

ВЛИЯНИЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ БЕЗРЕЦИДИВНОЙ ВЫЖИВАЕМОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ЛИМФОМАМИ, ИМЕЮЩИМИ ПОСЛЕ ЛЕЧЕНИЯ 3 БАЛЛА ПО ПЭТ-ШКАЛЕ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

С. А. Алексеев[✉], В. Н. Троян[✉], О. А. Рукавицын[✉]

Главный военный клинический госпиталь имени академика Н. Н. Бурденко, Москва, Россия

ВВЕДЕНИЕ: Согласно международным и отечественным клиническим рекомендациям для оценки ответа на лечение у пациентов с лимфомами по данным ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ используется 5-балльная ПЭТ-шкала, основанная на изменении уровня поглощения РФЛП в опухолевых массах. Особый интерес при использовании данной шкалы представляют собой 3 балла из-за трудностей в интерпретации полученных данных у пациентов при оценке прогноза болезни.

ЦЕЛЬ: Вычисление и сравнение таких метаболических величин, как уровень поглощения ^{18}F -ФДГ и опухолевый объем, у пациентов с разными периодами БРВ, имеющими после лечения 3 балла по ПЭТ-шкале.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: В исследование вошли 97 больных с результатом 3 балла по ПЭТ-шкале после проведенного лечения. У всех пациентов вычислены опухолевый объем и уровень поглощения РФЛП с целью их сравнения. Для сравнительной оценки использовался тест Краскала–Уоллиса. Различия признавались статистически значимыми на уровне $p < 0,05$. *Статистика:* Определение MTV проводилось с использованием специализированного программного обеспечения, установленного на рабочей станции AW 4.7 (GE). Алгоритм представляет собой итерационный механизм классификации опухоли/фон в пределах выделенного участка, с применением к значениям SUV_{макс} тканевого взвешивающего коэффициента (w), установленного по умолчанию на уровне 0,5. Для проведения многофакторного анализа и построения диагностических моделей использовалась логистическая регрессия. Анализировалась значимость коэффициентов регрессии, для значимых регрессоров оценивалось отношение шансов (OR) и 95% доверительный интервал для него. Для сравнения качества прогноза и выбора лучших моделей проводился ROC-анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Проведены вычисление и сравнение средних показателей данных величин. У пациентов, прошедших БРВ более двух лет ($n=69$), минимальное усредненное значение поглощения РФЛП было зафиксировано при сравнении показателей до и во время лечения, разница составила 6,5; максимальное усредненное значение поглощения РФЛП наблюдалось при сравнении показателей после и во время лечения, разница составила 10,8, что эквивалентно 77,1% и 42,3% соответственно. Показатели поглощения РФЛП и объема опухоли статистически достоверно различаются в зависимости от следующих пар переменных: % $\Delta\text{SUV}_{\text{перв/пром}}$ и % $\Delta\text{SUV}_{\text{перв/отв}}$ ($p=0,016$); % $\text{SUV}_{\text{перв/пром}}$ и % $\Delta\text{SUV}_{\text{пром/отв}}$ ($p=0,045$); % $\Delta\text{MTV}_{\text{перв/пром}}$ и % $\Delta\text{MTV}_{\text{перв/отв}}$ ($p=0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ: Главным отличием и одновременно преимуществом нашего исследования по сравнению с представленными ниже является более широкий спектр включенных типов лимфом. В исследовании S. Semaгу и соавт. (2024) изучалась только лимфома Ходжкина, в исследовании X. Li и соавт. (2020), David Z. Ng и соавт. (2022) — только диффузная В-клеточная лимфома, а в исследовании H. Y. Yhim и соавт. (2018) — периферическая Т-клеточная лимфома. В то же время наше исследование включает не только данные типы, но и фолликулярную лимфому и лимфому мантийной зоны, что стирает границы для расширения сферы применения результатов. Кроме того, перечисленные исследования основаны или на оценке прогностической ценности самой шкалы, то есть на оценке только результата — 3 балла, или на использовании результата — 3 балла и уровня накопления РФЛП. Наше исследование отличается за счет использования и оценки не только уровня накопления РФЛП, но также опухолевого объема. По мнению X. Li и соавт. (2020), объем опухоли и другие количественные величины будут не только более легко воспроизводимыми и сравнимыми в сопоставлении с 5-балльной ПЭТ-шкалой, но и более эффективными. Кроме того, по его мнению, они могут оказаться более точными. Отметим, что в проведенном исследовании не оценивали трехлетнюю БРВ или ОВ у пациентов с 3 и 4 баллами, а обратили внимание на более короткий период — двухлетнюю БРВ, и только у пациентов с 3 баллами по ПЭТ-шкале, что, по нашему мнению, также не менее актуально.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Выявлено, что у пациентов с периодом ВБП более 24 мес присутствуют статистически значимые различия по обоим параметрам, что может использоваться как дополнительный фактор при прогнозировании болезни.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: позитронно-эмиссионная томография, компьютерная томография, фтордезоксиглюкоза, ПЭТ-шкала, опухолевый объем, выживаемость без прогрессирования

* Для корреспонденции: Алексеев Сергей Анатольевич, e-mail: alxvsrge@gmail.com

Для цитирования: Алексеев С.А., Троян В.Н., Рукавицын О.А. Влияние метаболических величин на длительность безрецидивной выживаемости у пациентов с лимфомами, имеющими после лечения 3 балла по ПЭТ-шкале: ретроспективное исследование // *Лучевая диагностика и терапия*. 2025. Т. 16, № 2. С. 84–94, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2025-16-2-84-94>.

THE EFFECT OF METABOLIC VARIABLES ON THE DURATION OF DISEASE-FREE SURVIVAL IN PATIENTS WITH LYMPHOMAS WHO HAVE 3 POINTS ON THE PET SCALE AFTER TREATMENT: A RETROSPECTIVE STUDY

Sergei A. Alekseev^{*}, Vladimir N. Troyan[®], Oleg A. Rukavitsyn[®]

The Main Military Clinical Hospital named after Academician N. N. Burdenko, Moscow, Russia

INTRODUCTION: According to international and domestic clinical guidelines for assessing the response to treatment in patients with lymphomas according to PET/CT with FDG uses a 5-point PET scale based on changes in the level of uptake of RFLP in tumor masses. Of particular interest when using this scale are 3 points due to the difficulties in interpreting the data obtained in patients when assessing the prognosis of the disease.

OBJECTIVE: To calculate and compare such metabolic quantities as the level of FDH absorption and tumor volume in patients with different periods of ED who had 3 points on the PET scale after treatment.

Statistics: The MTV was determined using specialized software installed on the AW 4.7 (GE) workstation. The algorithm is an iterative mechanism for classifying the tumor/background within a selected area, applying a tissue weighting coefficient (w) to the SUV MAX values, set by default at 0.5 damage. Logistic regression was used to perform multifactorial analysis and build diagnostic models. The significance of regression coefficients was analyzed, and the odds ratio (OR) and the 95% confidence interval for it were estimated for significant regressors. A ROC analysis was performed to compare the quality of the forecast and select the best models.

MATERIALS AND METHODS: The study included 97 patients with a score of 3 on the PET scale after treatment. In all patients, the tumor volume and the level of RF absorption were calculated in order to compare them. The Kruskal–Wallis test was used for comparative evaluation. The differences were considered statistically significant at the level of $p < 0.05$.

RESULTS: As a result, the calculation and comparison of the averages of these values were carried out. In patients who underwent PFS for more than two years ($n=69$), the minimum average value of RF absorption was recorded when comparing the indicators before and during treatment, the difference was 6.5; the maximum average value of RF absorption was observed when comparing the indicators after and during treatment, the difference was 10.8, which is equivalent to 77.1% and 42.3% accordingly. The indicators of RF absorption and tumor volume differ statistically significantly depending on the following pairs of variables: %SUVperv/prom and %SUVperv/otv ($p=0.016$); %SUVperv/prom and %SUVprom/otv ($p=0.045$); %MTVperv/prom and % Δ MTVperv/rel ($p=0.05$).

DISCUSSION: The main differences and at the same time advantages of our study from those presented above are a wider range of included types of lymphomas, in the study of S. Semary et al. (2024) this is only Hodgkin's lymphoma, in the study of X. Li et al. (2020), David Z. Ng et al. (2022) this is only diffuse B-cell lymphoma, and in the study of H. Y. Yhim et al. (2018) this is peripheral T-cell lymphoma, at the same time, our study includes not only these types, but also follicular lymphoma and mantle zone lymphoma, which blurs the boundaries for expanding the scope of the results. In addition, these studies are based either on an assessment of the prognostic value of the scale itself, that is, on an assessment of only the result — 3 points, or on the use of the result — 3 points and the level of accumulation of RFLP, which distinguishes our study by using and evaluating not only the level of accumulation of RFLP, but also the tumor volume, which, according to X. Li et al. (2020), along with other quantitative values, will not only be more easily reproducible and comparable compared to the 5-point PET scale, but also more effective. In addition, in his opinion, they may turn out to be more accurate. I would also like to note that in our study we did not evaluate the three-year PFS or OS in patients with 3 and 4 points, but drew attention to a shorter period — two-year PFS and only in patients with 3 points on the PET scale, which, in our opinion, is also no less relevant.

CONCLUSION: As a result, it was found that patients with a period of PFS of more than 24 months have statistically significant differences in both parameters, which can be used as an additional factor in predicting the disease.

KEYWORDS: positron emission tomography, computed tomography, fluorodeoxyglucose, PET scale, tumor volume, progression-free survival

* For correspondence: Sergei A. Alekseev, e-mail: alxvsrge@gmail.com

For citation: Alekseev S.A., Troyan V.N., Rukavitsyn O.A. The effect of metabolic variables on the duration of disease-free survival in patients with lymphomas who have 3 points on the PET scale after treatment: a retrospective study // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2025. Vol. 16, No. 2. P. 84–94, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2025-16-2-84-94>.

Введение. Лимфопролиферативные опухоли составляют около 5–6% всех злокачественных новообразований крови. В их структуре преобладают неходжкинские лимфомы (НХЛ) — более двух третей всех случаев, другую часть составляют лимфомы Ходжкина (ЛХ) [1–3].

Лимфомы представляют собой биологически неоднородную группу злокачественных заболеваний лимфоидной ткани с различными клиническими проявлениями и прогнозом болезни [3].

Важным фактором, определяющим тактику лечения и прогноз, является стадирование заболевания, которое осуществляется с помощью лучевой диагностики [4, 5].

В дополнение к этому методики лучевой диагностики играют ключевую роль в планировании лучевой терапии и в динамическом наблюдении за эффективностью лечения этих пациентов [6, 7].

В настоящее время методом выбора для больных с лимфомами является позитронно-эмиссионная томография, объединенная с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), при которой используется [¹⁸F]-фтор-2-дезоксиглюкоза (ФДГ), результаты оцениваются по 5-балльной шкале [4, 8].

Как и все широко применяемые в лучевой диагностике методы, ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ обладает рядом

Несмотря на опубликованные данные, объективная интерпретация результатов у таких больных затруднена и является своеобразным толчком к поиску потенциального решения данного вопроса касательно объективной оценки прогноза болезни, особенно при использовании наиболее часто применяемых метаболических величин, таких как уровень поглощения РФЛП и опухолевый объем [12, 15].

Цель. Оценка изменения данных метаболических величин у пациентов с лимфомами с разными периодами выживаемости без прогрессирования, имеющими после лечения 3 балла по ПЭТ-шкале.

Материалы и методы. Одобрения этического комитета не требовалось. Информированное согласие получено от каждого пациента.

В ходе ретроспективного анализа изучены данные 97 пациентов с подтвержденным диагнозом лимфопролиферативного заболевания, возраст которых варьировался от 23 до 76 лет. Все пациенты проходили лечение в гематологическом центре ФГБУ «ГВКГ им. Н. Н. Бурденко» в течение пятилетнего периода, с 2014 по 2019 г.

Распределение пациентов по полу и возрасту: 59 мужчин и 38 женщин, от 18 до 40 лет — 27 человек, от 41 до 60 лет — 49 человек, от 61 до 76 лет — 21 человек (табл. 1).

Таблица 1

Разделение пациентов по полу и возрасту

Table 1

Division of patients by gender and age

Возрастные группы	Пол, абс. ч. (%)	
	мужской (n=59)	женский (n=38)
18–40 лет	15 (25,4)	12 (31,5)
41–60 лет	25 (42,3)	19 (50)
61–76 лет	19 (32,3)	7 (18,5)

неоспоримых положительных и отрицательных сторон. Одной из таких сторон является сложность интерпретации полученных данных у пациентов с 3 баллами по ПЭТ-шкале после лечения при оценке прогноза болезни [9].

Авторы отмечают пользу от применения метаболических величин, которые можно измерить с помощью ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ — это уровень поглощения РФЛП, метаболический объем опухоли и общий объем гликоза в опухоли [10–12].

Первичное исследование ПЭТ/КТ необходимо, когда данные величины используются в качестве воспроизводимых, потенциально более точных предикторов ответа на лечение и прогноза болезни. Так, например, в своей работе A. S. Cottreau и соавт. доказали, что использование опухолевого объема относительно определенного процента максимального значения уровня поглощения РФЛП в 41% в качестве порогового значения для определения границы опухоли, статистически значимо влияет на исход болезни [13, 14].

По типам и стадиям лимфом пациенты разделены следующим образом: 2 стадия болезни — 8 человек; 3 стадия — 49 пациентов; 4 стадия — 40 больных; диффузная В-клеточная лимфома (ДВКЛ) — 41 человек, лимфома мантийной зоны (ЛМТ) — 24 больных; лимфома Ходжкина (ЛХ) — 2 пациента; Т-клеточная лимфома (ТКЛ) — 13 пациентов; фолликулярная лимфома (ФЛ) — 17 больных (табл. 2).

Всем пациентам была назначена терапия первой линии. В ее состав вошли следующие схемы: R=CHOP — для 41 пациента с ДВКЛ, 10 пациентов с ФЛ, BEACOPP esc. — для двух пациентов с ЛХ, R=CHOP (RB) — для 7 пациентов с ФЛ, R=CHOEP — для 3 пациентов с ТКЛ, DA=R=EPOCH — для 10 пациентов с ТКЛ и 24 пациентов с ЛМЗ. Ритуксимаб в качестве поддерживающей терапии применялся у 17 пациентов с ФЛ и у 15 пациентов с ЛМЗ.

Двенадцати пациентам, страдающим ТКЛ, введен лейкостим. В группе пациентов с ЛМЗ мутация гена

Таблица 2

Типы и стадии лимфомы

Table 2

Types and stages of lymphoma

Тип лимфомы	Стадия, абс. ч. (%)		
	2 стадия	3 стадия	4 стадия
ДВКЛ (n=41)	3 (7,3)	16 (39)	22 (53,7)
ЛМЗ (n=24)	2 (8,3)	15 (62,5)	7 (29,2)
ЛХ (n=2)	—	—	2 (100)
ТКЛ (n=13)	1 (7,6)	9 (69,2)	3 (23,2)
ФЛ (n=17)	2 (11,7)	9 (52,9)	6 (29,1)

TP53 была обнаружена у 7 человек, у 4 из них была выполнена аутоТГСК (табл. 3).

Пациентам была проведена ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ до лечения, после 2, 3 или 4 курсов терапии и по окончании лечения с целью оценки ответа на лечение. Окончательным результатом ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ у всех пациентов были 3 балла по ПЭТ-шкале. Больным введена ¹⁸F-ФДГ в дозе от 195 до 378 мБк.

Статистика. Определение MTV проводилось с использованием специализированного программного обеспечения, установленного на рабочей станции AW 4.7 (GE). Для вычисления MTV использовался инструмент «Авто-контур». С помощью алгоритма «Расчетная пороговая величина» (Estimated threshold) при использовании инструмента «Авто-контур» (VOI авто-контур) сегментация MTV про-

Таблица 3

Проведенная терапия первой линии

Table 3

The performed therapy of the 1st line

Терапия	Количество пациентов (n=97), абс. ч. (%)
R=CHOP (ДВКЛ + ФЛ)	51 (52,5)
BEACOPP esc. (ЛХ)	2 (2,2)
R=CHOP (RB) (ФЛ)	7 (7,2)
R=CHOEP (ТКЛ)	3 (3,1)
DA=R=EPOCH (ТКЛ+ЛМЗ)	34 (35)
Поддержка ритуксимабом (ФЛ+ЛМЗ)	32 (32,9)
АутоТГСК (ЛМЗ)	4 (4,1)
Введение лейкостима (ТКЛ)	12 (11,3)

Длительность периода между инъекцией РФЛП и началом процедуры ПЭТ-сканирования составила от 55 до 75 мин. В качестве показателя, на который было нормализовано значение SUV_{макс}, выбрана безжировая масса тела.

Для оконтуривания метаболического объема опухоли использовалась радиологическая рабочая станция фирмы «General Electric» с установленным программным обеспечением PETV_{scg}, пороговым значением отсечки фона выбрана неизменная паренхима печени и пул крови в аорте. Определение MTV при ПЭТ/КТ выполнялось на совмещенных томограммах автоматическим способом. У каждого пациента проводилось оконтуривание всех выявленных патологических очагов. Контроль точности сегментации MTV осуществлялся визуальным способом врачом-радиологом со стажем работы 11 лет. При формировании контура опухолевой ткани на ПЭТ/КТ-томограммах особое внимание уделялось исключению из целевого объема опухоли областей с физиологическим гиперметаболизмом ¹⁸F-ФДГ.

изводилась программным комплексом автоматически. Алгоритм представляет собой итерационный механизм классификации опухоль/фон в пределах выделенного участка, с применением к значениям SUV_{макс} тканевого взвешивающего коэффициента (w), установленного по умолчанию на уровне 0,5. При использовании алгоритма «Фиксированная пороговая величина» (Fix threshold) границы опухоли формировались на основе абсолютных значений SUV_{max}. Сегментация MTV относительно интактной ткани печени проводилась при абсолютных пороговых значениях, рассчитанных согласно рекомендациям PERCIST (VOI PERCIST): 1,5×SUV_{сред} в печени + 2 стандартных отклонения. Измерения SUV_{max} в печени выполнялись программным комплексом автоматически в пределах VOI сферической формы с фиксированным диаметром 10–15 мм.

Диагностически значимыми уровнями захвата РФП в очагах считали SUV_{макс}, нормализованные на безжировую (мышечную) массу тела.

Результаты. Первым шагом у всех пациентов в выборке был измерен период выживаемости без прогрессирования с целью определения общей длительности и среднего значения (табл. 4). Обоснованием для объединения, общей оценки и вычисления интересующих величин являются небольшое количество пациентов по каждому из представленных типов лимфом, а также то, что все лимфомы из выборки являются ПЭТ-позитивными.

мальное значение стандартного показателя поглощения (SUV_{max}), выраженное в единицах стандартного значения поглощения, и объем метаболически активной опухоли (MTV), измеренный в кубических сантиметрах (cm^3).

В ходе первоначального обследования показатель максимального уровня поглощения обозначается как SUV_{max} Первичный (Перв.), во время терапии — как SUV_{max} Промежуточный (Пром.), а при

Таблица 4
Длительность периода выживаемости без прогрессирования (ВБП) отдельно по каждому типу лимфомы в общей выборке (n=97)

Table 4
Duration of period of PFS separately for each type of lymphoma in the general sample (n=97)

Измеряемая величина	ДВКЛ	ФЛ	ТКЛ	ЛМЗ	ЛХ
ВБП мин	8 мес	14 мес	7 мес	12 мес	20 мес
ВБП макс	43 мес	36 мес	44 мес	40 мес	46 мес
ВБП среднее	27,1 мес (10,6; 31,2)	28,9 мес (16,9; 30,1)	25,9 мес (19,9; 27,8)	26,5 мес (24,2; 30,4)	32,8 мес (19,8; 45,8)

Анализ данных табл. 4 показывает, что минимальные сроки наблюдения (n=97) были зарегистрированы у пациентов с ТКЛ — 7 мес, а у пациентов с ДВКЛ они составили 8 мес. Максимальные сроки наблюдения составили 14 мес для пациентов с ФЛ и 20 мес для пациентов с ЛХ.

Для дальнейшего анализа пациенты были разделены на две категории в зависимости от продолжительности эпизодов ВБП: первая группа включала пациентов с длительностью ВБП менее 24 мес (n=28), а вторая группа — пациентов с длительностью ВБП, превышающей 24 месяца (n=69).

Цель данной процедуры заключалась в расчете и последующем сравнении количественных показателей измеренных метаболических параметров. В обеих исследуемых группах определено наибольшее количество пациентов с ДВКЛ, в группе с периодом БРВ менее 24 мес — 28 человек (28,8%), в группе с периодом БРВ более 24 мес — 69 больных (71,2%) (табл. 5).

При анализе результатов ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ у пациентов с различными типами лимфом были определены значения, представляющие интерес: макси-

оценке эффективности лечения — как SUV_{max} Ответ (Отв.). Аналогично объем опухоли в ходе первоначального обследования обозначается как MTV Первичный (Перв.), во время терапии — как MTV Промежуточный (Пром.), а при оценке эффективности лечения — как MTV Ответ (Отв.).

Помимо непосредственного измерения уровня поглощения РФЛП, были рассчитаны также дельты этих значений и их процентные изменения.

Изменение (Δ) опухолевого объема между сеансами исследований представлено в виде $\Delta MTV_{перв/пром}$, $\Delta MTV_{перв/отв}$, $\Delta MTV_{пром/отв}$. Аналогично, изменение уровня поглощения РФЛП между сеансами исследований выражено как $\Delta SUV_{перв/пром}$, $\Delta SUV_{перв/отв}$, $\Delta SUV_{пром/отв}$.

В группе пациентов с ДВКЛ (41 человек) были зафиксированы следующие показатели: минимальные значения SUV_{max} составили 2, $MTV=12 cm^3$.

У пациентов с ФЛ (17 человек) минимальные значения SUV_{max} равнялись 2,5, $MTV=6,7 cm^3$; максимальные значения $SUV_{max}=22,9$, $MTV=634,2 cm^3$.

По результатам исследования 24 пациентов с ЛМЗ выявлены минимальные значения $SUV_{max}=2,5$,

Таблица 5
Количество пациентов с разными типами лимфом в исследуемых группах по длительности выживаемости без прогрессирования

Table 5
The number of patients with different types of lymphomas in the study groups according to the duration of PFS

Типы лимфом	Выживаемость без прогрессирования, абс. ч. (%)	
	менее 24 мес (n=28)	более 24 мес (n=69)
ДВКЛ	12 (41,3)	29 (42,6)
ФЛ	3 (10,3)	14 (20,5)
ТКЛ	5 (17,2)	8 (11,7)
ЛМЗ	8 (27,5)	16 (23,5)
ЛХ	1 (3,7)	1 (1,7)

MTV=11,6 см³; а максимальные значения составили SUVmax=27,5; MTV=552,1 см³.

В ходе анализа, проведенного на группе пациентов с ТКЛ (n=13), выявлены следующие диапазоны значений: минимальные значения SUVmax составили 2,1, MTV=14,8 см³; максимальные значения SUVmax достигли 23,8, MTV=331,1 см³.

У пациентов с ЛХ (n=2) наблюдались следующие показатели: минимальные значения SUVmax составили 2,9, MTV=16,6 см³; максимальные значения SUVmax достигли 23,4, MTV=338,9 см³. Измерения метаболических величин представлены на рис. 1 и 2.

медиана составила 68,2 см³ для пациентов с ЛМЗ, а максимальная — 412,2 см³ для пациентов с ДВКЛ.

Затем были рассчитаны средние значения количественных показателей и процентное снижение каждого из них в каждой группе, созданной по критерию продолжительности ВБП.

У пациентов с ВБП, продолжительность которого не превышала 24 мес (общее число пациентов — 28), минимальное значение медианы уровня поглощения РФЛП было зафиксировано при сравнении показателей до и после лечения по параметру

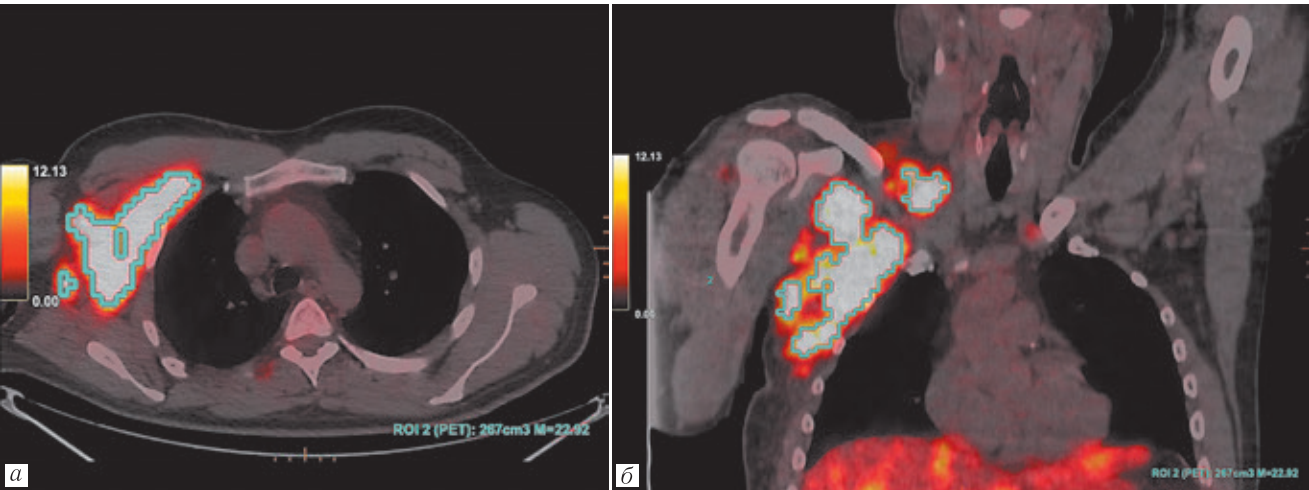


Рис. 1. ДВКЛ, IV ст. ПЭТ/КТ до лечения: а — аксиальная плоскость; б — коронарная плоскость.

Метаболически активный конгломерат лимфоузлов в подмышечной области справа. SUVmax=22,92

Fig. 1. DBCL, IV st. PET/CT before treatment: а — the axial plane; б — the coronary plane. A metabolically active conglomerate of lymph nodes in the axillary region on the right. SUVmax=22,92

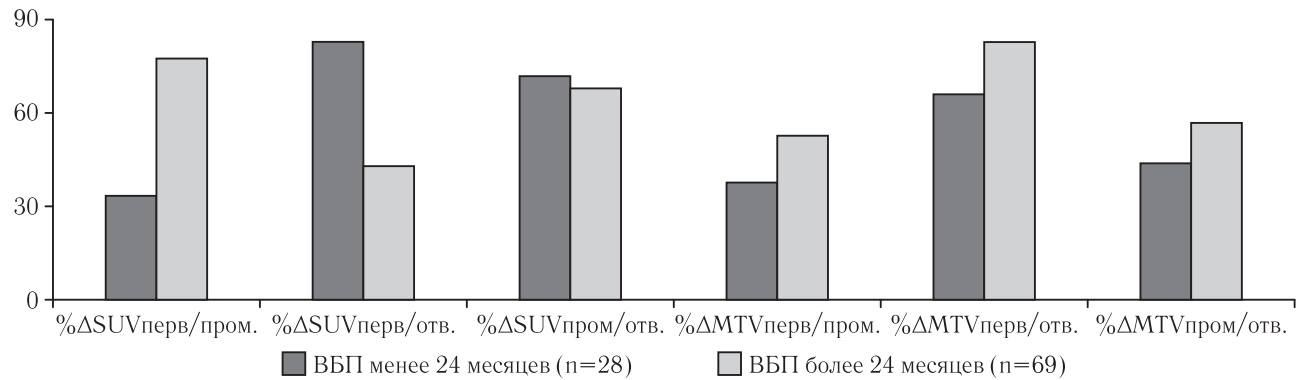


Рис. 2. Диаграмма медиан и интерквартильных интервалов процентного изменения измеренных величин в исследуемых группах

Fig. 2. Diagram of medians and interquartile ranges of percentage changes in measured values in the studied groups

Далее в таблице подробно представлены все измеренные величины по каждому типу лимфом по всей выборке (n=97) (табл. 6).

Следующим шагом были вычисление средних значений количественных величин по всей выборке (n=97) для каждого типа лимфомы (табл. 7).

Анализ средних значений продемонстрировал, что по показателю уровня поглощения РФЛП наименьшее значение медианы наблюдалось у пациентов с ФЛ, а наибольшее — у пациентов с ЛХ (16,9). В отношении опухолевого объема минимальная

ΔSUVперв/пром — 6,5. Максимальное значение медианы поглощения РФЛП наблюдалось при сравнении показателей до и после лечения по параметру ΔSUVперв/отв — 16,6, что соответствует увеличению на 34,3 и 83,7% соответственно.

Анализ медианного объема опухолей показал, что у пациентов с рецидивом в течение менее 24 мес (n=28) минимальное значение, определяемое как разница между объемом до и во время лечения (ΔMTVперв/пром), составляло 77,5 см³. Максимальное значение, рассчитанное как разница между

Таблица 6

Измерение метаболических величин по каждому типу лимфомы в выборке (n=97)

Table 6

Measurement of metabolic values for each type of lymphoma in the sample (n=97)

Измеряемая величина	ДВКЛ	ФЛ	ТКЛ	ЛХ	ЛМЗ
мин. SUVmaxПерв.	10,9	9,1	11,5	16,7	8,5
макс. SUVmaxПерв.	27,6	22,9	23,8	23,4	18,8
мин. SUVmaxПром.	3,4	3,0	5,4	7,7	3,2
макс. SUVmaxПром.	21,5	16,8	16,9	13,5	8,8
мин. SUVmaxОтв.	2,0	2,5	2,1	2,9	3,2
макс. SUVmaxОтв.	3,5	3,5	3,5	3,4	3,2
мин. MTVПерв., см ³	66,8	111,2	147,6	89,4	53,7
макс. MTVПерв., см ³	1549,7	634,2	331,1	338,9	821,9
мин. MTVПром., см ³	47,6	11,9	29,3	137,8	33,8
макс. MTVПром., см ³	885,3	388,2	97,4	153,1	511,5
мин. MTVОтв., см ³	12,2	6,7	14,8	16,6	28,8
макс. MTVОтв., см ³	225,5	106,0	68,7	123,2	71,7
мин. SUVперв/отв.	8,3	7,9	8,6	13,3	5,5
макс. SUVперв/отв.	25,2	21,0	22,6	18,5	19,8
мин. MTVперв/отв., %	42,1	65	51,5	33,6	47,9
макс. MTVперв/отв., %	96,1	95,2	77,8	94,3	82,9
мин. SUVперв/отв., %	65,3	72,5	43,5	79,6	35,7
макс. MTVперв/отв., %	92,2	87,3	88,4	87,6	79,9

Таблица 7

Медианы и интерквартильные интервалы измеренных величин по каждому типу лимфом в выборке (n=97)

Table 7

Medians and interquartile ranges of measured values for each type of lymphoma in the sample (n=97)

Измеряемая дельта	ДВКЛ	ФЛ	ТКЛ	ЛМЗ	ЛХ
Δ SUVперв/пром.	7,2 (5,0; 9,0)	8,1 (5,1; 11,7)	5,8 (4,0; 7,0)	7,9 (6,1; 9,9)	9,4 (9,0; 9,9)
Δ SUVперв/отв.	16,7 (12,3; 20)	13,1 (11,7; 14,8)	13,1 (9,6; 16,7)	15,8 (11,8; 19,5)	16,9 (13,3; 20,5)
Δ SUVпром/отв.	8,2 (4,9; 11,4)	3,7 (3; 7,5)	6,8 (4,7; 9,9)	8,7 (2,4; 11,4)	7,4 (4,3; 10,6)
Δ MTVперв/пром.	103,9 (76,3; 65,0)	124,6 (101; 152)	109,8 (93,2; 119)	139,3 (72,5; 164)	68,7 (36,3; 101)
Δ MTVперв/отв.	412,2 (156; 244)	166,7 (146; 193)	178,9 (153; 237)	194,5 (158; 221)	244,1 (216; 273)
Δ MTVпром/отв.	80,8 (49,9; 114)	37,0 (8,8; 57,6)	84,6 (42,2; 128)	68,2 (37,5; 94,2)	176,3 (115; 236,2)

объемом до и после лечения (Δ MTVперв/отв), составило 172 см³. В процентном выражении это эквивалентно 37,5 и 65,9% от исходного объема соответственно.

У пациентов, прошедших БРВ более двух лет (общее число — 69), минимальное усредненное значение поглощения РФЛП было зафиксировано при сравнении показателей до и во время лечения, разница составила 6,5; максимальное усредненное значение поглощения РФЛП наблюдалось при сравнении показателей после и во время лечения, разница составила 10,8, что эквивалентно 77,1 и 42,3% соответственно.

Наименьшее среднее значение объема опухоли зафиксировано при сравнении показателей до и после лечения — 75,9 см³ (Δ MTVпром/отв). В то же время наибольшее среднее значение объема опухоли, рассчитанное до и после лечения, составило 204,6 см³ (Δ MTVперв/отв), что эквивалентно 57,5 и 82,6% соответственно (табл. 8, 9, см. рис. 2).

Окончательным этапом в данном разделе стало сравнение средних значений в исследуемой группе, у которой период ВБП превышал 24 мес, с целью выявления статистически значимых различий в процентном снижении измеренных показателей. Для этого сравнения был использован тест Краскала–Уоллиса. Различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

У пациентов с ВБП продолжительностью более 24 мес (n=69) обнаружено, что показатели поглощения РФЛП и объема опухоли статистически достоверно различаются в зависимости от следующих пар переменных: % Δ SUVперв/пром и % Δ SUVперв/отв ($p=0,016$); %SUVперв/пром и % Δ SUVпром/отв ($p=0,045$); % Δ MTVперв/пром и % Δ MTVперв/отв ($p=0,05$) (табл. 10, рис. 3, 4). При сравнении других пар переменных статистически значимых различий не было выявлено.

После получения результатов в выборке пациентов с длительностью БРВ более 24 мес заключи-

Медианы и интерквартильные интервалы измеренных величин в исследуемых группах

Таблица 8

Измеряемая дельта	Выживаемость без прогрессирования, абс. ч. (%)	
	ВБП менее 24 мес (n=28)	ВБП более 24 мес (n=69)
$\Delta\text{SUV}_{\text{перв/пром.}}$	6,5 (4,1; 10,5)	10,8 (5,3; 10,2)
$\Delta\text{SUV}_{\text{перв/отв.}}$	16,6 (13,2; 20,3)	6,5 (3,2; 10,0)
$\Delta\text{SUV}_{\text{пром/отв.}}$	10,1 (8,1; 13,7)	6,8 (11,7; 18,2)
$\Delta\text{MTV}_{\text{перв/пром.}}, \text{ см}^3$	77,5 (59,6; 117,6)	128,1 (86,8; 163,5)
$\Delta\text{MTV}_{\text{перв/отв.}}, \text{ см}^3$	172 (145,9; 111,7)	204,6 (154,4; 243,6)
$\Delta\text{MTV}_{\text{пром/отв.}}, \text{ см}^3$	84,5 (39,5; 102)	75,9 (37,4; 106,5)

Медианы и интерквартильные интервалы процентного изменения измеренных величин в исследуемых группах

Таблица 9

Medians and interquartile ranges of percentage changes in measured values in the groups studied		
Измеряемая дельта	ВБП менее 24 мес (n=28)	ВБП более 24 мес (n=59)
% $\Delta\text{SUV}_{\text{перв/пром.}}$	34,3 (20,8; 47,6)	77,1 (62,2; 90,5)
% $\Delta\text{SUV}_{\text{перв/отв.}}$	83,7 (76,4; 87,4)	42,3 (34,8; 66,1)
% $\Delta\text{SUV}_{\text{пром/отв.}}$	71,6 (70,1; 81,7)	68,1 (53,4; 66,6)
% $\Delta\text{MTV}_{\text{перв/пром.}}$	37,5 (29,7; 49,4)	53,3 (40,1; 66,4)
% $\Delta\text{MTV}_{\text{перв/отв.}}$	65,9 (61,5; 71,2)	82,6 (77,1; 90,1)
% $\Delta\text{MTV}_{\text{пром/отв.}}$	43,9 (36,44; 54,4)	57,5 (43,3; 74,3)

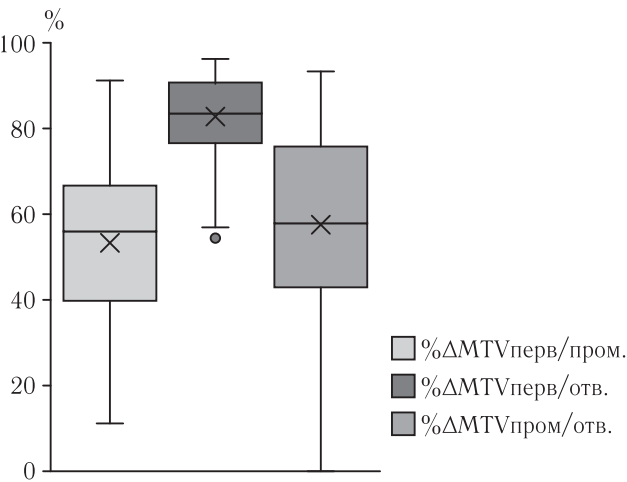


Рис. 3. Диаграммы размаха величины % ΔMTV в группе с периодом выживаемости без прогрессирования более 24 мес

Fig. 3. Diagrams of the magnitude of % ΔMTV in the group with a period of PFS of more than 24 months

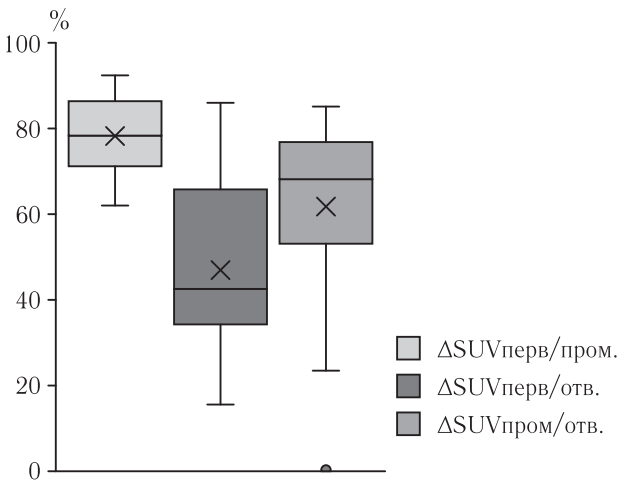


Рис. 4. Диаграммы размаха величины % ΔSUV в группе с периодом ВБП более 24 мес

Fig. 4. Diagrams of the range of the % ΔSUV in the group with a period of PFS of more than 24 months

тельным шагом в данном разделе является проведение логистической регрессии.

Для проведения многофакторного анализа и построения диагностических моделей использовалась логистическая регрессия. Анализировалась значимость коэффициентов регрессии, для значимых регрессоров оценивалось отношение шансов (OR) и 95% доверительный интервал для него.

Для сравнения качества прогноза и выбора лучших моделей проводился ROC-анализ. Для каждой модели строилась ROC-кривая и выбирался порого-

вый уровень, соответствующий лучшему сочетания чувствительности и специфичности. Далее модели сравнивались по уровню AUC, а также чувствительности и специфичности для выбранного порогового уровня.

Дополнительно анализировалась матрица ошибок классификации с определением числа ложноположительных, ложноотрицательных, истинно положительных и истинно отрицательных случаев.

Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось равным 0,05.

Таблица 10

Уровни статистической значимости процентного уменьшения измеренных величин в исследуемой группе с периодом выживаемости без прогрессирования более 24 мес

Table 10	
The levels of statistical significance of the percentage decrease in measured values in the study group with a period of PFS of more than 24 months	
Попарные сравнения величин	Уровни статистической значимости
% ΔSUVперв/пром.	p=0,6
% ΔSUVперв/отв.	
% ΔSUVперв/пром.	p=0,045
% ΔSUVпром/отв.	
% ΔSUVперв/отв.	p=0,012
% ΔSUVпром/отв.	
% ΔMTVперв/пром.	p=0,005
% ΔMTVперв/отв.	
% ΔMTVперв/пром.	p=0,05
% ΔMTVпром/отв.	
% ΔMTVперв/отв.	p=0,99
% ΔMTVпром/отв.	

Среди всех моделей, имеющих все статистически значимо отличные от нуля коэффициенты, была выбрана модель с наибольшим значением AUC. Она была выбрана в качестве основной модели для прогноза более длительного периода БРВ.

Значение AUC составило 86,68%. Результаты оценок коэффициентов регрессии, а также соответствующие отношения шансов в логистической модели представлены в табл. 11.

Для оценки качества модели был проведен ROC-анализ. График ROC-кривой представлен на рис. 5.

Как показано на рисунке, полученная площадь под кривой (AUC) составляет 86,68%, что говорит о высокой прогностической силе модели.

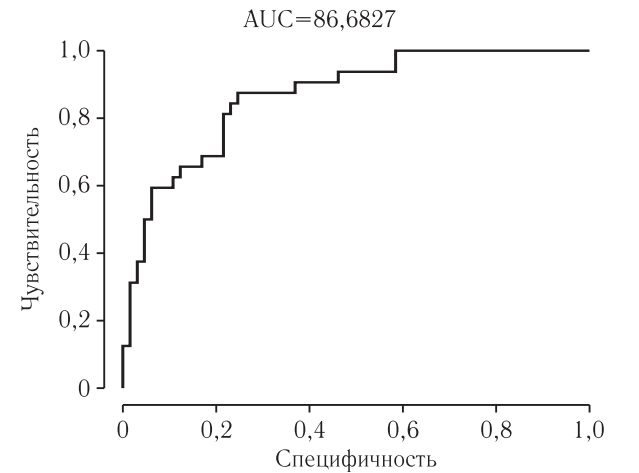


Рис. 5. ROC-анализ. Чувствительность и специфичность модели

Fig. 5. ROS analysis. Sensitivity and specificity of the model

Обсуждение. Основой для формирования цели исследования являются результаты проведенного обзора литературы. В исследовании S. Semargy и соавт. (2024) пациенты на примере ЛХ с 1, 2 и 3 баллами по ПЭТ-шкале после полного завершения

Таблица 11

Коэффициенты модели логистической регрессии

Table 11

Coefficients of the logistic regression model

Дельта величин	Коэффициент логистической регрессии	Отношение шансов [95% ДИ]	Уровень значимости
%ΔMTVперв/отв.	0,14	1,15 [1,08; 1,25]	p=0,00005
%ΔSUVперв/пром.	0,11	1,11 [1,06; 1,18]	p=0,00020

Вероятность более длительного периода БРВ= $logistic (-23.31+0,14* \%ΔMTVперв/отв. + 0.1* \%ΔSUVперв/пром.)$.

Интерпретация таблицы говорит о том, что показатели %ΔMTVперв/отв., %ΔSUVперв/пром. увеличивают вероятность более длительного периода БРВ.

— Увеличение показателя %ΔMTVперв/отв. на 1 п.п. ассоциировано с повышенными шансами наступления исхода «более длительный период БРВ» в среднем на 15% (ОШ 1,15, 95% ДИ 1,08–1,25, p=0,00005).

— Увеличение показателя %ΔSUVперв/пром. на 1 п.п. ассоциировано с повышенными шансами наступления исхода «более длительный период БРВ» в среднем на 10% (ОШ 1,10, 95% ДИ 1,05–1,17, p=0,00020).

лечения показали почти одинаковую трехлетнюю БРВ — 91,9% и 91,5% соответственно, по сравнению с пациентами с 4 и 5 баллами по ПЭТ-шкале, у которых БРВ составила 80,4% [16].

Исследование David Z. Ng и соавт. (2022) утверждает, что несмотря на то, что пациенты с 4 баллами по ПЭТ-шкале после ответа на лечение демонстрируют более высокий риск прогрессирования по сравнению с 3 баллами, статистически значимого различия в вычислении медианы и среднего периода наступления прогрессирования у пациентов с 3 баллами не было достигнуто, в то время как у пациентов с 4 баллами средний период наступления прогрессирования составил 18,3 мес. Выводом исследования является то, что сама по себе ПЭТ-шкала не уступает фактическому измерению уровня накопления РФЛП

в патологических очагах от первого к последнему исследованию в качестве прогностического фактора у пациентов с 3 и 4 баллами по ПЭТ-шкале [17].

Н. У. Yhim и соавт. (2018) в исследовании предложена прогностическая модель риска для пациентов с 3 баллами по ПЭТ-шкале, основанная на комплексном применении ПЭТ-шкалы и международного прогностического индексе (МПИ)

NCCN — *National Comprehensive Cancer Network*. Балл после лечения и международный прогностический индекс были независимо связаны с длительностью БРВ. На основе этих результатов разработана упрощенная модель риска — группа низкого риска, включающая низкий или промежуточный уровень МПИ NCCN и 3 балла по ПЭТ-шкале, и группа высокого риска, включающая высокий или высокий средний уровень МПИ NCCN и 3 баллами по ПЭТ-шкале [18].

Работа Х. Li и соавт. (2020) на основании использования дельты величины уровня накопления РФЛП показала, что пороговое значение в изменении данного параметра на 66% позволяет прогнозировать течение болезни, а именно трехлетнюю БРВ у пациентов с 3 баллами по ПЭТ-шкале [18].

Главным отличием и одновременно преимуществом нашего исследования по сравнению с представленными выше является более широкий спектр включенных типов лимфом. В исследовании S. Semary и соавт. (2024) изучалась только лимфома Ходжкина, в исследовании Х. Li и соавт. (2020), David Z. Ng и соавт. (2022) — только диффузная В-клеточная лимфома, а в исследовании Н. У. Yhim и соавт. (2018) — периферическая Т-клеточная лимфома. В то же время наше исследование включает не

только данные типы, но и фолликулярную лимфому и лимфому мантийной зоны, что стирает границы для расширения сферы применения результатов. Кроме того, данные исследования основаны или на оценке прогностической ценности самой шкалы, то есть на оценке только результата — 3 балла, или на использовании результата — 3 балла и уровня накопления РФЛП, что отличает наше исследование за счет использования и оценки не только уровня накопления РФЛП, но и опухолевого объема. По мнению Х. Li и соавт. (2020), объем опухоли и другие количественные величины будут не только более легко воспроизводимыми и сравнимыми в сопоставлении с 5-балльной ПЭТ-шкалой, но и более эффективными. Кроме того, по его мнению, они могут оказаться более точными.

Отметим, что в проведенном исследовании не оценивали трехлетнюю БРВ или ОВ у пациентов с 3 и 4 баллами, а обратили внимание на более короткий период — двухлетнюю БРВ, и только у пациентов с 3 баллами по ПЭТ-шкале, что, по нашему мнению, также не менее актуально.

Заключение. Проведенные измерения и анализ таких метаболических величин, как уровень поглощения РФЛП и опухолевый объем, показали статистически значимую разницу у пациентов с более длительным периодом ВБП, что при дальнейшем исследовании и поиске возможных пороговых значений может быть использовано в качестве их применения как предикторов более благоприятного прогноза течения болезни у пациентов с лимфомами. Направлением будущих исследований является поиск возможных точных пороговых значений метаболических величин.

Сведения об авторах:

Алексеев Сергей Анатольевич — кандидат медицинских наук, заведующий кабинетом КТ и МРТ рентгеновского отделения центра лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Главный военный клинический госпиталь имени Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; 105094, Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Басманный, Госпитальная пл., д. 1–3; ORCID 0000–0003–1329–8689;

Троян Владимир Николаевич — доктор медицинских наук, профессор, начальник центра лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Главный военный клинический госпиталь имени Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; 105094, Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Басманный, Госпитальная пл., д. 1–3; ORCID 0000–0002–8008–9660;

Рукавицын Олег Анатольевич — доктор медицинских наук, профессор, начальник гематологического центра федерального государственного бюджетного учреждения «Главный военный клинический госпиталь имени Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; 105094, Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Басманный, Госпитальная пл., д. 1–3; ORCID 0000–0002–1309–7265.

Information about the authors:

Sergei A. Alekseev — Cand. of Sci. (Med.), Head of the CT and MRI office of the X-ray Department of the Radiation Diagnostics Center, N. N. Burdenko Main Military Clinical Hospital of the Russian Ministry of Defense; 105094, Moscow, ext.ter.g. Basmany municipal district, 1–3 Hospitalnaya square, building; ORCID 0000–0003–1329–8689;

Vladimir N. Troyan — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiation Diagnostics Center, N. N. Burdenko Main Military Clinical Hospital of the Russian Ministry of Defense. 105094, Moscow, ext.ter.g. Basmany municipal district, 1–3 Hospitalnaya square, building; ORCID 0000–0002–8008–9660;

Oleg A. Rukavitsyn — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Hematology Center, N. N. Burdenko Main Military Clinical Hospital of the Russian Ministry of Defense. 105094, Moscow, ext.ter.g. Basmany municipal district, 1–3 Hospitalnaya square, building; ORCID 0000–0002–1309–7265.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — В.Н. Троян, О.А. Рукавицын; сбор и математический анализ данных — С.А. Алексеев; подготовка рукописи — С.А. Алексеев, В.Н. Троян, О.А. Рукавицын.

Authors contributions. All authors confirm their authorship according to the international criteria of the ICMJE (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication). The greatest contribution was distributed as follows: the concept and plan of the study — VNT, OAR; collection and mathematical analysis of data — SAA; preparation of the manuscript — SAA, VNT, OAR.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Соответствие принципам этики: одобрения этического комитета не требовалось. Информированное согласие получено от каждого пациента.

Adherence to ethical standards: the approval of the ethics committee was not required. Informed consent has been obtained from each patient.

Поступила/Received: 27.02.2025

Принята к печати/Accepted: 29.05.2025

Опубликована/Published: 29.06.2025

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Атабаева А.К., Хисметова З.А., Нурахметова Ж.Б. Эпидемиология новообразований системы крови. Обзор литературы // *Наука и здравоохранение*. 2021. Т. 23, № 6. С. 188–197. [Atabaeva A.K., Khismetova Z.A., Nurakhmetova Zh.B. Epidemiology of neoplasms of the blood system. Literature review. *Science and Healthcare*, 2021, Vol. 23, No. 6, pp. 188–197 (In Russ.).] doi: 10.34689/SH.2021.23.6.020.
- Галченко Л.И. Позитронно-эмиссионная томография в диагностике и оценке эффективности лечения лимфомы Ходжкина // *Медицина и высокие технологии*. 2022. № 3. С. 51–57. [Galchenko L.I. Positron emission tomography in diagnostics and evaluation of the effectiveness of treatment of Hodgkin's lymphoma. *Medicine and high technologies*, 2022, No. 3, pp. 51–57 (In Russ.).] doi: 10.34219/2306-3645-2022-12-3-51-57.
- Дунайкин Е.Д., Киреева К.Ч., Ликарь Ю.Н. ПЭТ/КТ в детской онкологии // *Журнал Педиатрии имени Г.Н. Сперанского*. 2023. Т. 102, № 3. С. 115–123. [Dunaykin E.D., Kireeva K.Ch., Likar Yu.N. PET/CT in pediatric oncology. *Speransky Pediatrics Journal*, 2023, Vol. 102, No. 3, pp. 115–123 (In Russ.).] doi: 10.24110/0031-403X-2023-102-3-115-123.
- Каленик О.А. Прогностическое значение полноты метаболического ответа у пациентов с диффузной В-крупноклеточной лимфомой // *Весті Національної Академії Наук України. Серія Медичинських Навук*. 2023. Т. 20, № 1. С. 7–16. [Kalenik O.A. Prognostic value of the completeness of the metabolic response in patients with diffuse large B-cell lymphoma. *News of the National Academy of Sciences of Belarus. Gray Medical Sciences*, 2023, Vol. 20, No. 1, pp. 7–16 (In Belarus.).] doi: 10.29235/1814-6023-2023-20-1-7-16.
- Абрамов Д.С., Федорова А.С., Волчков Е.В. Современные представления об этиологии и патогенезе ALK-позитивной анапластической крупноклеточной лимфомы // *Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии*. 2024. Т. 23, № 1. С. 180–191. [Abramov D.S., Fedorova A.S., Volchikov E.V. Modern concepts of the etiology and pathogenesis of ALK-positive anaplastic large cell lymphoma. *Issues of hematology/oncology and immunopathology in pediatrics*, 2024, Vol. 23, No. 1, pp. 180–191 (In Russ.).] doi: 10.24287/1726-1708-2024-23-1-180-191.
- Barrington S.F. Role of Imaging in the Staging and Response Assessment of Lymphoma: Consensus of the International Conference on Malignant Lymphomas Imaging Working Group // *Journal of Clinical Oncology*. 2014. Vol. 32, No. 27. P. 3048–3058. doi: 10.1200/JCO.2013.53.5229.
- Blanc-Durand P. Fully automatic segmentation of diffuse large B cell lymphoma lesions on 3D FDG-PET/CT for total metabolic tumour volume prediction using a convolutional neural network // *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. 2021. Vol. 48, No. 5. P. 1362–1370. doi: 10.1007/s00259-020-05080-7.
- Ефремова А.В. Активация бурой жировой ткани в организме человека // *Якутский медицинский журнал*. 2021. № 1 (73). С. 87–91. [Efremova A.V. Activation of brown adipose tissue in the human body. *Yakut Medical Journal*, 2021, No. 1 (73), pp. 87–91 (In Russ.).] doi: 10.25789/YMJ.2021.73.24.
- Cottreau A.S. Prognostic value of baseline total metabolic tumor volume (TMTV0) measured on FDG-PET/CT in patients with peripheral T-cell lymphoma (PTCL) // *Annals of Oncology*. 2016. Vol. 27, No. 4. P. 719–724. doi: 10.1093/annonc/mdw011.
- El-Galaly T.C., Gormsen L.C., Hutchings M. PET/CT for Staging: Past, Present, and Future // *Seminars in Nuclear Medicine*. 2018. Vol. 48, No. 1. P. 4–16. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2017.09.001.
- Herrmann K. Diagnostic performance of FDG-PET/MRI and WB-DW-MRI in the evaluation of lymphoma: a prospective comparison to standard FDG-PET/CT // *BMC cancer*. 2015. Vol. 15. P. 1002. doi: 10.1186/s12885-015-2009-z.
- Jin X. Detecting Fibroblast Activation Proteins in Lymphoma Using 68Ga-FAPI PET/CT // *Journal of Nuclear Medicine: Official Publication, Society of Nuclear Medicine*. 2022. Vol. 63, No. 2. C. 212–217. doi: 10.2967/jnumed.121.262134.
- Kobe C., Dietlein M., Hellwig D. PET/CT for Lymphoma Post-therapy Response Assessment in Hodgkin Lymphoma and Diffuse Large B-cell Lymphoma // *Seminars in Nuclear Medicine*. 2018. Vol. 48, No. 1. P. 28–36. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2017.09.003.
- Kwee T.C., Kwee R.M., Nievelstein R.A.J. Imaging in staging of malignant lymphoma: a systematic review // *Blood*. 2008. Vol. 111, No. 2. P. 504–516. doi: 10.1182/blood-2007-07-101899.
- Aslanidis I.P. Volumetric pet-biomarkers in Hodgkin's lymphoma. the initial experience of automatic and manual methods of evaluation // *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2022. Vol. 12. P. 80–88. doi: 10.21569/2222-7415-2022-12-1-80-88.
- Semary S. PET/CT Response Assessment in Pediatric Hodgkin Lymphoma: Does Deauville Score 3 Reflect Negativity? // *Journal of Pediatric Hematology/Oncology*. 2024. Vol. 46, No. 7. P. e493. doi: 10.1097/MPH.0000000000002943.
- Ng D.Z. Prognostication of diffuse large B-cell lymphoma patients with Deauville score of 3 or 4 at end-of-treatment PET evaluation: a comparison of the Deauville 5-point scale and the ΔSUVmax method // *Leukemia & Lymphoma*. 2022. Vol. 63, No. 1. P. 256–259. doi: 10.1016/j.blre.2018.03.005.
- Li X. Research on the midterm efficacy and prognosis of patients with diffuse large B-cell lymphoma by different evaluation methods in interim PET/CT // *European Journal of Radiology*. 2020. Vol. 133. P. 109301. doi: 10.1016/j.ejrad.2020.109301.