



Роль магнитно-резонансной томографии в прогнозировании отдаленных результатов лечения рака шейки матки

Е. Г. Жук

Белорусская медицинская академия последипломного образования, г. Минск, Беларусь

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

Резюме

Цель исследования. Изучить ценность математической модели метастатического поражения лимфатических узлов (ЛУ) по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) при раке шейки матки (РШМ) в сравнительном аспекте с традиционным МРТ-критерием метастатического поражения ЛУ (размер по короткой оси $\geq 1,0$ см) оценки прогноза заболевания.

Материалы и методы. Для оценки прогноза РШМ анализу подверглись показатели однолетней, пятилетней раково-специфической выживаемости (РСВ) 100 пациентов в сравнительном аспекте: при выявлении метастатических лимфатических узлов (МТЛУ) по данным МРТ на основе применения математической модели диагностики МТЛУ и традиционного МРТ-критерия.

Результаты. Сравнение показателей пятилетней РСВ для групп пациентов благоприятного прогноза (N0) с использованием традиционного критерия и математической модели выявило статистически значимую разницу ($p < 0,001$).

Заключение. Разработанная математическая модель метастатического поражения ЛУ по данным МРТ-исследования позволяет прогнозировать неблагоприятное развития РШМ, а также служить руководством для индивидуальной терапии.

Ключевые слова: рак шейки матки, магнитно-резонансная томография, лимфатический узел, метастатический лимфатический узел, раково-специфическая выживаемость

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Жук Е.Г. Роль магнитно-резонансной томографии в прогнозировании отдаленных результатов лечения рака шейки матки. Проблемы здоровья и экологии. 2022;19(3):58–64. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2022-19-3-08>

Role of magnetic resonance imaging in predicting long-term outcomes of cervical cancer treatment

Elena G. Zhuk

Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Belarus

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

Abstract

Objective. To study the value of a mathematical model of lymph node (LN) metastasis according to magnetic resonance imaging (MRI) data in cervical cancer (CC) in a comparative aspect with the traditional MRI criterion of LN metastasis (the size on the short axis being ≥ 1.0 cm) for assessing the prognosis of the disease.

Materials and methods. To assess the CC prognosis, the indices of one-year, five-year cancer-specific survival (CSS) rates of 100 patients were analyzed in a comparative aspect: if metastatic lymph nodes (MLNs) are detected according to MRI data based on the use of the mathematical model for the MLN diagnosis and the traditional MRI criterion.

Results. The comparison of five-year CSS indices for groups of patients with a favorable prognosis (N0) using the traditional criterion and the mathematical model has revealed a statistically significant difference ($p < 0.001$).

Conclusion. The developed mathematical model of LN metastasis according to MRI data makes it possible to predict the unfavorable development of CC, as well as serves as a guide for individual therapy.

Keywords: cervical cancer, magnetic resonance imaging, lymph node, metastatic lymph node, cancer-specific survival

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Zhuk EG. Role of magnetic resonance imaging in predicting long-term outcomes of cervical cancer treatment. Health and Ecology Issues. 2022;19(3):58–64. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2022-19-3-08>

Введение

Рак шейки матки является четвертым по распространенности злокачественным новообразованием среди женщин во всем мире [1]. За последние 25 лет пик заболеваемости сместился к более молодому возрасту, а также возросла частота инвазивного РШМ в группе женщин до 30 лет [2]. В то же время более молодые женщины, страдающие РШМ, имеют более низкую выживаемость и худший прогноз по сравнению с возрастными женщинами [3], что добавляет важный социально-демографический аспект в проблему диагностики и лечения РШМ.

Хирургическая оценка ЛУ является «золотым стандартом» диагностики метастазов в ЛУ, тем не менее ЛАЭ сопряжена с высоким риском осложнений, поэтому точная предоперационная оценка метастазов в ЛУ крайне важна у пациентов при РШМ [4].

Поражение ЛУ является наиболее значимым независимым прогностическим фактором, оказывающим влияние на выживаемость у женщин с РШМ, перенесших радикальное хирургическое вмешательство. Так, для пациентов с РШМ IA и IIB стадией при наличии метастазов в ЛУ выживаемость снижается с 85–90 % до 50–55 % [5]. Другие авторы также отмечают, что пятилетняя общая выживаемость может значительно отличаться: от 80 % (стадия IB) до 15 % (стадия IV). В то же время более чем у 80 % пациентов обычно диагностируется местно-распространенная стадия РШМ [6]. Кроме этого адекватная оценка статуса ЛУ при РШМ имеет решающее значение для назначения и объема адъювантной терапии [7].

По данным Белорусского канцер-регистра (2008–2017 гг.), среди вновь выявленных случаев заболеваний РШМ за период с 2012 по 2017 г. отмечено увеличение частоты диагностики местно-распространенного РШМ (III–IV стадия) [8]. При этом у пациенток, не являющихся кандидатами для хирургического лечения, оценка ЛУ

проводится только на основе данных различных модальностей визуализации. Причем этой категории пациентов рекомендуется выполнение МРТ и ПЭТ при наличии ресурсов, при отсутствии — рекомендуется МРТ и КТ [9].

Включение в протоколы диагностических исследований метода функциональной визуализации, основанного на молекулярной и физиологической активности, такого как диффузионно-взвешенная МРТ (ДВИ-МРТ), позволяет повысить информативность исследования [10].

По результатам метаанализа, при сравнении диагностической информативности методов КТ, ПЭТ, ПЭТ/КТ и ДВИ-МРТ в выявлении метастатических ЛУ ПЭТ или ПЭТ/КТ имеют самую высокую специфичность, а ДВИ-МРТ имеет самую высокую чувствительность [11].

Созданная математическая модель метастатического поражения ЛУ на основе разработанных новых МРТ-критериев с учетом возможностей функциональной визуализации может служить потенциальным инструментом для прогноза выживаемости пациентов, страдающих РШМ.

Цель исследования

Изучить ценность математической модели метастатического поражения ЛУ по данным МРТ при РШМ в сравнительном аспекте с традиционным МРТ-критерием метастатического поражения ЛУ (размер по короткой оси $\geq 1,0$ см) для прогноза заболевания [12].

Материалы и методы

В ретроспективное исследование включены данные о 100 пациентах с гистологически подтвержденным диагнозом РШМ, пролеченных консервативно, которым для определения распространенности была выполнена МРТ.

Общая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

Таблица 1. Общая характеристика пациентов
Table 1. General characteristics of the patients

Рак шейки матки	
Показатель	Значение
Число пациентов	100
Возраст (годы): медиана разброс значений	50 лет 24–86
Гистологическая структура опухоли:	N (%)
плоскоклеточный рак	93 (93 %)
аденокарцинома	4 (4,0 %)
светлоклеточный рак	2 (2,0 %)
недифференцированный	1 (1,0 %)

Окончание таблицы 1
End of Table 1

Рак шейки матки	
Показатель	Значение
Число пациентов	100
Распространение опухоли:	n
T1bN0M0	7 (7 %)
T2aN0M0	1 (1 %)
T2bN0M0	37 (37 %)
T2bN1M0	13 (13 %)
T2bN1M1	3 (3 %)
T3aN1M0	1 (1 %)
T3bN0M0	10 (10 %)
T3bN1M0	22 (22 %)
T3bN1M1	4 (4 %)
T4N1M0	2 (2 %)

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.

Предметом клинического исследования явились показатели однолетней и пятилетней РСВ при оценке МТЛУ по данным МРТ. Выживаемость рассчитана по методу Каплана — Мейера. Сравнение выживаемости в 2 группах выполнено по критерию Logrank. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Вероятность МТЛУ оценивали при традиционном подходе согласно критерию: размер по короткой оси больше или равен 1,0 см. При другом подходе вероятность МТЛУ определяли по разработанной формуле математической модели, включающей разработанные новые и усовершенствованные известные МР-признаки метастатического поражения ЛУ [13]:

$$P = |l| + e^{-z},$$

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 — значение коэффициента интенсивности сигнала — отношение значения интенсивности сигнала ЛУ к значению интенсивности сигнала опухоли (ИСлу/ИС опухоли) ($0 > 1,265$, $1 \leq 1,265$);

X_5 — индекс конфигурации — соотношение размера ЛУ по длинной оси к размеру по короткой оси ($0 > 1,55$, $1 \leq 1,55$).

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 $p < 0,05$. Анализ результатов исследования выполнен с использованием программного пакета SPSS 22.0.

Результаты и обсуждение

При оценке РСВ медиана наблюдения за пациентами составила 53 месяца, за все время исследования от основного заболевания умерли 39 человек (рисунок 1).

Прогноз проводили на основе данных о метастатическом поражении ЛУ, полученных при МРТ-исследовании. Количество визуализируемых ЛУ составило 232.

По данным, основанным на применении традиционного критерия, признаки МТЛУ при-

существовали в 75 (32,2 %) ЛУ, а в 157 (67,8 %) ЛУ отсутствовали. При этом однолетняя РСВ в группе пациентов благоприятного прогноза (N0) составила $88,5 \pm 2,5$; пятилетняя — $67,4 \pm 3,8$. В группе пациентов неблагоприятного прогноза (N1) данные показатели были следующими: однолетняя РСВ — $81,3 \pm 4,5$, пятилетняя РСВ — $34,2 \pm 5,6$.

В группе пациентов неблагоприятного прогноза (N1) по данным традиционного критерия выявлена статистически значимая разница, по сравнению с группой благоприятного прогноза в показателях однолетней и пятилетней РСВ ($p < 0,001$) (рисунок 2).

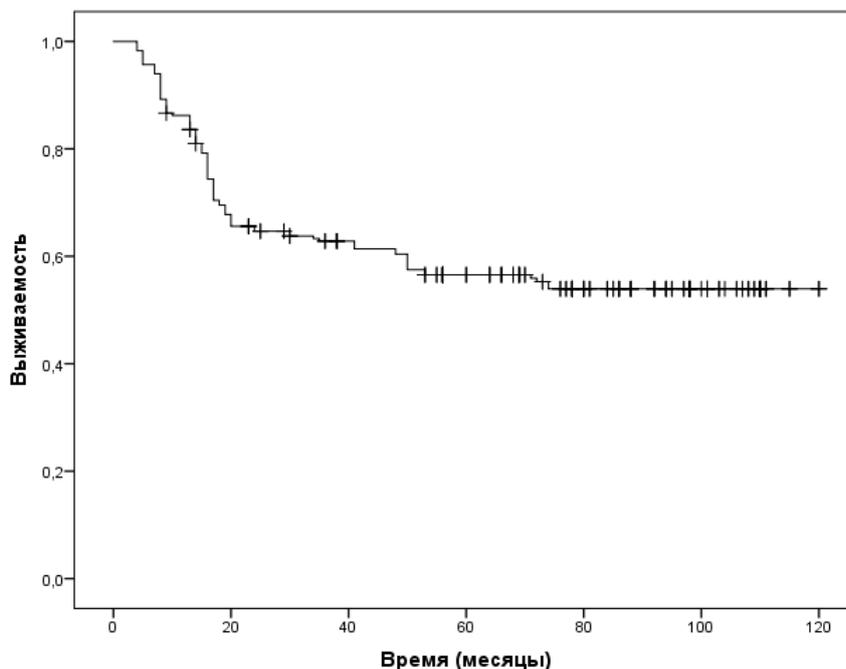


Рисунок 1. РСВ в общей группе пациентов за весь период наблюдения (120 месяцев)
Figure 1. CSS rate in the general group of patients over the entire observation period (120 months)

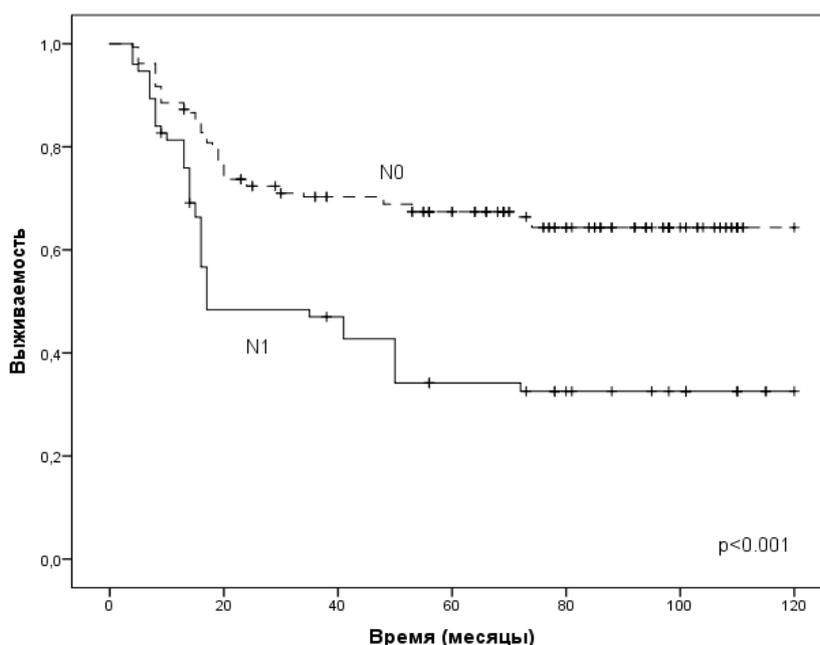


Рисунок 2. РСВ в зависимости от прогностической группы по данным традиционного критерия (размер по короткой оси $\geq 1,0$ см)
Figure 2. CSS rates depending on the prognostic group according to the traditional criterion (the size on the short axis being ≥ 1 cm)

В то же время, как было описано ранее, прогностическими факторами метастатического поражения тазовых ЛУ являются: размер ЛУ по короткой оси, индекс конфигурации, отсутствие сигнала от жировой ткани ворот ЛУ при использовании последовательности с подавлением сигнала от жировой ткани, наличие шиповатости контура ЛУ, наличие перинодулярного отека, наличие субкапсулярного отека, наличие центрального отека ЛУ, наличие неоднородности МР-сигнала ЛУ, значение коэффициента интенсивности сигнала и значение ИКД ЛУ ($p < 0,05$). А независимыми предикторами метастатического поражения ЛУ ($p < 0,05$) являются: размер ЛУ по короткой оси, наличие неоднородности МР-сигнала ЛУ, отсутствие сигнала от жировой ткани ворот ЛУ, коэффициент интенсивности МР-сигнала и индекс конфигурации ЛУ ($p < 0,05$) [14].

По данным, рассчитанным на основе математической модели, признаки МТЛУ присутствовали в 135 (58,2 %) ЛУ, а в 97 (41,8 %) ЛУ отсутствовали (рисунок 3). При этом однолетняя РСВ в группе пациентов благоприятного прогноза (N0), рассчитанного по данным математической модели, составила $93,8 \pm 2,4$, пятилетняя РСВ — $84,2 \pm 3,7$. В группе пациентов неблагоприятного прогноза (N1) данные показатели были следующими: однолетняя РСВ — $80,7 \pm 3,4$, пятилетняя РСВ — $37,0 \pm 4,2$. В группе пациентов неблагоприятного прогноза (N1) по данным математической модели выявлена статистически значимая разница, по сравнению с группой благоприятного прогноза ($p < 0,001$).

Медиана РСВ в группе пациентов благоприятного прогноза (N0) достигнута не была. Для группы пациентов неблагоприятного прогноза (N1) медиана составила $20 \pm 6,15$ мес.

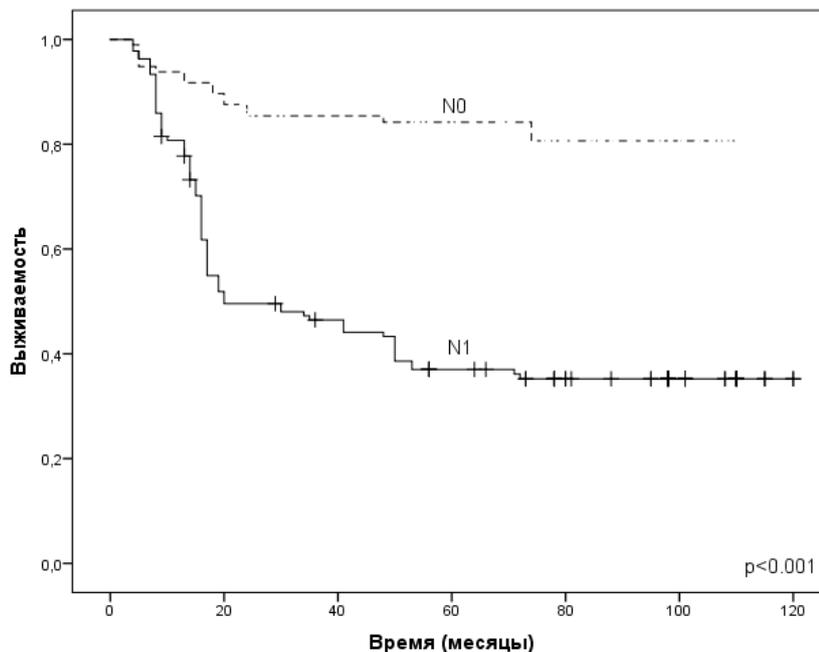


Рисунок 3. РСВ, в зависимости от прогностической группы по данным математической модели
Figure 3. CSS rates depending on the prognostic group according to the mathematical model

В то же время при сравнении показателей пятилетней РСВ для групп пациентов благоприятного прогноза традиционного подхода и математической модели соотношение показателей было следующим: $67,4 \pm 3,8$ и $84,2 \pm 3,7$ соответственно ($p < 0,001$), что позволяет сделать вывод о большом количестве ложно отрицательных МТЛУ при использовании традиционного критерия, что согласуется с литературными данными [15].

Однако при сравнении показателей пятилетней РСВ для групп пациентов неблагоприятного

прогноза двух вышеописанных подходов выявлены сопоставимые результаты и разница составляет всего 2,8 %. Это позволяет сделать вывод о ценности математической модели для выявления метастатических ЛУ размером по короткой оси менее 1,0 см.

Заключение

Применение математической модели для оценки метастатического поражения ЛУ по данным МРТ-исследования при РШМ позволяет точнее оценивать прогноз неблагоприятного раз-

вития РШМ по сравнению с традиционным подходом (размер ЛУ по короткой оси $\geq 1,0$ см), при этом разница показателей статистически достоверна ($p < 0,001$).

Результаты этого исследования могут послужить основой для оценки прогноза и стать руководством для разработки индивидуальной терапии.

Список литературы

1. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2018 Nov;68(6):394-424. DOI: <https://doi.org/10.3322/caac.21492>
2. Аксель ЕМ, Виноградова НН. Статистика злокачественных новообразований женских репродуктивных органов. *Онкогинекология*. 2018;(3):64-78.
3. Lau H-Y, Juang C-M, Chen Y-J, Twu N-F, Yen M-S, Chao K-C. Aggressive characteristics of cervical cancer in young women in Taiwan. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*. 2009;107(3):220-223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgo.2009.07.029>
4. Алгоритмы диагностики и лечения злокачественных новообразований [Электронный ресурс]: клинический протокол, утвержден постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 06.07.2018 № 60. [дата обращения 2022 июнь 23]. Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21833500p&p1=1>
5. Kaur H, Silverman PM, Iyer RB, Verschraegen CF, Eifel PJ, Charnsangavej C. Diagnosis, staging, and surveillance of cervical carcinoma. *AJR Am J Roentgenol*. 2003 Jun;180(6):1621-1631. DOI: <https://doi.org/10.2214/ajr.180.6.1801621>
6. Aslan K, Meydanli MM, Oz M, Tohma YA, Haberal A, Ayhan A. The prognostic value of lymph node ratio in stage IIIc cervical cancer patients triaged to primary treatment by radical hysterectomy with systematic pelvic and para-aortic lymphadenectomy. *J Gynecol Oncol*. 2020 Jan;31(1):e1. DOI: <https://doi.org/10.3802/jgo.2020.31.e1>
7. Joo JH, Kim YS, Nam JH. Prognostic significance of lymph node ratio in node-positive cervical cancer patients. *Medicine (Baltimore)*. 2018 Jul;97(30):e11711. DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000011711>
8. Океанов АЕ, Моисеев ПИ, Левин ЛФ, Евмененко АА. Статистика онкологических заболеваний в Республике Бела-
9. Суконко ОГ, ред. Руководство по онкологии. В 2 т. Минск: Беларуская энцыклапедыя; 2016. 679 с. Т. 1.
10. Paño B, Sebastià C, Ripoll E, Paredes P, Salvador R, Buñesch L, Nicolau C. Pathways of lymphatic spread in gynecologic malignancies. *Radiographics*. 2015 May-Jun;35(3):916-945. DOI: <https://doi.org/10.1148/rg.2015140086>
11. Liu B, Gao S, Li S. A Comprehensive Comparison of CT, MRI, Positron Emission Tomography or Positron Emission Tomography/CT, and Diffusion Weighted Imaging-MRI for Detecting the Lymph Nodes Metastases in Patients with Cervical Cancer: A Meta-Analysis Based on 67 Studies. *Gynecol Obstet Invest*. 2017;82(3):209-222. DOI: <https://doi.org/10.1159/000456006>
12. Elsholtz FHJ, Asbach P, Haas M, Becker M, Beets-Tan RGH, Thoeny HC, Padhani AR, Hamm B. Introducing the Node Reporting and Data System 1.0 (Node-RADS): a concept for standardized assessment of lymph nodes in cancer. *Eur Radiol*. 2021 Aug;31(8):6116-6124. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07572-4>
13. Жук ЕГ. Математическая модель прогнозирования вероятности метастатического поражения лимфатических узлов при раке шейки матки по данным магнитно-резонансного исследования. *Онкологический журнал*. 2020;14,1(53):23-33.
14. Жук ЕГ. Результаты валидации прогностической модели вероятности метастатического поражения лимфатических узлов при раке шейки матки. *Медицинские новости*. 2020;(12):19-22.
15. Narayan K, Hicks RJ, Jobling T, Bernshaw D, McKenzie AF. A comparison of MRI and PET scanning in surgically staged loco-regionally advanced cervical cancer: potential impact on treatment. *Int J Gynecol Cancer*. 2001 Jul-Aug;11(4):263-271. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1525-1438.2001.011004263.x>

References

1. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2018 Nov;68(6):394-424. DOI: <https://doi.org/10.3322/caac.21492>
2. Aksel' EM, Vinogradova NN. Statistics of malignant neoplasms of female reproductive organs. *Onkoginekologiya*. 2018;3:64-78. (in Russ.).
3. Lau H-Y, Juang C-M, Chen Y-J, Twu N-F, Yen M-S, Chao K-C. Aggressive characteristics of cervical cancer in young women in Taiwan. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*. 2009;107(3):220-223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgo.2009.07.029>
4. Algorithms for the diagnosis and treatment of malignant neoplasms [Electronic resource]: a clinical protocol: [date of access 2022 May 23]. Available from: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21833500p&p1=1> (in Russ.).
5. Kaur H, Silverman PM, Iyer RB, Verschraegen CF, Eifel PJ, Charnsangavej C. Diagnosis, staging, and surveillance of cervical carcinoma. *AJR Am J Roentgenol*. 2003 Jun;180(6):1621-1631. DOI: <https://doi.org/10.2214/ajr.180.6.1801621>
6. Aslan K, Meydanli MM, Oz M, Tohma YA, Haberal A, Ayhan A. The prognostic value of lymph node ratio in stage IIIc cervical cancer patients triaged to primary treatment by radical hysterectomy with systematic pelvic and para-aortic lymphadenectomy. *J Gynecol Oncol*. 2020 Jan;31(1):e1. DOI: <https://doi.org/10.3802/jgo.2020.31.e1>
7. Joo JH, Kim YS, Nam JH. Prognostic significance of lymph node ratio in node-positive cervical cancer patients. *Medicine (Baltimore)*. 2018 Jul;97(30):e11711. DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000011711>
8. Okeanov AE, Moiseev PI, Levin LF, Evmenenko AA. Statistics of oncological diseases in the Republic of Belarus (2008-2017) pod red. O.G.Sukonko Minsk: RNP COMR im NN Aleksandrova; 2018. 286 p. (in Russ.).
9. Sukonko OG, edit. Guide to oncology. In 2 vol. Minsk: Belarus. Enciklopediya P. Bpovki; 2016. 632 p. Vol. 1. (in Russ.).
10. Paño B, Sebastià C, Ripoll E, Paredes P, Salvador R, Buñesch L, Nicolau C. Pathways of lymphatic spread in gynecologic malignancies. *Radiographics*. 2015 May-Jun;35(3):916-945. DOI: <https://doi.org/10.1148/rg.2015140086>
11. Liu B, Gao S, Li S. A Comprehensive Comparison of CT, MRI, Positron Emission Tomography or Positron Emission Tomography/CT, and Diffusion Weighted Imaging-MRI for Detecting the Lymph Nodes Metastases in Patients with Cervical Cancer: A Meta-Analysis Based on 67 Studies. *Gynecol Obstet Invest*. 2017;82(3):209-222. DOI: <https://doi.org/10.1159/000456006>

12. Elsholtz FHJ, Asbach P, Haas M, Becker M, Beets-Tan RGH, Thoeny HC, Padhani AR, Hamm B. Introducing the Node Reporting and Data System 1.0 (Node-RADS): a concept for standardized assessment of lymph nodes in cancer. *Eur Radiol*. 2021 Aug;31(8):6116 – 24.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07572-4>

13. Zhuk EG. 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 Russ.).

14. Zhuk EG. The results of validation of the prognostic model of metastatic lymph node involvement risk in patients with cervical cancer. *Medicinskie novosti*. 2020;(12):19-22. (in Russ.).

15. Narayan K, Hicks RJ, Jobling T, Bernshaw D, McKenzie AF. A comparison of MRI and PET scanning in surgically staged loco-regionally advanced cervical cancer: potential impact on treatment. *Int J Gynecol Cancer*. 2001 Jul-Aug;11(4):263-271.

DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1525-1438.2001.011004263.x>

Информация об авторе / Information about the author

Жук Елена Георгиевна, к.м.н., доцент, доцент кафедры лучевой диагностики, ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Минск, Беларусь; врач МРТ рентгеновского отделения, ГУ «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7576-9928>

e-mail: elenazhuk.03@gmail.com

Elena G. Zhuk, PhD (Med), Associate Professor, Associate Professor at the Diagnostic Radiology Department, Belarussian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Belarus; MRI physician at the X-Ray Department, N.N. Alexandrov National Cancer Centre, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7576-9928>

e-mail: elenazhuk.03@gmail.com

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Жук Елена Георгиевна

e-mail: elenazhuk.03@gmail.com

Elena G. Zhuk

e-mail: elenazhuk.03@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 19.05.2022

Поступила после рецензирования / Accepted 12.07.2022

Принята к публикации / Revised 16.08.2022