

РОЛЬ ДИФфуЗИОННО-ВЗВЕШЕННОЙ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В СТРАТИФИКАЦИИ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ БИОМАРКЕРОВ ПРИ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Исроилжон Расулжонович Аликариев

Ассистент Центральноазиатского медицинского университета

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20677779>

Аннотация. Рак молочной железы является наиболее распространенным злокачественным новообразованием среди женщин во всем мире. Современная онкология уделяет особое внимание поиску неинвазивных методов оценки биологических характеристик опухоли и прогнозирования течения заболевания. Цель исследования – изучить возможности ДВ-МРТ в стратификации молекулярных прогностических биомаркеров при раке молочной железы. Проведено обследование 120 пациенток с морфологически подтвержденным раком молочной железы. Полученные результаты показали наличие достоверной взаимосвязи между значениями ADC и экспрессией молекулярных маркеров опухоли, что подтверждает перспективность использования ДВ-МРТ в персонализированной диагностике и прогнозировании заболевания.

Ключевые слова: рак молочной железы, диффузионно-взвешенная МРТ, ADC, молекулярные биомаркеры, HER2, Ki-67, рецепторы эстрогена, рецепторы прогестерона, прогноз.

Актуальность. Рак молочной железы занимает первое место в структуре онкологической заболеваемости женщин и остается одной из ведущих причин смертности от злокачественных новообразований [1, 2].

Несмотря на значительные достижения в диагностике и лечении заболевания, прогноз во многом определяется молекулярно-биологическими особенностями опухоли [3, 4].

В настоящее время важнейшими прогностическими и предиктивными биомаркерами являются рецепторы эстрогена (ER), рецепторы прогестерона (PR), HER2/neu и индекс пролиферативной активности Ki-67 [5, 6]. Определение данных показателей требует проведения инвазивной биопсии и иммуногистохимического исследования [7].

Одним из перспективных методов визуализации является диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография (ДВ-МРТ), позволяющая количественно оценивать микроструктурные изменения опухолевой ткани посредством определения коэффициента измеряемой диффузии (ADC) [8].

В последние годы активно развивается направление радиомикки и функциональной визуализации, позволяющее оценивать биологические свойства опухоли неинвазивными методами. Одним из наиболее перспективных методов считается диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография, которая отражает степень клеточной плотности и микроархитектонику опухолевой ткани [9, 10].

Цель исследования. Изучить диагностическую значимость диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии в стратификации молекулярных прогностических биомаркеров при раке молочной железы.

Материал и методы исследования. Исследование проведено среди 120 пациенток с морфологически подтвержденным раком молочной железы в возрасте от 32 до 76 лет на базе областной онкологической больницы г. Фергана за период 2022-2025 гг. Средний возраст обследованных составил $54,8 \pm 1,2$ года.

Распределение пациенток по молекулярным подтипам: Luminal A – 38 пациенток (31,7%); Luminal B – 42 пациентки (35,0%); HER2-позитивный подтип – 21 пациентка (17,5%); тройной негативный рак молочной железы – 19 пациенток (15,8%).

Всем пациенткам проводились: клиническое обследование; маммография; ультразвуковое исследование молочных желез; магнитно-резонансная томография с ДВИ; расчет коэффициента измеряемой диффузии (ADC); трепан-биопсия; иммуногистохимическое исследование опухоли.

Изучались следующие показатели: экспрессия ER; экспрессия PR; статус HER2; индекс Ki-67; размер опухоли; степень злокачественности (G).

Статистическая обработка данных выполнялась с использованием пакета SPSS Statistics 23,0. Определялись средние значения ($M \pm m$), коэффициенты корреляции Пирсона (r) и уровень статистической значимости (p).

Результаты и их обсуждение. Анализ данных показал существенные различия значений ADC между различными молекулярными подтипами рака молочной железы.

Наиболее низкие показатели ADC выявлены у пациенток с тройным негативным раком молочной железы и HER2-позитивными опухолями, что отражает высокую клеточную плотность и агрессивность данных подтипов.

Наиболее высокие значения ADC зарегистрированы при Luminal A-подтипе, характеризующемся более благоприятным прогнозом.

Полученные результаты свидетельствуют о статистически значимом снижении коэффициента ADC по мере увеличения агрессивности опухолевого процесса (табл. 1).

Таблица 1

Показатели ADC в зависимости от молекулярного подтипа опухоли ($M \pm m$)

Молекулярный подтип	ADC ($\times 10^{-3}$ мм ² /с)	Ki-67 (%)	p
Luminal A	$1,18 \pm 0,05$	$14,6 \pm 1,3$	<0,01
Luminal B	$1,04 \pm 0,04$	$28,4 \pm 1,8$	<0,01
HER2-позитивный	$0,92 \pm 0,03$	$37,8 \pm 2,1$	<0,001
Тройной негативный	$0,84 \pm 0,04$	$48,6 \pm 2,4$	<0,001

Выявлена выраженная отрицательная корреляция между значениями ADC и индексом пролиферации Ki-67, а также степенью злокачественности опухоли (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционная связь между показателями ДВ-МРТ и молекулярными биомаркерами

Показатель	r	p
------------	---	---

ADC и Ki-67	-0,74	<0,001
ADC и степень злокачественности (G)	-0,69	<0,001
ADC и HER2-позитивность	-0,58	<0,01
ADC и экспрессия ER	0,62	<0,01
ADC и экспрессия PR	0,57	<0,01

Полученные результаты демонстрируют высокую диагностическую ценность диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии в оценке биологических свойств опухоли молочной железы.

Установлено, что снижение коэффициента ADC ассоциировано с высокой клеточной плотностью, повышенной пролиферативной активностью и агрессивным течением опухолевого процесса. Наиболее низкие показатели ADC наблюдались у пациенток с тройным негативным и HER2-позитивным подтипами рака молочной железы.

Выявленная положительная корреляция между ADC и гормон-рецепторным статусом подтверждает возможность использования ДВ-МРТ в качестве дополнительного инструмента неинвазивной оценки молекулярного фенотипа опухоли.

Полученные данные согласуются с результатами современных исследований, посвященных применению радиомических технологий в онкологии.

Выводы:

1. Диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография является информативным методом неинвазивной оценки биологических характеристик рака молочной железы;
2. Значения коэффициента измеряемой диффузии (ADC) достоверно различаются между различными молекулярными подтипами опухоли;
3. Низкие показатели ADC ассоциированы с высокой пролиферативной активностью опухоли и неблагоприятным прогнозом заболевания;
4. Выявлена статистически значимая отрицательная корреляция между ADC и индексом Ki-67 ($r=-0,74$; $p<0,001$);
5. ДВ-МРТ может использоваться как дополнительный инструмент стратификации молекулярных прогностических биомаркеров и персонализации лечения пациенток с раком молочной железы;
6. Комплексное применение МРТ и иммуногистохимических методов повышает точность диагностики и прогнозирования течения заболевания.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Давыдов М.И., Аксель Е.М. Статистика злокачественных новообразований в России и странах СНГ. – М.: Издательская группа РОНЦ, 2023. – 286 с.
2. Семиглазов В.Ф., Палтуев Р.М. Рак молочной железы. – СПб.: СпецЛит, 2022. – 432 с.
3. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению России в 2024 году. – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена, 2025. – 248 с.
4. Partridge S.C., Nissan N., Rahbar H. Diffusion-weighted Breast MRI: Clinical Applications

- and Emerging Techniques. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2023;58(4):1125–1140.
5. Mann R.M., Cho N., Moy L. Breast MRI: State of the Art. *Radiology*. 2024;310(2):295–312.
 6. Pinker K., Helbich T.H. Multiparametric MRI of Breast Cancer. *Radiology Clinics of North America*. 2023;61(5):801–818.
 7. Baltzer P.A.T., Mann R.M. Diffusion-weighted Imaging in Breast Cancer Assessment. *European Radiology*. 2023;33(7):4510–4522.
 8. Sung H., Ferlay J., Siegel R.L. Global Cancer Statistics 2024. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 2024;74(1):5–33.
 9. Harbeck N., Penault-Llorca F., Cortes J. Breast Cancer. *Nature Reviews Disease Primers*. 2024;10(1):45–63.
 10. Waks A.G., Winer E.P. Breast Cancer Treatment: A Review. *JAMA*. 2024;332(4):378–390.

