



© CC Коллектив авторов, 2026

УДК 616.24-006:612.21

<https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-3-33-39>

Использование показателя потребления кислорода на пике физической нагрузки для предоперационной оценки пациентов с периферическим раком легкого

И. Ш. КОЧОЯН*, К. Н. ХРАПОВ, З. А. ЗАРИПОВА, И. В. ВАРТАНОВА

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Поступила в редакцию 12.02.2026 г.; дата рецензирования 24.03.2026 г.

РЕЗЮМЕ

Цель – оценить возможность определения риска послеоперационных осложнений и летального исхода у пациентов с периферическим раком легкого на основании абсолютных ($V'O_{2peak}$) и относительных ($V'O_{2peak}\%$ от должного) значений показателя потребления кислорода на пике физической нагрузки.

Материалы и методы. Исследовали 128 пациентов с периферическим раком легкого (68 ± 8) лет, прооперированных в клинике ПСПбГМУ им. И. П. Павлова в 2018–2023 гг. Все пациенты проходили кардиореспираторное нагрузочное тестирование (КРНТ) за 3–7 дней до операции. $V'O_{2peak}$ регистрировали при максимальном уровне нагрузки, рассчитывали на основе метода скользящих средних значений 5 из 7, $V'O_{2peak}\%$ от должного – на основании линейной зависимости по возрасту и полу. Для анализа пациентов разделили на группы в зависимости от наличия послеоперационных осложнений и исхода госпитализации (выписка или летальный исход). Для статистической обработки данных использовали: t-критерий Стьюдента, U-критерий Манна – Уитни, хи-квадрат Пирсона, точный критерий Фишера.

Результаты. При сравнении группы пациентов с осложнениями и без них не удалось выявить различий по показателю $V'O_{2peak}$ ($p = 0,972$). Вероятность развития осложнений у больных с $V'O_{2peak} > 15$ мл/мин/кг была ниже в 1,065 раза по сравнению с группой, где $V'O_{2peak} \leq 15$ мл/мин/кг; различия не были значимыми (ОШ = 0,939; 95% ДИ: 0,410 – 2,152). При сравнении $V'O_{2peak}$ в группах пациентов с летальным исходом и выписанными пациентами различий выявлено не было ($p = 0,387$). При сравнении группы пациентов с осложнениями с группой без них не было выявлено различий по $V'O_{2peak}\%$ от должного ($p = 0,67$), также не было выявлено значимых различий при сравнении группы пациентов с летальным исходом с группой выписанных пациентов ($p = 0,735$).

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что абсолютные и относительные значения показателя потребления кислорода на пике нагрузки ($V'O_{2peak}$) не являются надежными предикторами риска развития послеоперационных осложнений или летального исхода у оперируемых пациентов с периферическим раком легкого.

Ключевые слова: пиковое потребление кислорода, кардиореспираторное нагрузочное тестирование, функциональный статус, предоперационная оценка, периферический рак легкого

Для цитирования: Кочоян И. Ш., Храпов К. Н., Зарипова З. А., Вартанова И. В. Использование показателя потребления кислорода на пике физической нагрузки для предоперационной оценки пациентов с периферическим раком легкого // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 3. – С. 33–39. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-3-33-39>.

Applying of oxygen consumption index at peak exercise for preoperative assessment of patients with peripheral lung cancer

IRINA SH. KOCHOYAN*, KIRILL N. KHRAPOV, ZULFIYA A. ZARIPOVA, IRINA V. VARTANOVA

Pavlov University, Saint Petersburg, Russian Federation

Received 12.02.2026; review date 24.03.2026

ABSTRACT

The objective was to evaluate the possibility of determining the risk of postoperative complications and death in patients with peripheral lung cancer based on absolute ($V'O_{2peak}$) and relative ($V'O_{2peak}\%$ from the proper) values of the oxygen consumption index at the peak of physical activity.

Materials and methods. 128 patients with peripheral lung cancer (68 ± 8 years old) who underwent surgery at the Pavlov University Clinic in 2018–2023 were studied. All patients underwent cardiopulmonary exercise testing (CPET) 3–7 days before surgery. $V'O_{2peak}$ was recorded at the maximum load level, calculated based on the method of moving averages of 5 out of 7, $V'O_{2peak}\%$ from the proper – based on a linear relationship by age and gender. For the analysis, the patients were divided into groups depending on the presence of postoperative complications and the outcome of hospitalization (discharge or death). For statistical processing of data, the following were used: Student's t-test, Mann – Whitney U-test, Pearson's chi-square test, Fisher's exact test.

Results. When comparing the group of patients with and without complications, it was not possible to identify differences in the $V'O_{2peak}$ index ($p = 0.972$). The probability of complications in patients with $V'O_{2peak} > 15$ ml/min/kg was 1.065 times lower than in the group with $V'O_{2peak} < 15$ ml/min/kg, the differences were not significant (OR = 0.939; 95% CI: 0.410 – 2.152). When comparing $V'O_{2peak}$ in groups of patients with fatal outcome and discharged patients, no differences were found ($p = 0.387$). When comparing the group of patients with complications with the group without them, there were no differences in $V'O_{2peak}\%$ predicted value. There were also no significant differences when comparing the group of patients with fatal outcome with the group of discharged patients ($p = 0.735$).

Conclusions. The results obtained indicate that the absolute and relative values of oxygen consumption at the peak exercise ($V'O_{2peak}$) are not reliable predictors of the risk of postoperative complications or death in operated patients with peripheral lung cancer.

Keywords: peak oxygen consumption, cardiopulmonary exercise testing, functional status, preoperative assessment, peripheral lung cancer

For citation: Kochoyan I. Sh., Khrapov K. N., Zaripova Z. A., Vartanova I. V. Applying of oxygen consumption index at peak exercise for preoperative assessment of patients with peripheral lung cancer. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 3, P. 33–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-3-33-39>.

* Для корреспонденции:
Ирина Шакроевна Кочоян
E-mail: ikochoyan@yandex.ru

* Correspondence:
Irina Sh. Kochoyan
E-mail: ikochoyan@yandex.ru

Введение

Резекция легкого – золотой стандарт лечения пациентов с периферическим раком легкого I и II стадии. Оперативное вмешательство приводит к улучшению 5-летней выживаемости с 11,3% до 44,9% [15]. Для проведения успешного хирургического лечения важно проводить тщательную оценку риска осложнений еще в предоперационном периоде, особенно у пожилых пациентов с сопутствующей патологией [1]. Важным аспектом оценки риска является определение функционального статуса с помощью кардиореспираторного нагрузочного тестирования (КРНТ) [5, 21].

КРНТ – это неинвазивный и объективный метод оценки функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем в условиях повышенных метаболических потребностей. Тест является эталоном в определении адаптационного потенциала и «готовности» пациента к операции [4, 8]. Более ранние систематические обзоры, изучавшие информативность КРНТ для пациентов, перенесших абдоминальные вмешательства [13], сосудистые операции [22] и другие операции, не связанные с сердечно-легочной системой [18, 20], показали, что предоперационные показатели физических возможностей связаны с результатами лечения.

Исторически основным маркером КРНТ для определения пациентов высокого риска развития осложнений был показатель потребления кислорода на анаэробном пороге ($V'O_2$ (АП)) менее $11 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$ [9, 14]. Однако по мере дальнейшего изучения возможностей КРНТ были выявлены другие вероятные предикторы высокого риска при различных хирургических вмешательствах, такие как потребление кислорода на пике нагрузки ($V'O_{2peak}$) и вентиляторный эквивалент по углекислому газу ($V'E/V'CO_2$). Согласно действующим рекомендациям Британского торакального общества и общества кардиоторакальных хирургов Великобритании и Ирландии, значение показателя $V'O_{2peak}$ менее $15 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$ ассоциировано с высоким послеоперационным риском [22]. Однако в некоторых исследованиях не удалось подтвердить, что этот пороговый уровень $V'O_{2peak}$ информативен для определения риска развития послеоперационных осложнений.

Цель – оценить возможность определения риска развития послеоперационных осложнений и летального исхода после хирургического лечения пациентов с периферическим раком легкого на основании абсолютных и относительных значений показателя потребления кислорода на пике физической нагрузки ($V'O_{2peak}$), измеренного в предоперационном периоде с помощью КРНТ.

Материалы и методы

В ретроспективное исследование вошли 128 пациентов в возрасте 68 ± 8 лет, среди них 74 (57,8%) мужчин и 54 (42,2%) женщин, которым была выполнена резекция легкого по поводу периферического рака в клинике ПСПбГМУ им. И. П. Павлова в период 2018–2023 гг. У всех пациентов было получено информированное добровольное согласие на участие в исследовании. КРНТ проводилось за 3–7 дней до операции.

Критерии включения в исследование: пациенты с периферическим раком легкого старше 18 лет, которым запланирована резекция легкого, без противопоказаний к выполнению КРНТ. Противопоказаниями к выполнению теста явились отказ пациента, острый период инфаркта миокарда, нестабильная стенокардия, стеноз ствола левой коронарной артерии, гемодинамически значимые нарушения ритма, интеллектуально-мнестические нарушения и психические расстройства, эндокардит, острый миокардит или перикардит, критический аортальный стеноз, декомпенсированная сердечная недостаточность, подозрение на расслоение или разрыв аневризмы аорты, неконтролируемая бронхиальная астма, сатурация в покое менее 85%, тяжелая артериальная гипертензия в покое (сАД выше 200 мм рт. ст.), тяжелая легочная гипертензия, текущий тромбоз сосудов нижних конечностей и/или недавно перенесенная тромбоэмболия ветвей легочной артерии, аневризма брюшного отдела аорты и облитерирующий атеросклероз сосудов нижних конечностей.

КРНТ проводили на установке Cortex Meta-Lyser3B, SunTech Tango M2, Custo Cardio 200 и велоэргометре Ergoline с непрерывно возрастающей нагрузкой (10Вт/мин). Тестирование состояло из 4 фаз (покой, разогрев, нагрузка и восстановление). В покое в течение 3 мин регистрировали стандартную ЭКГ в 12 отведениях, частоту сердечных сокращений (ЧСС) и АД. Затем следовала фаза разогрева – выполнение работы без нагрузки в течение 3 мин (вращение педалей со скоростью 60–70 об/мин без нагрузки). Далее третья фаза – «нагрузка», которая длилась до достижения максимального потребления кислорода (МПК, $V'O_{2max}$) или до достижения 85% от максимальной ЧСС. МПК ($V'O_{2max}$) для всех пациентов вычисляли по формуле Купера [(дистанция (м) – 505)/45]. На протяжении всего КРНТ непрерывно контролировали ЧСС, ЭКГ и АД. В фазу восстановления в течение первых 2–3 мин пациент продолжал выполнение работы без нагрузки. $V'O_{2peak}$ регистрировалось при максимальном уровне нагрузки, рассчитывалось на основе метода скользящих средних значений

Таблица 1. Клинические исходы исследуемой когорты
Table 1. Clinical and demographic indicators and outcomes of the study cohort

Показатель	Категории	Абс.	%	95% ДИ
Сердечно-сосудистые осложнения	Нет	105	82,0	74,3–88,3
	Есть	23	18,0	11,7–25,7
Дыхательные осложнения	Нет	116	90,6	84,2–95,1
	Есть	12	9,4	4,9–15,8
Исход госпитализации	Выписка	123	96,1	91,1–98,7
	Летальный	5	3,9	1,3–8,9

Таблица 2. Сравнительная характеристика групп пациентов с осложнениями и без осложнений в послеоперационном периоде по показателю V'O₂peak
Table 2. Comparative characteristics of groups with and without complications in the postoperative period according to the V'O₂peak indicator

Показатель	Категории			V'O ₂ peak	p
	M ± SD	95% ДИ	n		
Послеоперационные осложнения	нет	14,36 ± 3,12	13,73–14,99	97	0,972
	есть	14,38 ± 3,45	13,11–15,65	31	

5 из 7. Также оценивали относительные значения (V'O₂peak % от должного) – на основании линейной зависимости по возрасту и полу.

Ретроспективно оценивали ранний послеоперационный период. Для анализа данных исследуемая когорта была разделена на группы в зависимости от:

- наличия сердечно-легочных осложнений;
- установленного порогового значения показателя V'O₂peak – 15 мл·кг⁻¹·мин⁻¹;
- исхода госпитализации (выписка или летальный исход).

Проводили сравнение абсолютных и относительных значений показателя потребления кислорода на пике нагрузки в выделенных группах (с осложнениями или без), а также сравнивали количество осложнений в группах, разделенных по пороговому значению показателя V'O₂peak – 15 мл·кг⁻¹·мин⁻¹.

Статистический анализ проводили в программе StatTech v. 4.11.2 (разработчик – ООО «Статтех», Россия, 2026 г.). Количественные показатели оценивали на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Если распределение соответствовало нормальному, данные описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). В качестве меры репрезентативности для средних значений указаны границы 95% доверительного интервала (95% ДИ). В случае отсутствия нормального распределения показатели описывали с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). Категориальные данные описаны с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение двух групп с нормальным распределением по количественному показателю выполнено с помощью t-критерия Стьюдента, если распределение отличалось от нормального использовали U-критерий Манна – Уитни. Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряжен-

ности выполнено с помощью критерия хи-квадрат Пирсона (при значениях ожидаемого явления более 10), точного критерия Фишера (при значениях ожидаемого явления менее 10). Различия считали значимыми при $p > 0,05$.

Результаты

У 35 пациентов (27,3%) зарегистрированы осложнения в течение 7 дней после операции, у 5 пациентов (3,9%) наступил летальный исход (табл. 1). Причинами летального исхода являлись острый инфаркт миокарда, острая дыхательная недостаточность, пневмония, сепсис. Выявили следующие послеоперационные осложнения: сердечно-сосудистые (13,3%, среди них нарушения ритма – пароксизм фибрилляции предсердий, пароксизм АВ-узловой тахикардии; тромбоэмболия легочной артерии), дыхательные (3,1%, к ним относили обострение ХОБЛ, пневмонию, острую дыхательную недостаточность).

При сравнении группы пациентов с сердечно-сосудистыми и респираторными осложнениями в послеоперационном периоде с группой без данных осложнений (табл. 2) не удалось выявить статистически значимых различий по показателю V'O₂peak ($p = 0,972$).

Также исследуемая когорта пациентов была разделена на две группы в зависимости от порогового значения V'O₂peak (больше или меньше 15 мл·кг⁻¹·мин⁻¹). Значения средних показателей в группах представлены в табл. 3.

Вероятность развития сердечно-сосудистых и дыхательных осложнений у больных с V'O₂peak > 15 мл·кг⁻¹·мин⁻¹ была ниже в 1,065 раза, по сравнению с группой, где V'O₂peak ≤ 15 мл·кг⁻¹·мин⁻¹. Однако различия шансов не были статистически значимыми (ОШ = 0,939; 95% ДИ: 0,410 – 2,152).

Таблица 3. Различия исследуемой группы по показателю $V'O_2\text{peak}$ больше или меньше $15 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$
Table 3. Differences in the study group according to the $V'O_2\text{peak}$ indicator greater or less than $15 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$

$V'O_2\text{peak} > 15 \text{ мл}/\text{мин}/\text{кг}$	$V'O_2\text{peak} \leq 15 \text{ мл}/\text{мин}/\text{кг}$	p
17,54±2,24	12,26±1,57	< 0,001

Таблица 4. Сравнительная характеристика групп пациентов с $V'O_2\text{peak}$ больше или меньше $15 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$ по наличию осложнений и исходу госпитализации

Table 4. Comparative characteristics of groups of patients with $V'O_2\text{peak}$ greater or less than $15 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ in terms of the presence of complications and hospitalization outcome

Показатель	Категории	$V'O_2\text{peak}$		p
		$\leq 15 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$	$> 15 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$	
Послеоперационные осложнения	Нет	58 (75,3)	39 (76,5)	0,882
	Есть	19 (24,7)	12 (23,5)	
Исход госпитализации	Выписка	75 (97,4)	48 (94,1)	0,387
	Летальный	2 (2,6)	3 (5,9)	

Таблица 5. Сравнительная характеристика групп с осложнениями и без осложнений, а также группы выписанных пациентов и пациентов с летальным по показателю $V'O_2\text{peak}\%$ от должного

Table 5. Comparative characteristics of groups with and without complications and groups of discharged patients and patients with fatal according to the $V'O_2\text{peak}\%$ of the expected value

Показатель	Категории	$V'O_2\text{пик}\%$ от должного			p
		Me	$Q_1 - Q_3$	n	
Послеоперационные осложнения	Нет	43,0	36,0–53,0	97	0,67
	Есть	44,0	35,5–53,0	31	
Исход госпитализации	Выписка	43,0	36,0–53,0	123	0,735
	Летальный	45,0	38,0–54,0	5	

Кроме того, был проведено сравнение показателя $V'O_2\text{peak}$ в группе пациентов с летальным исходом в послеоперационном периоде и в группе с выписанными пациентами (табл. 4). Статистически значимых различий показателя потребления кислорода на пике нагрузки между группами пациентов выявлено не было ($p = 0,387$).

Также при сравнении группы пациентов с сердечно-сосудистыми и респираторными осложнениями в послеоперационном периоде с группой без данных осложнений не было выявлено значимых различий показателя $V'O_2\text{peak}\%$ от должного ($p = 0,67$), не было выявлено статистически значимых различий показателя $V'O_2\text{пик}\%$ от должного и при сравнении группы пациентов с летальным исходом с группой выписанных пациентов ($p = 0,735$) (табл. 5).

Обсуждение

Пиковое потребление кислорода – это потребление O_2 при максимальной физической нагрузке, которое служит маркером способности организма эффективно реагировать и адаптироваться к физиологическому стрессу. Считается, что он является важным краткосрочным и долгосрочным предиктором летальности для пациентов с раком легкого, вне зависимости от того, планируется ли им операция [10, 21].

В отношении информативности данного показателя КРНТ в мировой литературе данные

противоречивы. В 2023 г. N. Arbee-Kalidas et al. провели метаанализ, в который включили исследования, изучающие взаимосвязь между результатами КРНТ и послеоперационными исходами. В исследование было включено 37 работ с участием 6450 пациентов, 28 из этих исследований имели низкий риск систематической ошибки. В ходе анализа было выявлено, что более высокие значения $V'O_2\text{peak}$ связаны с улучшением выживаемости и меньшим количеством осложнений. Однако было установлено, что пороговое значение показателя $V'O_2\text{peak} > 15 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$ связано со снижением смертности, но не с уменьшением числа осложнений [5].

Однако в ранее проведенном систематическом обзоре R. Benzo et al. (2007) [6] было установлено, что значение $V'O_2\text{peak} < 15 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$ связано с увеличением послеоперационных легочных осложнений. Ограничением исследования R. Benzo et al. было включение в исследование помимо больных с раком легких пациентов, перенесших резекцию легкого по поводу доброкачественных новообразований. В отличие от неонкологических больных снижение функциональных резервов у пациентов с раком легкого может быть обусловлено системными эффектами онкологического процесса, такими как системная воспалительная реакция, саркопения, анемия, слабость и нежелательные эффекты химио- и лучевой терапии [11, 12].

H. Shafek et al. (2016) в исследовании, включившем 51 пациента, перенесших хирургическое

лечение рака легкого (в объеме пневмонэктомии или резекции легкого), пришли к выводу, что показатель $V'O_{2peak}$ не является хорошим предиктором послеоперационных осложнений ($p = 0,132$) у пациентов с ХОБЛ. При этом другой показатель КРНТ, являющийся маркером эффективности вентиляции ($V'E/V'CO_2 > 35\%$), оказался значимо связан с повышенным риском послеоперационных осложнений и смертности [17].

Пороговое значение $15 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$ для данного показателя отражается в действующих рекомендациях Британского торакального общества [7], а также было предложено в качестве инструмента в модели «трех факторов риска», предложенную P. Slinger et al. (2019) [19] для предоперационной оценки риска в торакальной хирургии с использованием торакотомического доступа. Данная модель, помимо $V'O_{2peak} > 15 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$, включает такие показатели, как прогнозируемый послеоперационный ОФВ₁ ($\text{проFEC}_1 > 40\%$) и прогнозируемую послеоперационную диффузионную способность легких ($\text{проDLCO} > 40\%$).

В нашем исследовании в группах пациентов с показателем $V'O_{2peak}$ больше и меньше или равно $15 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$ количество осложнений в послеоперационном периоде не отличалось ($p = 0,882$). Полученные результаты ставят под сомнение возможность определения пациентов высокого риска летального исхода на основании данного показателя. Возможно, это связано с тем, что не все исследуемые пациенты в виду сопутствующей патологии, сниженной толерантности к физической нагрузке способны достичь мощности нагрузки, соответствующей максимальному потреблению кислорода, необходимому для корректной оценки $V'O_{2peak}$. На данный показатель могут также влиять такие факторы, как ИМТ, саркопения, стаж курения, длительность онкологического заболевания [1]. По-видимому, комплексная оценка функционального статуса с использованием других показателей КРНТ, например, вентиляторного эквивалента по углекислому газу ($V'E/V'CO_2$), анаэробного порога, может быть более информативным способом для определения риска послеоперационных осложнений [3, 17].

$V'O_{2peak} \%$ от прогнозируемого – это отношение измеренного потребления кислорода на пике нагрузки пациента к ожидаемому значению данного показателя для здорового человека того же пола и возраста. Чем ниже значение, тем хуже функциональные резервы по сравнению с соответствующей здоровой когортой. Более высокие значения $V'O_{2peak} \%$ прогнозируемого были связаны с улучшением выживаемости и меньшим количеством осложнений [5].

В мировой литературе показатель $V'O_{2peak} \%$ от прогнозируемого недостаточно освещен с целью применения его для определения послеопераци-

онных рисков. Данный параметр важен, поскольку он позволяет оценивать функциональный статус пациентов с раком легкого относительно здоровых людей аналогичного антропометрического профиля и возраста, а не анализировать абсолютное значение показателя. Это потенциально может улучшить чувствительность и специфичность КРНТ как инструмента для стратификации риска. В упомянутом выше метаанализе N. Arbee-Kalidas et al. (2023) были выделены ориентировочные пороговые значения $V'O_{2peak} \geq 60\%$, определяющий риск летального исхода, и $V'O_{2peak} \geq 70\%$, определяющий риск развития послеоперационных осложнений [5].

В проведенном исследовании относительное значение потребления кислорода на пике нагрузки не отличалось в группах с послеоперационными осложнениями или без таковых, а также в группах пациентов, выписанных из стационара и умерших.

По-видимому, для точного выявления и подтверждения пороговых значений $V'O_{2peak}$ и $V'O_{2peak} \%$ от должного необходимы дальнейшие масштабные проспективные исследования и стандартизированные протоколы измерений, позволяющие повысить точность определения риска развития послеоперационных осложнений и летального исхода у пациентов с раком легкого, которым планируется хирургическое лечение.

Выводы

При анализе потребления кислорода на пике физической нагрузки, измеренного с помощью КРНТ, значимых различий показателя $V'O_{2peak}$ между пациентами с послеоперационными осложнениями и пациентами без данных событий выявлено не было. Также при сравнении группы пациентов с летальным исходом с группой выписанных пациентов значимых различий по потреблению кислорода на пике нагрузки не было выявлено. Кроме того, нам не удалось подтвердить установленный пороговый уровень для показателя $V'O_{2peak} - 15 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$ при сравнении приведенных выше групп пациентов. Аналогичные результаты были получены в отношении показателя относительного потребления кислорода при максимальной нагрузке ($V'O_{2peak} \%$ от прогнозируемого) при сравнении пациентов с осложнениями и без них, а также пациентов с летальным исходом и выписанными пациентами. Полученные результаты свидетельствуют о том, что абсолютные и относительные значения показателя потребления кислорода на пике нагрузки ($V'O_{2peak}$) не являются надежными предикторами риска развития послеоперационных осложнений или летального исхода у оперируемых пациентов с периферическим раком легкого.

Конфликт интересов. Вартанова И. В. и Храпов К. Н. являются членом редакционной коллегии журнала «Вестник анестезиологии и реаниматологии» с 2009 г., но к решению об опубликовании данной статьи отношения не имеют. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Conflict of interests. Vartanova I. V. and Khrapov K. N. have been members of the editorial board of the journal since 2009, but they have nothing to do with the decision to publish this article. The article has passed the review procedure accepted in the journal. The authors did not declare any other conflicts of interest.

Вклад авторов. Все авторы участвовали в подготовке публикации: Зарипова З. А., Храпов К. Н. – разработка концепции статьи, Кочоян И. Ш. – получение и анализ фактических данных, Храпов К. Н. и Вартанова И. В. – редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. All authors participated in the preparation of the publication: Zaripova Z. A., Khrapov K. N. – development of the article concept, Kochoyan I. Sh. – obtaining and analyzing factual data, Khrapov K. N. and Vartanova I. V. – editing the article text, checking and approving the article text.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочоян И. Ш., Обухова А. А., Зарипова З. А. Использование классических параметров кардиореспираторного нагрузочного тестирования с целью выявления пациентов с высоким риском развития осложнений в торакальной хирургии // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2025. – Т. 22, № 2. – С. 40–46. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-2-40-46>.
2. Троцюк Д. В., Медведев Д. С., Чиков А. Е. и др. Возможности оценки функционального состояния организма и прогнозирования исхода оперативного лечения пациентов старших возрастных групп по данным кардиореспираторного нагрузочного тестирования // Клиническая геронтология. – 2021. – Т. 27, № 3–4. – С. 82–89. <http://doi.org/10.26347/1607-2499202103-04082-089>.
3. Храпов К. Н., Ковалев М. Г., Седов С. С. Подготовка к анестезии больных с сопутствующей патологией легких и высоким риском развития послеоперационных легочных осложнений // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2020. – Т. 17, № 2. – С. 20–28. <http://doi.org/10.21292/2078-5658-2020-17-2-20-28>.
4. Agnew N. Preoperative cardiopulmonary exercise testing // Continuing Education in An-aesthesia // Critical Care and Pain. – 2010. – Vol. 10. – P. 33–37. <http://doi.org/10.1016/j.mpsur.2025.10.010>.
5. Arbee-Kalidas N., Moutlana H. J., Moodley Y. et al. The association between cardiopulmonary exercise testing and postoperative outcomes in patients with lung cancer undergoing lung resection surgery // PLoS One. – 2023. – Vol. 18. – P. 52–60. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0295430>.
6. Benzo R., Kelley G. A., Recchi L. et al. Complications of lung resection and exercise capacity: a meta-analysis // Respir Med. – 2007. – Vol. 101. – P. 1790–1797. <http://doi.org/10.1016/j.rmed.2007.02.012>.
7. British Thoracic Society; Society of Cardiothoracic Surgeons of Great Britain and Ireland Working Party. BTS guidelines: guidelines on the selection of patients with lung cancer for surgery // Thorax. – 2001. – Vol. 56. – P. 89–108. <http://doi.org/10.1136/thorax.56.2.89>.
8. Ferrazza A. M., Martolini D., Valli G. et al. Cardiopulmonary exercise testing in the functional and prognostic evaluation of patients with pulmonary diseases // Respiration. – 2009. – Vol. 77. – P. 3–17. <http://doi.org/10.1159/000186694>.
9. Guazzi M., Arena R., Halle M. et al. 2016 focused update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations // Eur Heart J. – 2018. – Vol. 39, № 14. – P. 1144–1161. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw180>.
10. Jones L. W., Watson D., Herndon J. E. et al. Peak oxygen consumption and long-term all-cause mortality in nonsmall cell lung cancer // Cancer. – 2010. – Vol. 116. – P. 4825–4832. <http://doi.org/10.1002/cncr.25396>.
11. Lin T. Y., Chen Y. F., Wu W. T. et al. Impact of sarcopenia on the prognosis and treatment of lung cancer: an umbrella review // Discov Oncol. – 2022. – Vol. 13. – P. 115–124. <http://doi.org/10.1007/s12672-022-00576-0>.
12. Macciò A., Madeddu C., Gramignano G. et al. The role of inflammation, iron, and nutritional status in cancer-related anemia: results of a large, prospective, observational study // Haematologica. – 2015. – Vol. 100. – P. 124–132. <http://doi.org/10.3324/haematol.2014.112813>.
13. Moran J., Wilson F., Guinan E. et al. Role of cardiopulmonary exercise testing as a risk-assessment method in patients undergoing intraabdominal surgery:

REFERENCES

1. Kochoyan I. Sh., Obukhova A. A., Zaripova Z. A. Applying of classic parameters of cardiorespiratory exercise testing to identify high-risk patients in thoracic surgery. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2025, vol. 22, no. 1, pp. 40–46. (In Russ.). <http://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-1-40-46>.
2. Trotsyuk D. V., Medvedev D. S., Chickov A. E. et al. Cardiopulmonary exercise testing for the assessment functional state and prediction surgical treatment outcome in older patients. *Clinical gerontology*, 2021, vol. 27, no. 3–4, pp. 82–89. (In Russ.). <http://doi.org/10.26347/1607-2499202103-04082-089>.
3. Khrapov K. N., Kovalev M. G., Sedov S. S. Preparation for anesthesia of patients with concomitant lung pathology and a high risk of developing postoperative pulmonary complications. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2020, vol. 17, no. 2, pp. 20–28. (In Russ.). <http://doi.org/10.21292/2078-5658-2020-17-2-20-28>.
4. Agnew N. Preoperative cardiopulmonary exercise testing. Continuing Education in An-aesthesia. *Critical Care and Pain*, 2010, vol. 10, pp. 33–37. <http://doi.org/10.1016/j.mpsur.2025.10.010>.
5. Arbee-Kalidas N., Moutlana H. J., Moodley Y. et al. The association between cardiopulmonary exercise testing and postoperative outcomes in patients with lung cancer undergoing lung resection surgery. *PLoS One*, 2023, vol. 18, pp. 52–60. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0295430>.
6. Benzo R., Kelley G. A., Recchi L. et al. Complications of lung resection and exercise capacity: a meta-analysis. *Respir Med*, 2007, vol. 101, pp. 1790–1797. <http://doi.org/10.1016/j.rmed.2007.02.012>.
7. British Thoracic Society; Society of Cardiothoracic Surgeons of Great Britain and Ireland Working Party. BTS guidelines: guidelines on the selection of patients with lung cancer for surgery. *Thorax*, 2001, vol. 56, pp. 89–108. <http://doi.org/10.1136/thorax.56.2.89>.
8. Ferrazza A. M., Martolini D., Valli G. et al. Cardiopulmonary exercise testing in the functional and prognostic evaluation of patients with pulmonary diseases. *Respiration*, 2009, vol. 77, pp. 3–17. <http://doi.org/10.1159/000186694>.
9. Guazzi M., Arena R., Halle M. et al. 2016 focused update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Eur Heart J*, 2018, vol. 39, no. 14, pp. 1144–1161. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw180>.
10. Jones L. W., Watson D., Herndon J. E. et al. Peak oxygen consumption and long-term all-cause mortality in nonsmall cell lung cancer. *Cancer*, 2010, vol. 116, pp. 4825–4832. <http://doi.org/10.1002/cncr.25396>.
11. Lin T. Y., Chen Y. F., Wu W. T. et al. Impact of sarcopenia on the prognosis and treatment of lung cancer: an umbrella review. *Discov Oncol*, 2022, vol. 13, pp. 115–124. <http://doi.org/10.1007/s12672-022-00576-0>.
12. Macciò A., Madeddu C., Gramignano G. et al. The role of inflammation, iron, and nutritional status in cancer-related anemia: results of a large, prospective, observational study. *Haematologica*, 2015, vol. 100, pp. 124–132. <http://doi.org/10.3324/haematol.2014.112813>.
13. Moran J., Wilson F., Guinan E. et al. Role of cardiopulmonary exercise testing as a risk-assessment method in patients undergoing intraabdominal surgery:

- a systematic review // *Br J Anaesth.* – 2016. – Vol. 116. – P. 177–191. <http://doi.org/10.1093/bja/aev454>.
14. Older P, Hall A. Clinical review: how to identify high-risk surgical patients // *Crit Care.* – 2004. – Vol. 8. – P. 369–372. <http://doi.org/10.1186/cc2848>.
15. Rostad H., Naalsund A., Jacobsen R. et al. Small cell lung cancer in Norway. Should more patients have been offered surgical therapy? // *Eur J Cardiothorac Surg.* – 2004. – Vol. 26. – P. 782–726. <http://doi.org/10.1016/j.ejcts.2004.06.011>.
16. Roy P. M. Preoperative pulmonary evaluation for lung resection // *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* – 2018. – Vol. 34. – P. 296–300. <http://doi.org/10.4103/joacp>.
17. Shafiek H., Valera J. L., Togores B. et al. Risk of postoperative complications in chronic obstructive lung diseases patients considered fit for lung cancer surgery: Beyond oxygen consumption // *European Journal of Cardio-thoracic Surgery.* – 2016. – Vol. 50. – P. 772–779. <http://doi.org/10.1093/ejcts/ezw104>.
18. Sivakumar J., Sivakumar H., Read M. et al. The role of cardiopulmonary exercise testing as a risk assessment tool in patients undergoing oesophagectomy: a systematic review and meta-analysis // *Ann Surg Oncol.* – 2020. – Vol. 27. – P. 3783–3796. <http://doi.org/10.1245/s10434-020-08638-9>.
19. Slinger P, Darling G. Preanesthetic assessment for thoracic surgery // In: Slinger, P.(eds) *Principles and Practice of Anesthesia for Thoracic Surgery.* – 2019. – P. 13–41. <http://doi.org/10.1007/978-3-030-00859-82>.
20. Stubbs D. J., Grimes L. A., Ercole A. Performance of cardiopulmonary exercise testing for the prediction of post-operative complications in non-cardiopulmonary surgery: A systematic re-view // *PLoS One.* – 2020 – Vol. 15. – P. 14–21. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0226480>.
21. Wasserman K., Hansen J. E., Sue D. Y. et al. Principles of exercise testing and interpretation including pathophysiology and clinical applications // 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; a Wolter Kluwer business. – 2020. – 600 p.
22. Young E. L., Karthikesalingam A., Huddart S. et al. A systematic review of the role of cardiopulmonary exercise testing in vascular surgery // *Eur J Vasc Endovasc Surg.* – 2012. – Vol. 44. – P. 64–71. <http://doi.org/10.1016/j.ejvs.2012.03.022>.
- a systematic review. *Br J Anaesth.* 2016, vol. 116, pp. 177–191. <http://doi.org/10.1093/bja/aev454>.
14. Older P, Hall A. Clinical review: how to identify high-risk surgical patients. *Crit Care*, 2004, vol. 8, pp. 369–372. <http://doi.org/10.1186/cc2848>.
15. Rostad H., Naalsund A., Jacobsen R. et al. Small cell lung cancer in Norway. Should more patients have been offered surgical therapy? *Eur J Cardiothorac Surg*, 2004, vol. 26, pp. 782–726. <http://doi.org/10.1016/j.ejcts.2004.06.011>.
16. Roy P. M. Preoperative pulmonary evaluation for lung resection. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 2018, vol. 34, pp. 296–300. <http://doi.org/10.4103/joacp>.
17. Shafiek H., Valera J. L., Togores B. et al. Risk of postoperative complications in chronic obstructive lung diseases patients considered fit for lung cancer surgery: Beyond oxygen consumption. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 2016, vol. 50, pp. 772–779. <http://doi.org/10.1093/ejcts/ezw104>.
18. Sivakumar J., Sivakumar H., Read M. et al. The role of cardiopulmonary exercise testing as a risk assessment tool in patients undergoing oesophagectomy: a systematic review and meta-analysis. *Ann Surg Oncol*, 2020, vol. 27, pp. 3783–3796. <http://doi.org/10.1245/s10434-020-08638-9>.
19. Slinger P, Darling G. Preanesthetic assessment for thoracic surgery. In: Slinger, P.(eds) *Principles and Practice of Anesthesia for Thoracic Surgery*, 2019, pp. 13–41. <http://doi.org/10.1007/978-3-030-00859-82>.
20. Stubbs D. J., Grimes L. A., Ercole A. Performance of cardiopulmonary exercise testing for the prediction of post-operative complications in non-cardiopulmonary surgery: A systematic review. *PLoS One*, 2020, vol. 15, pp. 14–21. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0226480>.
21. Wasserman K., Hansen J. E., Sue D. Y. et al. Principles of exercise testing and interpretation including pathophysiology and clinical applications. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; a Wolter Kluwer business, 2020, 600 p.
22. Young E. L., Karthikesalingam A., Huddart S. et al. A systematic review of the role of cardiopulmonary exercise testing in vascular surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2012, vol. 44, pp. 64–71. <http://doi.org/10.1016/j.ejvs.2012.03.022>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Л. Толстого, д. 6/8

Кочоян Ирина Шахроевна, клинический ординатор 2-го года кафедры анестезиологии и реаниматологии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: ikochoyan@yandex.ru, ORCID: 0009-0000-5883-417X; **Храпов Кирилл Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии, главный научный сотрудник Научно-клинического центра анестезиологии и реаниматологии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: khrapov.kirill@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9988-3135, SPIN: 3852-7077; **Зарипова Зульфия Абдулловна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: realzulya@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2224-7536; **Вартанова Ирина Владимировна**, кандидат медицинских наук, доцент, врач-анестезиолог-реаниматолог Научно-клинического центра анестезиологии и реаниматологии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), e-mail: ivartanova@mail.ru, SPIN: 8414-0912.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Pavlov University, 6-8, L'va Tolstogo str., Saint Petersburg, Russia, 197022

Kochoyan Irina Sh., 2nd year Clinical Resident of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: ikochoyan@yandex.ru, ORCID: 0009-0000-5883-417X; **Khrapov Kirill N.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Chief Research Fellow of the Research Clinical Center of Anesthesiology and Intensive Care, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: khrapov.kirill@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9988-3135, SPIN: 3852-7077; **Zaripova Zulfya A.**, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: realzulya@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2224-7536; **Vartanova Irina V.**, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Anesthesiologist and Intensivist of the Scientific and Clinical Center of Anesthesiology and Intensive Care, University (Saint Petersburg, Russia), e-mail: ivartanova@mail.ru, SPIN: 8414-0912.