



Жук Е.Г.

Белорусская медицинская академия последипломного образования,
Минск, Беларусь

Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской
радиологии имени Н.Н. Александрова, Минск, Беларусь

Сопоставление возможностей МРТ и ПЭТ/КТ в определении метастатического поражения лимфатических узлов при раке шейки матки

Конфликт интересов: не заявлен.

Подана: 03.03.2023

Принята: 20.03.2023

Контакты: elenazhuk.03@gmail.com

Резюме

Цель. Сравнение возможностей позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), и магнитно-резонансной томографии (МРТ) с применением стандартного критерия (размер по короткой оси $\geq 1,0$ см) и математической модели для выявления метастатического поражения лимфатических узлов (ЛУ) при раке шейки матки (РШМ).

Материалы и методы. В исследование включены данные 108 пациентов с гистологически подтвержденным диагнозом РШМ, пролеченных хирургическим методом и консервативно, которым для оценки распространенности процесса и результатов лечения выполнены МРТ и ПЭТ/КТ. Для оценки возможностей методов в выявлении метастазов анализу подверглись 220 ЛУ. Данные ПЭТ/КТ и МРТ с применением стандартного критерия и математической модели сравнивали с результатами морфологического исследования резецированных препаратов, а также с данными динамического наблюдения (медиана наблюдения составила 8 месяцев). Для оценки диагностической эффективности методов были построены ROC-кривые (Receiver Operating Characteristic curve – ROC) с расчетом площадей под ними (Area Under Curve – AUC), определены диагностическая чувствительность (ДЧ), диагностическая специфичность (ДС), диагностическая точность (ДТ), позитивное предсказательное значение (ППЗ), негативное предсказательное значение (НПЗ).

Результаты. ДЧ и ДТ МРТ математической модели составили 92,0%, 93,2% соответственно, значимо превосходили ДЧ и ДТ МРТ стандартного критерия (59,9% и 74,5% соответственно) ($p < 0,001$) и были статистически сопоставимы с ДЧ и ДТ ПЭТ/КТ (97,8% и 96,8% соответственно) ($p > 0,05$). AUC математической модели 0,936 значимо превосходила AUC стандартного критерия – 0,793 ($p < 0,05$) и была сопоставима с AUC ПЭТ/КТ – 0,965 ($p > 0,05$). Для ЛУ размером меньше 1 см по короткой оси AUC математической модели 0,876 сопоставима с AUC ПЭТ/КТ – 0,948 ($p > 0,05$).

Заключение. Математическая модель имеет высокую прогностическую ценность для выявления метастазов в ЛУ, сопоставимую с ПЭТ/КТ в том числе для ЛУ размером по короткой оси меньше 1 см.



Ключевые слова: рак шейки матки, магнитно-резонансная томография, позитронно-эмиссионная томография, лимфатические узлы, метастатические лимфатические узлы

Zhuk E.

Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Belarus

N.N. Alexandrov National Cancer Centre of Belarus, Minsk, Belarus

Comparison of the Possibilities of MRI and PET/CT in Detecting Metastatic Lesion of Lymph Nodes in Cervical Cancer

Conflict of interest: nothing to declare.

Submitted: 03.03.2023

Accepted: 20.03.2023

Contacts: elenazhuk.03@gmail.com

Abstract

Purpose. Comparison of the capabilities of Positron Emission Tomography and Computed Tomography (PET/CT) and magnetic resonance imaging (MRI) using a standard criterion (size along the short axis $D \geq 1.0$ cm) and a mathematical model for the detection of metastatic lesions of the lymph nodes (LN) in cervical cancer (CC).

Materials and methods. The study included data from 108 patients with a histologically confirmed diagnosis of CC, treated surgically and conservatively, who underwent MRI and PET/CT to assess the prevalence of the tumor and the results of treatment. To assess the capabilities of the methods in detecting metastatic lesions, 220 LNs were analyzed. PET/CT and MRI data using a standard criterion and a mathematical model were compared with the results of a morphological study of resected preparations, as well as with dynamic follow-up data (median follow-up was 8 months). To assess the diagnostic efficiency of the methods, ROC-curves (Receiver Operating Characteristic curve – ROC) were constructed, with the calculation of the areas under them (Area Under Curve – AUC), sensitivity (Se), specificity (Sp), accuracy, positive predictive value. negative predictive value were determined.

Results. Se and accuracy MRI of the mathematical model were 92.0%, 93.2%, respectively, significantly exceeded the Se and accuracy MRI of the standard criterion (59.9% and 74.5%, respectively) and were statistically comparable with Se and accuracy PET/CT (97.8% and 96.8%, respectively). The AUC of the mathematical model was 0.936 significantly exceeded the AUC of the standard criterion 0.793 ($p < 0.05$) and was comparable to the AUC of PET/CT 0.965 ($p > 0.05$). For LNs smaller than 1 cm along the short axis, the AUC of the mathematical model was 0.876 and was also comparable to the PET/CT AUC 0.948 ($p > 0.05$).

Conclusion. The mathematical model has a high prognostic value for detecting LN metastases, comparable to PET/CT, including for LNs with a short axis size of less than 1 cm.

Keywords: cervical cancer, magnetic resonance imaging, positron emission tomography, lymph nodes, metastatic lymph nodes

■ ВВЕДЕНИЕ

Рак шейки матки (РШМ) занимает четвертое место среди злокачественных новообразований у женщин в мире и является одной из ведущих причин смертности от рака. Заболеваемость РШМ составляет 16,5%, а смертность – 7,5% [1].

Существует значительная разница в выживаемости между пациентами с наличием метастазов в лимфатических узлах (ЛУ) и отсутствием поражения ЛУ (90% против 50%) [2].

Таким образом, точная оценка состояния ЛУ необходима для определения стратегии лечения и предсказания прогноза для пациентов, страдающих РШМ. Определение этих данных предоставляет информацию о возможности выполнения радикального хирургического вмешательства, объеме операции и необходимости применения дополнительной терапии.

Хирургическая лимфаденэктомия является «золотым стандартом» в диагностике метастатических ЛУ (МТЛУ), однако в силу инвазивности может быть сопряжена с осложнениями [3]. Поэтому предоперационная оценка ЛУ на основе методов визуализации приобретает особую важность. В пересмотренной системе стадирования FIGO 2018 года введена стадия IIIC для обозначения наличия метастазов в регионарных ЛУ, которые могут быть обнаружены в том числе с помощью наиболее подходящего метода визуализации (г-визуализация) [4].

Для обнаружения метастазов в ЛУ широко используются методы МРТ и компьютерная томография (КТ), которые основываются на морфологических данных. Однако оба эти метода обладают низкой диагностической чувствительностью (ДЧ) для обнаружения МТЛУ, так как основываются на размерном критерии – диаметр ЛУ $\geq 1,0$ см [5].

В то же время, по данным зарубежных исследователей, более 80% МТЛУ имели диаметр меньше 1 см. Это объясняет высокий процент ложноотрицательных результатов КТ и МРТ [6].

Позитронно-эмиссионная томография всего тела с использованием дезокси-[фтор-18]-глюкозы, интегрированная с компьютерной томографией (^{18}F -ФДГ-ПЭТ/КТ), объединяет возможности анатомической и функциональной визуализации [2].

Согласно данным Choi H.J. et al., ^{18}F -ФДГ-ПЭТ/КТ имеет высокую точность в выявлении МТЛУ [7], а также демонстрирует более высокие показатели ДТ, ДЧ и ДС по сравнению с методами визуализации, использующими критерий размера со значимой разницей диагностической информативности ($p < 0,05$) [8]. Однако ^{18}F -ФДГ-ПЭТ/КТ имеет значительную лучевую нагрузку, высокую стоимость исследования и ограниченную доступность [9].

В то же время за последнее десятилетие заметно возросли диагностические возможности метода МРТ в силу того, что он обладает беспрецедентным потенциалом для получения высокой контрастности на основе различий в свойствах тканей [10].

При поражении ЛУ внедрение микрометастазов не изменяет размер ЛУ, однако приводит к развитию патофизиологических процессов, ведущих к нарушению лимфооттока и появлению ряда патологических признаков, которые, благодаря высокой



тканевой контрастности МРТ, оцениваются как критерии метастатического поражения ЛУ. С учетом прогностической значимости критериев метастатического поражения ЛУ разработана математическая модель прогнозирования наличия метастазов [11].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнение возможностей метода МРТ на основе стандартного критерия (размер по короткой оси $\geq 1,0$ см), математической модели, а также ПЭТ/КТ для выявления МТЛУ при РШМ.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ретроспективное исследование включены данные о 108 пациентах с гистологически подтвержденным диагнозом РШМ, пролеченных хирургическим методом и консервативно, которым была выполнена ПЭТ/КТ и МРТ для оценки распространенности и на этапах лечения.

Для определения возможностей методов результаты ПЭТ/КТ и МРТ с применением стандартного критерия и математической модели сравнивали с результатами морфологического исследования резецированных препаратов, а также с данными динамического наблюдения (медиана наблюдения составила 8,0 месяца).

Общая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Таблица 1
Общая характеристика пациентов с диагнозом РШМ
Table 1
General characteristics of patients diagnosed with cervical cancer

Показатель	Значение
Число пациентов	108
Медиана возраста, лет или годы (разброс значений)	47 лет (25–74)
Гистологическая структура опухоли:	108 (100%)
– плоскоклеточный рак	88 (81,5%)
– аденокарцинома	19 (17,6%)
– недифференцированный рак	1 (0,9%)
Распространение опухоли:	108 (100%)
T1aN0M0	4 (3,7%)
T1bN0M0	15 (13,9%)
T1bN1M0	3 (2,8%)
T1bN1M1	1 (0,9%)
T2aN1M0	1 (0,9%)
T2aN1M1	1 (0,9%)
T2bN0M0	12 (11,1%)
T2bN1M0	14 (13,0%)
T2bN1M1	3 (2,8%)
T3aN1M0	1 (0,9%)
T3bN0M0	12 (11,1%)
T3bN0M1	2 (1,9%)
T3bN1M0	24 (22,2%)
T3bN1M1	15 (13,9%)

Обследование осуществлялось на ПЭТ/КТ-сканерах Discovery IQ и Discovery 710 (General Electric, США). Активность радиофармацевтического препарата (РФП) определялась из расчета 3,5–4,0 МБк на 1 кг массы тела пациента. ПЭТ/КТ-исследование начинали через 60 минут после введения РФП и осуществляли нативное КТ-сканирование с последующим ПЭТ-сканированием в статическом 3D-режиме сбора данных продолжительностью 2 минуты на 1 «кровать». Зона сканирования от орбито-меатальной линии верхней точки свода черепа до верхней трети бедра. Коррекция аттенуации ПЭТ-сканов осуществлялась по данным КТ.

Анализ реконструированных ПЭТ/КТ-изображений осуществлялся на рабочей станции двумя специалистами – врачом-рентгенологом и врачом радионуклидной диагностики. Изображения оценивали по визуальным и полуколичественным критериям. Визуальный анализ выполняли с помощью серой и цветной шкал в трех проекциях, с построением трехмерных изображений проекции максимальной интенсивности (MIP). Анатомическое картирование обеспечивалось при совмещении ПЭТ- и КТ-сканов (fusion-изображения).

МРТ-исследование выполняли на магнитно-резонансных томографах Magnetom Avanto (Siemens) и Optima 450 W (General Electric) с напряженностью магнитного поля 1,5 Тесла с применением следующих импульсных последовательностей: T2-взвешенные изображения (ВИ) в аксиальной, сагиттальной, коронарной плоскости сканирования; T1-ВИ в аксиальной плоскости сканирования; T2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани в аксиальной плоскости сканирования; диффузионно-взвешенная МРТ выполнялась при факторе диффузии $b=0$, $b=1000$ с/мм² с последующим построением карты измеряемого коэффициента диффузии (ИКД 10^{-3} мм²/с). Для визуализации забрюшинных ЛУ дополнительно использовали две последовательности в коронарной плоскости сканирования: T2-ВИ и T2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани.

У 17 пациентов данные ПЭТ/КТ и МРТ сопоставляли с результатами морфологического исследования резецированных препаратов: 16 пациентам (27 ЛУ) было выполнено радикальное хирургическое лечение со стандартной ЛАЭ и 1 пациентке пункция ЛУ (2 ЛУ). У неоперированных пациентов выводы о наличии либо отсутствии поражения делали на основании данных обследования в динамике. Медиана наблюдения составила 8 месяцев.

Всем пациентам были выполнены контрольные исследования с применением различных методов визуализации: ПЭТ/КТ, МРТ, КТ и УЗИ (рис. 1).

При динамическом наблюдении истинно положительный тест расценивали в случае уменьшения размеров ЛУ, имеющего повышенный уровень накопления РФП по сравнению с окружающими тканями, на фоне лечения не менее чем 30% или дальнейшего прогрессирования (увеличение размера ЛУ не менее чем на 20%).

Истинно отрицательный тест – отсутствие накопления РФП в ЛУ при исследовании и отсутствие динамики в течение 6 месяцев.

Ложноположительный тест – накопление РФП в ЛУ и отсутствие динамики размера в течение 6 месяцев при отсутствии лечебного воздействия на зону регионарного метастазирования.

Ложноотрицательный тест – отсутствие накопления РФП в ЛУ и увеличение его в размерах в динамике не менее чем на 20% в течение 6 месяцев.

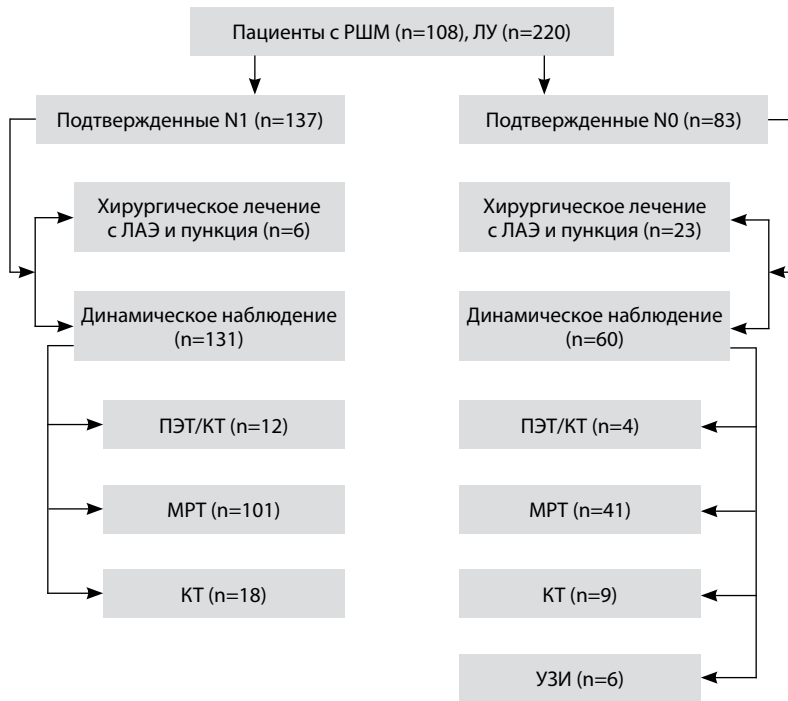


Рис. 1. Схема исследования
Fig. 1. Scheme of the study

Клинически и статистически значимыми предикторами метастатического поражения ЛУ по результатам предыдущих исследований являются: размер ЛУ по короткой оси, соотношение размера ЛУ по длинной и короткой оси (индекс конфигурации), отсутствие сигнала от жировой ткани ворот ЛУ, наличие шиповатости контура ЛУ, наличие перинодулярного отека, субкапсулярного и центрального отека ЛУ, неоднородность МР-сигнала ЛУ, значение коэффициента интенсивности сигнала ЛУ и значение измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) ЛУ [11].

Предметом клинического исследования явилась диагностическая эффективность в оценке выявления метастатического поражения ЛУ таких подходов, как стандартный критерий – размер ЛУ по короткой оси больше или 1 см, и математическая модель прогнозирования метастатического поражения ЛУ при РШМ, которая была разработана основе независимых прогностических факторов [11]:

$$P = 1 / 1 + e^{-Z},$$

где P – вероятность выявления метастазов;

число e – основание натурального логарифма (=2,71);

$$Z = -1,24 + 17,516 \times X_1 + 2,67 \times X_2 + 32,056 \times X_3 - 32,868 \times X_4 - 1,69 \times X_5,$$

где X_1 – размер ЛУ по короткой оси (0 – $\leq 0,75$, 1 – $> 0,75$);

X_2 – наличие или отсутствие неоднородности МР-сигнала ЛУ (0 – нет неоднородности, 1 – есть неоднородность);

X_3 – наличие или отсутствие сигнала от жировой ткани ворот ЛУ (0 – есть, 1 – нет сигнала);

X_4 – ИСлу/ИС опухоли (0 – $>1,265$, 1 – $\leq 1,265$);

X_5 – индекс конфигурации (0 – $>1,55$, 1 – $\leq 1,55$).

Риск развития метастатического поражения был ранжирован следующим образом: низкий – вероятность меньше или равна 54,5%; высокий – вероятность больше 54,5%. Различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Для оценки диагностических возможностей двух подходов вычисляли ДЧ, ДС, ДТ, позитивное предсказательное значение (ППЗ) и негативное предсказательное значение (НПЗ). Доверительный интервал представлен с 95% достоверностью (95% ДИ). Диагностическую информативность МРТ оценивали с помощью построения ROC-кривых с расчетом площадей под ними – AUC. Для сравнения качественных параметров, которые можно представить в виде таблиц сопряженности 2×2 , применялся двухсторонний точный критерий Фишера. При сравнении частотных распределений в группах (долевых значений) рассчитывался критерий χ^2 Пирсона.

Анализ результатов исследования выполнен с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics 22.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализу подверглись 220 ЛУ. Медиана размера по короткой оси составила 0,8 см. Метастазы присутствовали в 137 (62,3%) ЛУ. Из них у 134 ЛУ (60,9% от общего числа ЛУ) получены истинно положительные результаты ПЭТ/КТ (согласно принятым за основу критериям подтверждения диагноза). При этом морфологическое подтверждение поражения ЛУ констатировано в 3 ЛУ, в остальных случаях (131 ЛУ) – на основе динамического наблюдения под контролем методов лучевой диагностики: МРТ – 101, КТ – 18, и ПЭТ – 12. Ложноположительные результаты имели место в 3 ЛУ (подтверждены морфологически).

Сведения о состоянии ЛУ по данным ПЭТ/КТ и МРТ на основе применения математической модели (МРТ-модель) и МРТ на основе стандартного критерия (МРТ, размер ≥ 1 см) представлены в табл. 2.

Показатели диагностической информативности ПЭТ/КТ составили: ДЧ – 97,8% (ДИ 93,7–99,5), ДС – 95,2% (ДИ 88,1–98,7), ППЗ – 97,1% (ДИ 92,7–99,2), НПЗ – 96,3% (89,7–99,2), ДТ – 96,8% (93,6–98,7).

ДЧ МРТ-модели составила 92,0% (86,1–95,9), ДС – 95,2% (88,1–98,7), ППЗ – 96,9% (92,3–99,2), НПЗ – 87,8% (79,2–93,7), ДТ – 93,2% (89,0–96,1).

ДЧ МРТ, размер по короткой оси ≥ 1 см составила 59,9% (51,1–68,1), ДС – 98,8% (93,5–99,97), ППЗ – 98,8% (93,5–99,97), НПЗ – 59,9% (51,1–68,1), ДТ – 74,5% (68,3–80,2).

Наибольшей ДЧ в выявлении метастазов в ЛУ обладал, по данным нашего исследования, метод ПЭТ/КТ. ДЧ МРТ-модели уступала ДЧ ПЭТ/КТ на 5,8%, и разница была незначима ($p = 0,052$). В то же время ДЧ МРТ-модели преобладала над ДЧ МРТ, размер по короткой оси ≥ 1 см на 32,1% и разница была значимой ($p < 0,001$).

Таблица 2
Оценка лимфатических узлов по данным ПЭТ/КТ, МРТ – математическая модель
и МРТ – стандартный критерий
Table 2
Assessment of the lymph nodes according to PET/CT, MRI – mathematical model and MRI – standard
criterion

Оценка состояния регионарных лимфатических узлов			
Данные методов лучевой диагностики	Заключительные данные обследования, абс. (%)		Всего, абс. (%)
	N0	N1	
Результат ПЭТ			
N0	79 (96,3)	3 (3,7)	82 (100)
N1	4 (2,9)	134 (97,1)	138 (100)
Итого, абс. (%)	83 (37,7)	137 (62,3)	220 (100)
Результат МРТ-модель			
N0	79 (87,8)	11 (12,2)	90 (100)
N1	4 (3,1)	126 (96,9)	130 (100)
Итого, абс. (%)	83 (37,7)	137 (62,3)	220 (100)
Результат МРТ, размер ≥1 см			
N0	82 (60,0)	55 (40,0)	137 (100)
N1	1 (1,2)	82 (98,8)	83 (100)
Итого, абс. (%)	83 (37,7)	137 (62,3)	220 (100)

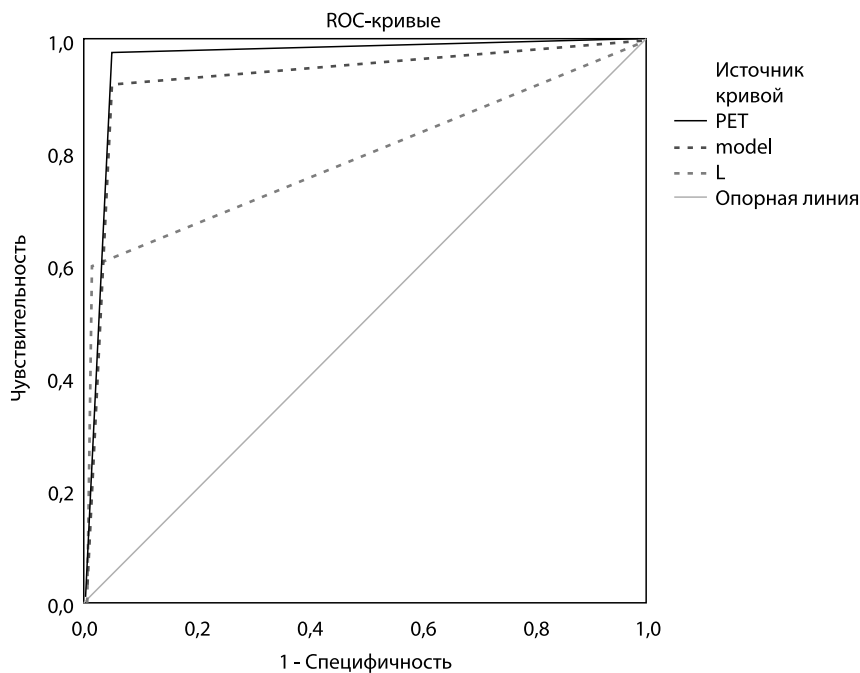


Рис. 2. ROC-кривые для методов ПЭТ/КТ, МРТ – математическая модель, МРТ – стандартный критерий
Fig. 2. ROC-curves for PET/CT, MRI -mathematical model, MRI - standard criterion

После проведения ROC-анализа площади под операционными кривыми для ПЭТ/КТ, МРТ-модели и МРТ, размер ≥ 1 см составили 0,965 (0,935–0,995), 0,936 (0,898–0,973) и 0,793 (0,735–0,851) соответственно.

Результаты сравнения AUC представлены на рис. 2 и в табл. 3.

При использовании метода ПЭТ/КТ было получено 213 (96,8%) точных тестов – истинно положительные + истинно отрицательные. Для метода МРТ-модели и для МРТ, размер ≥ 1 см число точных тестов составило 205 (93,2%) и 164 (74,6%) соответственно. Результаты сравнения ДТ ПЭТ/КТ и ДТ МРТ-математическая модель и МРТ-стандартный критерий в оценке метастатического поражения ЛУ при РШМ представлены в табл. 4.

Согласно представленным данным, ДТ МРТ-модели на 18,7% превосходила данный показатель для МРТ, размер ≥ 1 см ($p < 0,001$) и уступала ДТ ПЭТ/КТ на 3,6%, при этом разница была статистически незначима ($p = 0,124$).

В то же время количество тазовых ЛУ с размером меньше 1 см в нашем исследовании составило 137 (62,3%), из них 55 (40,2%) ЛУ были метастатическими по заключительным данным. В этой связи целесообразно проанализировать возможности ПЭТ/КТ и МРТ для данной группы ЛУ.

Таблица 3
Сравнение площадей под операционными кривыми для методов ПЭТ/КТ, МРТ – математическая модель, МРТ – стандартный критерий в оценке метастатического поражения ЛУ
Table 3
Comparison of Areas Under Curves for PET/CT, MRI – mathematical model, MRI – standard criterion in the evaluation of lymph node metastases

Метод	AUC	Стандартная ошибка	Доверительный интервал 95%	
			Нижняя граница	Верхняя граница
PET	0,965	0,015	0,935	0,995
MPT-модель	0,936	0,019	0,898	0,973
MPT, размер ≥ 1 см	0,793	0,030	0,735	0,851

Примечание: AUC МРТ-модели значимо превосходит AUC МРТ, размер ≥ 1 см ($p < 0,05$), в то же время сопоставима с AUC ПЭТ/КТ ($p > 0,05$).

Таблица 4
Сравнение точности ПЭТ/КТ, МРТ – математическая модель и МРТ – стандартный критерий в оценке метастатического поражения ЛУ при раке шейки матки
Table 4
Comparison of the accuracy of PET/CT, MRI – mathematical model and MRI – standard criterion in the evaluation of lymph node metastases in cervical cancer

Методы лучевой диагностики	Число точных тестов, абс. (%)	p^1	p^2
ПЭТ/КТ	213 (96,8%)		
MPT-модель	205 (93,2%)	0,124 (ПЭТ/КТ – MPT-модель)	–
MPT, размер ≥ 1 см	164 (74,6%)	$< 0,001$ (ПЭТ/КТ – MPT, размер ≥ 1 см)	$< 0,001$ (MPT-модель – MPT, размер ≥ 1 см)

Примечания: ¹ по сравнению с ПЭТ/КТ; ² по сравнению с МРТ-моделью.



Сведения о состоянии ЛУ размером по короткой оси меньше 1 см (субсантиметровых) по данным ПЭТ/КТ и МРТ-модели представлены в табл. 5.

Показатели диагностической информативности ПЭТ/КТ для оценки субсантиметровых ЛУ составили: ДЧ – 94,5% (84,9–98,9), ДС – 95,1% (88,0–98,7), ППЗ – 92,9% (82,7–98,0), НПЗ – 96,3% (89,6–99,2), ДТ – 94,9% (89,8–97,9).

Таблица 5
Оценка субсантиметровых лимфатических узлов по данным ПЭТ/КТ и МРТ – математическая модель
Table 5
Assessment of sub-centimeter lymph nodes according to PET/CT and MRI – mathematical model

Оценка состояния регионарных лимфатических узлов			
Данные методов лучевой диагностики	Заключительные данные обследования, абс. (%)		Всего, абс. (%)
	N0	N1	
Результат ПЭТ			
N0	78 (96,3)	3 (3,7)	81 (100)
N1	4 (7,1)	52 (92,9)	56 (100)
Итого, абс. (%)	82 (59,9)	55 (40,1)	137 (100)
Результат МРТ-модели			
N0	78 (87,6)	11 (12,4)	89 (100)
N1	4 (8,3)	44 (91,7)	48 (100)
Итого, абс. (%)	82 (59,9)	55 (40,1)	137 (100)

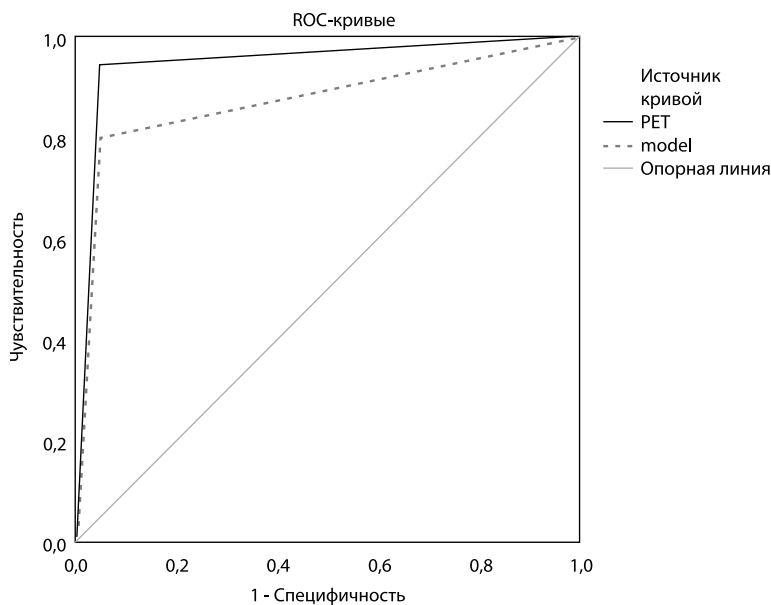


Рис. 3. ROC-кривые для методов ПЭТ/КТ и МРТ – математическая модель для субсантиметровых лимфатических узлов
Fig. 3. ROC-curves for PET/CT and MRI – mathematical model for sub-centimeter lymph nodes

ДЧ МРТ-модели для субсантиметровых ЛУ составила 80,0% (67,0–89,6), ДС – 95,1% (88,0–98,7), ППЗ – 91,7% (80,0–97,7), НПЗ – 87,6% (78,0–93,7), ДТ – 89,1% (82,6–93,7).

ДЧ ПЭТ/КТ для оценки субсантиметровых ЛУ в выявлении метастазов в ЛУ преобладала над ДЧ МРТ-модели на 14,5%, разница была статистически значимой ($p=0,042$).

После проведения ROC-анализа площади под операционными кривыми для ПЭТ/КТ и МРТ-модели составили 0,948 (0,904–0,992) и 0,876 (0,807–0,944) соответственно.

Результаты сравнения AUC представлены на рис. 3 и в табл. 6.

При использовании метода ПЭТ/КТ для субсантиметровых ЛУ было получено 130 (94,9%) точных тестов (истинно положительные + истинно отрицательные). Для метода МРТ-модели число точных тестов составило 122 (89,1%). Результаты сравнения точности ПЭТ/КТ и МРТ в оценке метастатического поражения субсантиметровых ЛУ при РШМ представлены в табл. 7.

Согласно представленным данным, точность МРТ-модели для субсантиметровых ЛУ на 5,8% уступала данному показателю для ПЭТ/КТ, но не имела статистически достоверных различий ($p=0,118$).

Попытки проанализировать возможности МРТ в оценке ЛУ небольших размеров (меньше 1 см по короткой оси) предприняты в работе Perucho J.A.U. et al. При выявлении МТЛУ они использовали совокупность критериев: размер ЛУ по короткой оси более 1 см, выявленный на Т2-ВИ, круглая форма ЛУ и наличие сигнала, аналогичного первичной опухоли. По их данным, ДЧ, ДС, ППЗ и НПЗ были очень высокими, коррелировали с результатами исследования с применением специфичного для ЛУ нового препарата ферумокстран-10 и составили 93%, 97%, 59% и 100% на основе ЛУ и 100%, 94%, 82% и 100% на основе пациента [9].

Таблица 6
Сравнение площадей под операционными кривыми для методов ПЭТ/КТ и МРТ-модели в оценке метастатического поражения субсантиметровых лимфатических узлов

Table 6
Comparison of the Areas Under Curves for PET/CT and MRI- model in the evaluation of metastatic lesions of subcentimeter lymph nodes

Метод	AUC	Стандартная ошибкаи	Доверительный интервал 95%	
			Нижняя граница	Верхняя граница
ПЭТ/КТ	0,948	0,022	0,904	0,992
МРТ-модель	0,876	0,035	0,807	0,944

Примечание: значения AUC МРТ-модели и AUC ПЭТ/КТ не имели достоверной разницы.

Таблица 7
Сравнение точности ПЭТ/КТ и МРТ математическая модель для субсантиметровых лимфатических узлов

Table 7
Comparison of accuracy of PET/CT and MRI mathematical model for sub-centimeter lymph nodes

Методы лучевой диагностики	Число точных тестов, абс. (%)	p ¹
ПЭТ/КТ	130 (94,9%)	
МРТ-модель	122 (89,1%)	0,118 (ПЭТ/КТ – МРТ-модель)

Примечание: ¹ по сравнению с ПЭТ/КТ.



В нашем исследовании ДЧ модели составила 80,0% (67,0–89,6), ДС – 95,1% (88,0–98,7), ППЗ – 91,7% (80,0–97,7), НПЗ – 87,6% (78,0–93,7), ДТ – 89,1% (82,6–93,7). Показатели информативности, имеющие несколько более низкий уровень, обусловлены, по-видимому, размером ЛУ в выборке. В нашем исследовании количество ЛУ с размером по короткой оси меньше 1 см составило 137 (62,3%), против 11 ЛУ (48%) в их исследовании. Для подтверждения статуса ЛУ зарубежные авторы использовали данные гистологического заключения и ПЭТ/КТ.

В другом исследовании, использующем в качестве критерия диаметр ЛУ по короткой оси ≥ 1 см, а также наличие некроза в ЛУ, ДЧ и НПЗ МРТ и ПЭТ/КТ для оценки ЛУ были одинаковыми и составили 75%, 97,2% и 75%, 97,3% соответственно, хотя в предыдущих исследованиях, по данным тех же авторов, ДЧ и НПЗ МРТ для оценки ЛУ находились в диапазоне от 67% до 83% и от 91% до 95% соответственно. Низкая ДЧ и высокие показатели НПЗ по сравнению с математической моделью определены критерием размер по короткой ≥ 1 см, что и определяет большое количество ложно-отрицательных ЛУ.

В то же время высокий показатель AUC математической модели – $0,876 \pm 0,35$ свидетельствует в пользу ее высокой прогностической ценности.

В пересмотренной системе стадирования FIGO 2018 года, которая позволяет использовать данные визуализации, МРТ считается лучшим методом визуализации для оценки первичной опухоли диаметром > 10 мм [12]. Соответственно, МРТ показывает лучшие результаты для оценки локально-регионарного статуса заболевания по сравнению с ПЭТ/КТ [13].

Учитывая преимущества МРТ по сравнению с ПЭТ/КТ в оценке местной распространенности РШМ по данным литературы, а также высокую прогностическую значимость математической модели для выявления метастазов в ЛУ, а также сопоставимость показателей информативности ПЭТ/КТ и математической модели, метод МРТ может быть использован как для оценки местной распространенности, так и лимфогенного метастазирования.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Точность математической модели МРТ статистически значимо превосходит точность стандартного МРТ-критерия ($p < 0,001$).

Значение AUC математической модели составляет 0,936 (0,898–0,973) и значимо превосходит AUC стандартного критерия 0,793 (0,735–0,851), в то же время сопоставимо с AUC ПЭТ/КТ 0,965 (0,935–0,995).

Для небольших ЛУ (субсантиметровых) AUC МРТ модели составила 0,876 (0,807–0,944) и также была сопоставима AUC ПЭТ/КТ 0,948 (0,904–0,992).

Математическая модель продемонстрировала высокую прогностическую ценность для выявления метастазов во всех ЛУ, в том числе для ЛУ размером менее 1 см по короткой оси.

Учитывая преимущества МРТ в оценке местной распространенности РШМ и сопоставимость результатов по оценке метастатического поражения ЛУ с данными ПЭТ/КТ, целесообразно исключить ПЭТ/КТ из рутинного обследования и применять у ограниченного контингента пациентов для уточнения сомнительных результатов.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel R.L., Torre L.A., Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2018;68(6):394–424. doi: 10.3322/caac.21492
2. Singaram N.K., Hulikal N., Vijayalakshmi Devi B., Manthri R., Chowhan A.K. Utility of Whole Body 18F-FDG PET/CT in Comparison to Pelvic MRI in Evaluation of Local Staging of Early-Stage Carcinoma Cervix. *Cureus.* 2022;14(12):e32111. doi: 10.7759/cureus.32111
3. Sala E., Rockall A.G., Freeman S.J., Mitchell D.G., Reinhold C. The added role of MR imaging in treatment stratification of patients with gynecologic malignancies: what the radiologist needs to know. *Radiology.* 2013;266(3):717–40. doi: 10.1148/radiol.12120315
4. Merz J., Bossart M., Bamberg F., Eisenblaetter M. Revised FIGO Staging for Cervical Cancer – A New Role for MRI. *Rofo.* 2020;192(10):937–44. doi: 10.1055/a-1198-5729
5. Jung W., Park K.R., Lee K.J., Kim K., Lee J., Jeong S., Kim Y.J., Kim J., Yoon H.J., Kang B.C., Koo H.S., Sung S.H., Cho M.S., Park S. Value of imaging study in predicting pelvic lymph node metastases of uterine cervical cancer. *Radiat Oncol J.* 2017;35(4):340–348. doi: 10.3857/roj.2017.00206
6. Belhocine T., Thille A., Fridman V., Albert A., Seidel L., Nickers P., Kridelka F., Rigo P. Contribution of whole-body 18FDG PET imaging in the management of cervical cancer. *Gynecol Oncol.* 2002;87(1):90–7. doi: 10.1006/gyno.2002.6769
7. Choi H.J., Ju W., Myung S.K., Kim Y. Diagnostic performance of computer tomography, magnetic resonance imaging, and positron emission tomography or positron emission tomography/computer tomography for detection of metastatic lymph nodes in patients with cervical cancer: meta-analysis. *Cancer Sci.* 2010;101(6):1471–1479. doi: 10.1111/j.1349-7006.2010.01532.x
8. Wang Jiafu, Zhang Linhan, Wu Di, Li Yong. Biomedical Research 2017; *Special Issue: S659-S662 Diagnostic value of 18F-FDG PET/CT in detecting distant lymph node metastasis of gynecological malignancies.*
9. Perucho J.A.U., Chiu K.W.H., Wong E.M.F., Tse K.Y., Chu M.M.Y., Chan L.W.C., Pang H., Khong P.L., Lee E.Y.P. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging of primary cervical cancer in the detection of sub-centimetre metastatic lymph nodes. *Cancer Imaging.* 2020;20(1):27. doi: 10.1186/s40644-020-00303-4
10. Winfield J.M., Payne G.S., Weller A., deSouza N.M. DCE-MRI, DW-MRI, and MRS in Cancer: challenges and advantages of implementing qualitative and quantitative multi-parametric imaging in the clinic. *Top Magn Reson Imaging.* 2016;25(5):245–254. doi: 10.1097/RMR.0000000000000103
11. Zhuk E. A mathematical model for predicting the probability of metastatic involvement of lymph nodes in cervical cancer according to magnetic resonance imaging findings. *Onkologicheskij zhurnal.* 2020;14,1(53):23–33. (in Russian)
12. Balcacer P., Shergill A., Litkouhi B. MRI of cervical cancer with a surgical perspective: staging, prognostic implications and pitfalls. *Abdom Radiol (NY).* 2019;44(7):2557–2571. doi: 10.1007/s00261-019-01984-7
13. Luo Q., Luo L., Tang L. A Network Meta-Analysis on the Diagnostic Value of Different Imaging Methods for Lymph Node Metastases in Patients With Cervical Cancer. *Technol Cancer Res Treat.* 2018;17:1533034617742311. doi: 10.1177/1533034617742311