Всемирной организации здравоохранения, 2022 г. [1]

Fig. 1. Statistics of breast cancer incidence in the world according to World Health Organization, 2022 [1]

Таблица 1. Основные молекулярно-биологические подтипы рака молочной железы
Table 1. Main molecular biological subtypes of breast cancer

Молекулярно-биологический подтип Molecular biological subtype	Клинико-патологическое (суррогатное) определение подтипа Clinicopathological (surrogate) characteristics of the subtype
Люминальный А Luminal A	Наличие всех факторов: РЭ-положительный; HER2-отрицательный; низкий уровень Ki-67 (≤ 20 %); высокий уровень экспрессии РП (≥ 20 %) The presence of all factors: ER-positive; HER2-negative; low level of Ki-67 (≤ 20 %); high level of PR expression (≥ 20 %)
Люминальный В (HER2-отрицательный) Luminal B (HER2-negative)	РЭ-положительный, HER2-отрицательный и наличие 1 из следующих факторов: • высокий уровень Ki-67 (≥ 30 %); • низкий уровень экспрессии РП (< 20 %) ER-positive, HER2-negative, and the presence of 1 of the following factors: • high level of Ki-67 (≥ 30 %); • low level of PR expression (< 20 %)
Люминальный В (HER2-положительный) Luminal B (HER2-positive)	РЭ-положительный; HER2-положительный; любой уровень Ki-67; любой уровень экспрессии РП ER-positive; HER2-positive; any level of Ki-67; any level of PR expression
HER2-положительный (нелюминальный) HER2-positive (non-luminal)	HER2-положительный; отрицательный по РЭ и РП; любой уровень Ki-67 HER2-positive; ER- and PR-negative; any level of Ki-67
Базальноподобный Basal-like	Отрицательный по РЭ, РП, HER2 (трижды негативный протоковый) ER-, PR-, HER2-negative (triple negative ductal)

Примечание. РЭ – рецепторы эстрогенов; РП – рецепторы прогестерона.
Note. ER – estrogen receptors; PR – progesterone receptors.

протоковый или дольковый) и молекулярно-биологические подтипы [2] (табл. 1).

Маммография и ультразвуковое исследование являются основными методами визуализации, используемыми для скрининга, диагностики РМЖ, определения стадии заболевания, оценки эффективности лечения и последующего наблюдения за пациентами на послеоперационном этапе. Инструментальная диагностика (например, маммография, ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография и т. п.) позволяет не только обнаруживать новообразования, но и предполагать их молекулярно-биологический подтип на основе фенотипических признаков, видимых человеческим глазом.

Исследования в области визуализации РМЖ на основе данных инструментальной диагностики способствовали развитию новых методов, таких как радиомика и радиогеномика [3]. Существует множество исследований, подтверждающих, что молекулярно-биологические подтипы РМЖ не только различаются по рецепторному статусу, но и имеют особенности в визуализации и генетическом кодировании на уровне пикселей [4].

Так, для трижды негативных форм РМЖ существуют «классические» признаки при визуализации. По данным маммографии трижды негативная опухоль

чаще определяется в виде округлых, овальных или дольчатых новообразований с нечеткими границами (рис. 2) [5].

Наличие кальцинатов не характерно для данного суррогатного подтипа. Интересно, что именно у агрессивных и быстрорастущих новообразований отсутствует стромальная реакция, и инвазивный рост опухоли происходит, минуя стадию *in situ*. Именно этот фактор влияет на то, что у трижды негативных опухолей достаточно ровные и четкие края, т. е. граница между опухолью и паренхимой резко выражена (в 71–84 % случаев) [5–8].

Согласно обзору литературы, HER2-положительному РМЖ свойственна отличительная особенность, выражающаяся в наличии плеоморфных кальцинатов, чаще на плотном рентгенологическом фоне (рис. 3) [5, 9, 10].

Люминальный А и В суррогатные подтипы РМЖ также имеют свои фенотипические особенности визуализации. Люминальный А молекулярно-биологический подтип характеризуется низкой экспрессией генов, связанных с пролиферацией клеток, в связи с этим данные опухоли чаще имеют выраженную стромальную реакцию. На маммограммах люминальный А и В молекулярные подтипы характеризуются наличием спикулообразных контуров (рис. 4) [11].

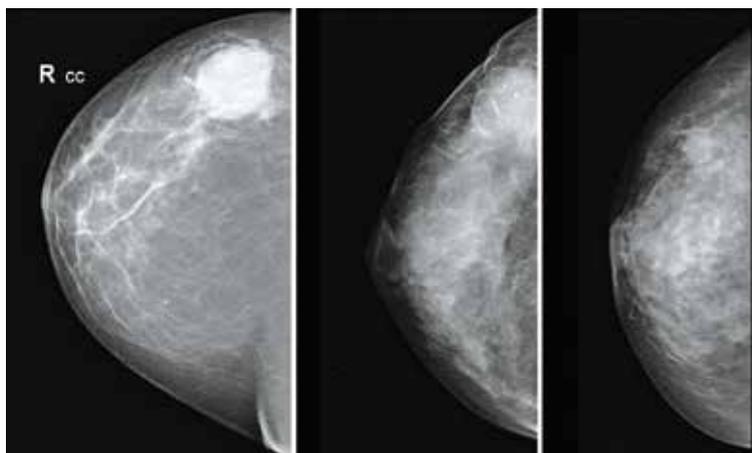


Рис. 2. Визуализация трижды негативного подтипа рака молочной железы на маммограммах
Fig. 2. Visualization of triple negative breast cancer on mammograms

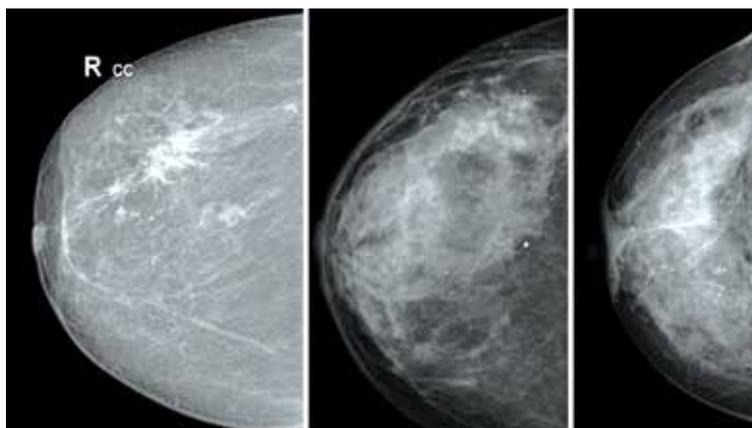


Рис. 3. Визуализация HER2/neu-положительного подтипа рака молочной железы на маммограммах
Fig. 3. Visualization of HER2/neu-positive breast cancer on mammograms

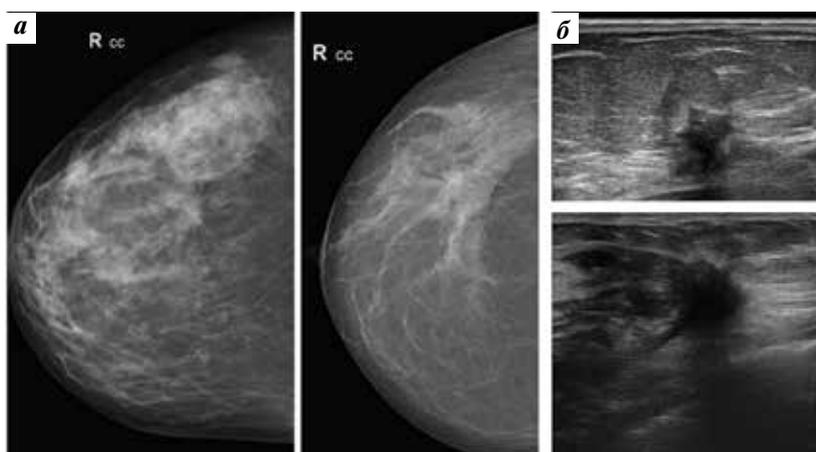


Рис. 4. Визуализация люминального А подтипа рака молочной железы: а – маммография; б – ультразвуковое исследование
Fig. 4. Visualization of luminal A breast cancer: a – mammography; б – ultrasound

В целом считается, что образование спикулообразных контуров представляет собой вытягивание нормальных куперовских связок в опухоль или инвазию опухолевых клеток в окружающие ткани в ответ на стромальную реакцию [12–14]. В связи с этим остается открытым вопрос, когда спикулообразные (лучистые) контуры представлены втяжением куперовских связок, а когда это визуализация рака *in situ* [15].

Цель исследования — рассмотреть корреляцию результатов маммографии с данными гистологического и иммуногистохимического исследований, их значимость в планировании органосохраняющих операций.

Материалы и методы

В ретроспективное исследование было включено 217 пациенток Российского научного центра рентгенодиагностики, имевших первично-операбельные формы РМЖ и прошедших хирургическое лечение и/или диагностическое обследование в период с января 2022 г. по декабрь 2023 г. Средний возраст пациенток составил $56,7 \pm 10,0$ года (минимальный возраст пациентки — 26 лет, максимальный — 84 года).

Всем пациенткам выполнялась цифровая маммография в 2 стандартных проекциях: краниокаудальной и медиолатеральной, при необходимости в диагностическом поиске выполнялась боковая проекция или локальная компрессия исследуемого участка с помощью специальных насадок. Маммография проводилась с использованием цифровой маммографической системы Senographe Pristina, Маммо-5МТ, Amulet Innovality. Два врача-рентгенолога с опытом работы в лучевой диагностике 4 и 10 лет независимо друг от друга определяли основные признаки новообразования по данным маммографии: размер, края новообразования, включение кальцинатов в его структуру или по контуру. Если края новообразования было трудно определить точно (например, при плотном фоне), их считали неровными (рис. 5).

При статистически различающихся результатах описание проводил третий врач-рентгенолог, чье описание считалось истинным.

Для морфологической верификации новообразования была выполнена трепанобиопсия под ультразвуковым контролем на аппаратах экспертного класса MyLabClassC Esaote и ACUSON S2000, автоматической биопсийной системой Magnum Bard с диаметром иглы 12G или 14G (рис. 6).

Биопсийный и операционный материал проходил стандартную процедуру подготовки к патологоанатомическому исследованию, а также последующее иммуногистохимическое исследование с антителами к рецепторам эстрогенов и рецепторам прогестерона, белку-рецептору HER2 и белку Ki-67. С использованием результатов микроскопического описания операционного материала в исследование были включены

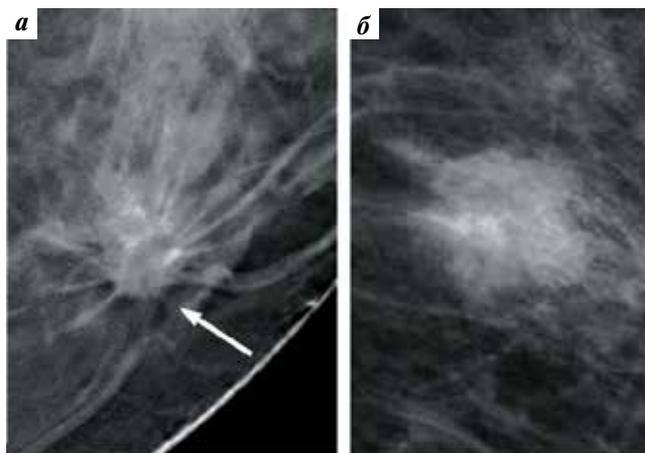


Рис. 5. Примеры спикулообразных (а) и ровных/неровных (б) контуров новообразования на маммограммах

Fig. 5. Examples of spicule-shaped (a) and smooth/uneven (b) contours of a formation on mammograms



Рис. 6. Трепанобиопсия с помощью ультразвуковой навигации

Fig. 6. Trephine biopsy using ultrasound navigation

следующие параметры: гистологический вид опухоли, степень дифференцировки, наличие компонентов *in situ* в краях опухоли. Полученные данные были внесены в общую базу.

Статистический анализ и визуализация проводились с использованием программы StatTech v.4.1.2 (ООО «Статтех», Россия), а также с использованием библиотек pandas, seaborn, matplotlib.pyplot, statistics, sklearn, sklearn.model_selection с помощью языка программирования Python.

Результаты

Для оценки размеров новообразования (РМЖ) использовались 2 метода: рентгенологический, основанный на определении показателя по маммограммам, и гистологический, заключающийся в макроскопическом описании операционного материала (рис. 7). При этом результаты гистологического исследования считались истинным значением размера опухоли.

При использовании парного *t*-критерия Стьюдента было получено $p = 0,856$, т. е. средние значения

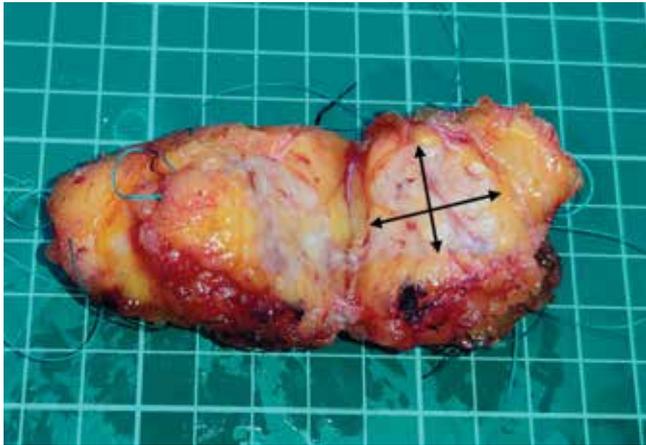


Рис. 7. Макропрепарат операционного материала. Стрелками указан пример измерения длины и ширины опухоли

Fig. 7. Macroscopic specimen of the surgical material. The arrows indicate an example of measuring the length and width of a tumor

не различаются. Это указывает на то, что размер опухоли на маммограммах соответствует истинному размеру опухоли, определенному в результате гистологического исследования (табл. 2).

Необходимо отметить широкий межквартильный размах погрешностей измерений в сторону как преувеличения, так и преуменьшения истинного размера

опухоли. При анализе погрешностей измерений в зависимости от молекулярно-биологического подтипа опухоли не было обнаружено значимых различий ($p = 0,322$; использованный метод – критерий Краскела–Уоллиса). При анализе погрешностей измерений в зависимости от контуров новообразования также не было установлено статистически значимых различий ($p = 0,203$; использованный метод – U-критерий Манна–Уитни). Результаты исследования показали, что в 88 % случаев предоперационный размер опухоли T1 соответствовал гистологическому размеру pT1, а в 11,5 % – pT2. Опухоли категории T2 реже сохраняли первоначальный размер (72,7 %), и чаще размер опухоли был завышен на предоперационном этапе (26 %). Только в 1 случае, согласно результатам гистологического исследования, размер опухоли превышал 5 см (табл. 3).

При погрешности измерений $>2 \text{ см}^3$ был проведен анализ зависимости от молекулярно-биологического подтипа и контуров новообразования. Однако при оценке зависимостей не было выявлено статистически значимых различий ($p = 0,658/0,056$; $0,567/0,092$; $0,124/0,133$), что указывает на субъективный характер погрешностей измерений. Исходя из рис. 8, можно заметить, что для люминальных молекулярно-биологических подтипов характерно наличие лучистых контуров новообразования ($p < 0,001$; используемый

Таблица 2. Описательная статистика количественных переменных

Table 2. Descriptive statistics of quantitative variables

Показатель Parameter	Среднее (M) Mean (M)	Стандартное отклонение Standard deviation	Q ₁ –Q ₃	Минимум Min	Максимум Max
Объем опухоли согласно гистологическому заключению, см ³ Tumor volume according to histological report, cm ³	3,5	5,8	0,63–3,84	0,01	47,10
Объем опухоли согласно маммографии, см ³ Tumor volume according to mammography, cm ³	3,5	5,6	0,40–3,85	0,07	35,52

Таблица 3. Анализ pT в зависимости от T

Table 3. Analysis of pT depending on T

Показатель Parameter	Категория Category	T1, n (%)	T2, n (%)	p
pT	pT1	123 (88,5)	20 (26,0)	<0,001*
	pT2	16 (11,5)	56 (72,7)	
	pT3	0	1 (1,3)	

*Различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

*Differences in parameters are statistically significant ($p < 0.05$).

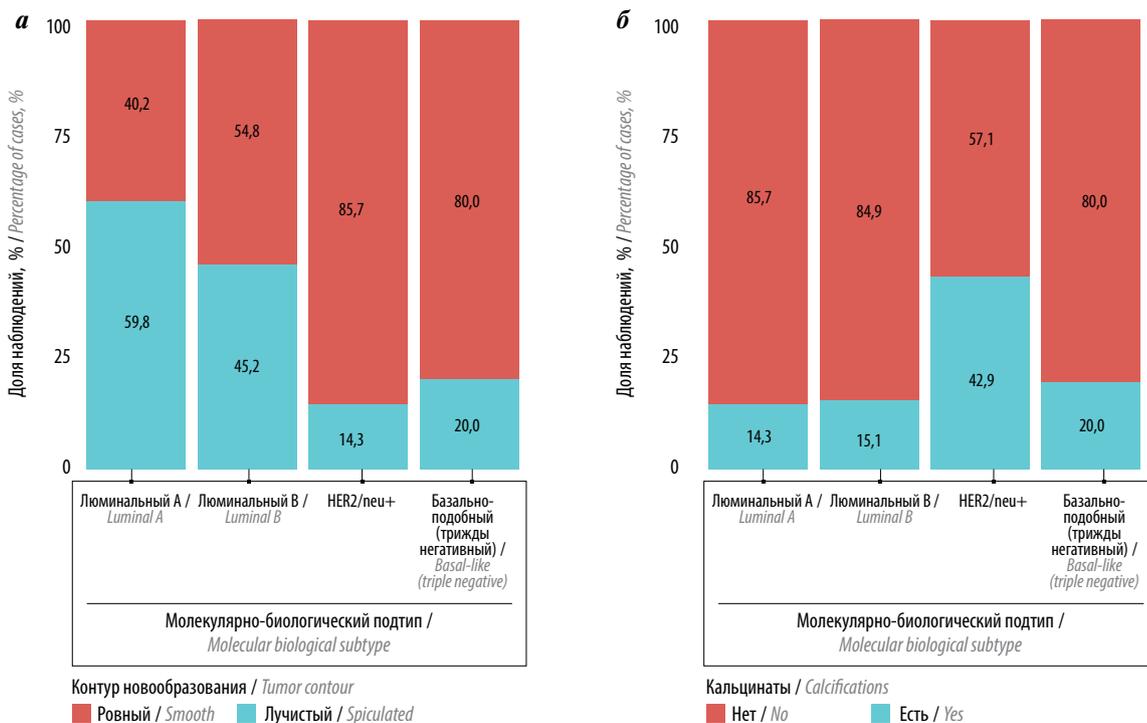


Рис. 8. Визуализация распределения контуров новообразования (а) и наличия кальцинатов в краях или структуре опухоли (б) в зависимости от молекулярно-биологического подтипа

Fig. 8. Visualization of the distribution of tumor contours (a) and the presence of calcifications in the edges or structure of the tumor (б) depending on the molecular biological subtype

метод – χ^2 Пирсона). Также, несмотря на ограниченный объем выборки, установлено, что для HER2/neu-положительных новообразований свойственно присутствие кальцинатов ($p = 0,015$; используемый метод – χ^2 Пирсона).

Нами был проведен анализ контуров новообразования и наличия рака *in situ* в краях опухоли по данным исследования операционного материала. Согласно результатам этого анализа, вероятность обнаружения карциномы *in situ* по краю опухоли в группе новообразований с лучистыми контурами была значительно выше по сравнению с группой новообразований с ровными/неровными контурами ($p < 0,001$; 95 % доверительный интервал 2,271–7,045; используемый метод – χ^2 Пирсона).

Также в результате анализа выявлено, что вероятность обнаружения карциномы *in situ* по краю опухоли в группе новообразований с кальцинатами в структуре или по краю была значительно выше по сравнению с группой новообразований без кальцинатов (95 % доверительный интервал 1,083–4,682) (рис. 9).

Обсуждение

В этой работе мы исследовали взаимосвязь между маммографическими характеристиками и молекулярно-биологическими подтипами РМЖ. Люминальные подтипы продемонстрировали значимую

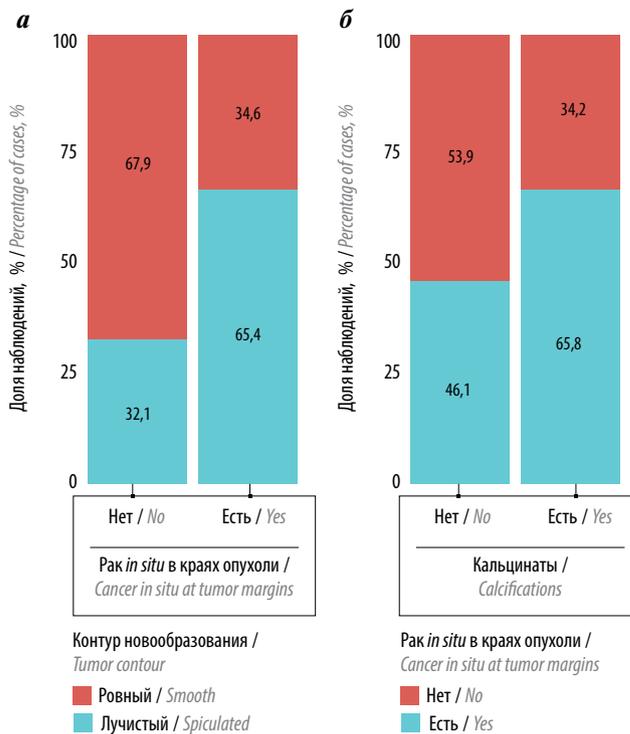


Рис. 9. Визуализация распределения рака *in situ* в зависимости от контуров новообразования (а) и от наличия кальцинатов в краях или структуре опухоли (б)

Fig. 9. Visualization of the distribution of cancer *in situ* depending on the contours of the tumor (a) and on the presence of calcifications in the edges or structure of the tumor (б)

положительную корреляцию с наличием спикуюлообразных краев, в отличие от трижды негативных форм, что также подтверждается другими исследованиями [5, 7, 16].

Опухоли с микрокальцификатами, обнаруженные на маммограмме, были тесно связаны со сверхэкспрессией HER2. В работах D. Sen и соавт., T.A. Patel и соавт. также было отмечено, что опухоли с наличием амплификации HER2 с большей вероятностью будут иметь гетерогенные и плеоморфные микрокальцификации на маммограммах [17, 18].

Учитывая связь между спикуюлообразными (лучистыми) контурами, кальцинатами по краю новообразования и разрастанием рака *in situ*, врачам-онкологам и рентгенологам следует обращать внимание на контур новообразования при планировании операции, в частности при органосохраняющих операциях. Поскольку при определении размеров новообразования по данным маммографии и гистологическом исследовании край опухоли является наиболее плотным, видимым участком, а лучистый контур может быть признаком разрастания рака *in situ* и не учитываться при расчете объема

резекции, новообразования с лучистыми контурами или с кальцинатами в структуре и/или по контуру опухоли могут быть причиной нерадикальной операции с последующей ререзекцией или изменением объема оперативного вмешательства. В связи с этим при планировании органосохраняющей операции при люминальных и HER2-положительных подтипах РМЖ рекомендуется учитывать не только размер новообразования, но и перитуморальную область.

Выводы

Основные молекулярные подтипы РМЖ, такие как люминальный А и В, базальноподобный и HER2-положительный, имеют характерные признаки на маммограмме, что может служить основой для проведения неинвазивной биопсии и уже на этапе диагностики позволяет предположить возможный молекулярно-биологический подтип. При планировании органосохраняющих операций на молочной железе рекомендуется мультимодальная диагностика с участием рентгенологов, онкологов и хирургов для обеспечения оптимального хирургического и последующего лечения.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Cancer Factsheets. Available at: <https://gco.iarc.who.int/today/en/fact-sheets-cancers>.
2. Клинические рекомендации «Рак молочной железы». Министерство здравоохранения России, 2021. Clinical recommendations "Breast cancer". Ministry of Health of Russia, 2021. (In Russ.).
3. Mayerhoefer M.E., Materka A., Langa G. et al. Introduction to radiomics. *J Nucl Med* 2020;61(4):488–95. DOI: 10.2967/jnumed.118.222893
4. Gillies R.J., Kinahan P.E., Hricak H. Radiomics: Images are more than pictures, they are data. *Radiology* 2016;278(2):563–77. DOI: 10.1148/radiol.2015151169
5. Boissierie-Lacroix M., Hurtevent-Labrot G., Ferron S. et al. Correlation between imaging and molecular classification of breast cancers. *Diagn Interv Imaging* 2013;94(11):1069–80. DOI: 10.1016/j.diii.2013.04.010
6. Ko E.S., Lee B.H., Kim H.A. et al. Triple-negative breast cancer: Correlation between imaging and pathological findings. *Eur Radiol* 2010;20(5):1111–7. DOI: 10.1007/s00330-009-1656-3
7. Shin H.J., Kim H.H., Huh M.O. et al. Correlation between mammographic and sonographic findings and prognostic factors in patients with node-negative invasive breast cancer. *Br J Radiol* 2011;84(997):19–30. DOI: 10.1259/bjr/92960562
8. Chen J.H., Agrawal G., Feig B. et al. Triple-negative breast cancer: MRI features in 29 patients. *Ann Oncol* 2007;18(12):2042, 2043. DOI: 10.1093/annonc/mdm504
9. Rashmi S., Kamala S., Murthy S.S. et al. Predicting the molecular subtype of breast cancer based on mammography and ultrasound findings. *Indian J Radiol Imaging* 2018;28(3):354–61. DOI: 10.4103/ijri.IJRI_78_18
10. Sonthineni C., Mohindra N., Agrawal V. et al. Correlation of digital mammography and digital breast tomosynthesis features of self-detected breast cancers with human epidermal growth factor receptor type 2/neu status. *South Asian J Cancer* 2019;8(3):140–4. DOI: 10.4103/sajc.sajc_300_18
11. Taneja S., Evans A.J., Rakha E.A. et al. The mammographic correlations of a new immunohistochemical classification of invasive breast cancer. *Clin Radiol* 2008;63(11):1228–35. DOI: 10.1016/j.crad.2008.06.006
12. Yamaguchi J., Ohtani H., Nakamura K. et al. Prognostic impact of marginal adipose tissue invasion in ductal carcinoma of the breast. *Am J Clin Pathol* 2008;130:382–8. DOI: 10.1309/MX6KKA1UNJ1YG8VN
13. Tchou J., Kossenkov A.V., Chang L. et al. Human breast cancer associated fibroblasts exhibit subtype specific gene expression profiles. *BMC Med Genomics* 2012;5:39. DOI: 10.1186/1755-8794-5-39
14. Park S.Y., Kim H.M., Koo J.S. Differential expression of cancer-associated fibroblast-related proteins according to molecular subtype and stromal histology in breast cancer. *Breast Cancer Res Treat* 2015;149:727–41. DOI: 10.1007/s10549-015-3291-9
15. Liu S., Wu X.D., Xu W.J. et al. Is There a correlation between the presence of a spiculated mass on mammogram and luminal a subtype breast cancer? *Korean J Radiol* 2016;17(6):846–52. DOI: 10.3348/kjr.2016.17.6.846
16. Попова А.Ю., Гажонова В.Е., Демидов С.М., Казанцева Н.В. Радиомические характеристики различных биотипов рака молочной железы стадии T1. Лучевая диагностика, лучевая терапия 2023;6(4):34–41. Popova A.Yu., Gazhonova V.E., Demidov S.M., Kazantseva N.V. Radiomic characteristics of different biotypes of stage T1 breast cancer. *Lučevaya diagnostika, lučevaya terapiya = Radiodiagnosics, Radiotherapy* 2023;6(4):34–41. (In Russ.).
17. Cen D., Xu L., Li N. et al. BI-RADS 3-5 microcalcifications can preoperatively predict breast cancer HER2 and luminal a molecular subtype. *Oncotarget* 2017;8:13855–62. DOI: 10.18632/oncotarget.14655
18. Patel T.A., Puppala M., Ogunti R.O. et al. Correlating mammographic and pathologic findings in clinical decision support using natural language processing and data mining methods. *Cancer* 2017;123:114–21. DOI: 10.1002/cncr.30245

Вклад авторов

О.С. Ходорович: разработка дизайна исследования;
Л.Б. Канахина, А.А. Калинина-Масри: получение данных для анализа, анализ полученных данных;
Т.В. Шерстнева, Ш.М. Дибирова: написание статьи.

Authors' contributions

O.S. Khodorovich: study design development;
L.B. Kanakhina, A.A. Kalinina-Masri: obtaining data for analysis, analyzing the data obtained;
T.V. Sherstneva, Sh.M. Dibirova: writing the article.

ORCID авторов / ORCID of authors

О.С. Ходорович / O.S. Khodorovich: <https://orcid.org/0000-0002-6014-4597>
Т.В. Шерстнева / T.V. Sherstneva: <https://orcid.org/0000-0002-3261-0984>
Л.Б. Канахина / L.B. Kanakhina: <https://orcid.org/0000-0003-0260-1478>
Ш.М. Дибирова / Sh.M. Dibirova: <https://orcid.org/0000-0001-9657-7776>
А.А. Калинина-Масри / A.A. Kalinina-Masri: <https://orcid.org/0000-0002-8265-1848>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБУ «Российский научный центр рентгенодиагностики» Минздрава России. Пациентки подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of the Russian Research Center of Radiology, Ministry of Health of Russia. The patients signed informed consent to participate in the study.