

Систематический обзор и метаанализ диагностической ценности ультразвукового измерения толщины *m. recti femoris* для прогнозирования послеоперационных осложнений у пациентов хирургического профиля

А.В. Котович[✉], А.П. Якимчук, А.М. Дзядзько

ГУ «МНПЦ хирургии, трансплантологии и гематологии»,
220045, Республика Беларусь, Минск, ул. Семашко, д. 8

[✉]Автор, ответственный за переписку: Алексей Владимирович Котович, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации № 3 МНПЦ хирургии, трансплантологии и гематологии, alexeykotovich@yandex.by

Аннотация

Актуальность. Саркопения – частое состояние у пациентов старшего возраста, ассоциированное с повышенным риском послеоперационных осложнений. Компьютерная томография – золотой стандарт диагностики саркопии, который, однако, обладает рядом ограничений. Ультразвуковая оценка толщины прямой мышцы бедра (*m. rectus femoris*) представляет собой неинвазивную и доступную альтернативу, однако ее прогностическая ценность в хирургической практике до настоящего времени не была систематически оценена, что и обуславливает актуальность проведения систематического обзора по данной теме.

Цель. Оценить диагностическую и прогностическую значимость ультразвукового измерения толщины *m. recti femoris* в контексте послеоперационных исходов у взрослых пациентов.

Материал и методы. Проведен систематический поиск литературы в базах данных PubMed, EMBASE, Cochrane Library, Scopus, ClinicalTrials.gov, eLIBRARY.RU и реестре Республиканской научной медицинской библиотеки (РНМБ) с момента их создания до 1 апреля 2025 года. Включены 14 исследований с общим числом участников 1325. Критерии включения: взрослые пациенты (не моложе 18 лет), перенесшие хирургическое вмешательство; указание на послеоперационные осложнения и данные ультразвукового исследования (УЗИ) толщины *m. rectus femoris*. Исключались исследования на детях и беременных, а также работы с некорректной методологией. Метаанализ проведен с использованием моделей фиксированных и случайных эффектов (Mantel–Haenszel, Generic Inverse Variance), оценка качества – по шкале Cochrane RoB 1.0.

Результаты. Исход из результатов проведенного метаанализа, саркопения, диагностированная по УЗИ *m. recti femoris*, ассоциирована с увеличением: длительности госпитализации на 4,96 дня (95% ДИ [2,74–7,19]; $p < 0,0001$), длительности искусственной вентиляции легких на 2,52 дня (95% ДИ [0,56–4,49]; $p = 0,01$), 30-дневной летальности (ОШ=3,32; 95% ДИ [2,32–4,75]; $p < 0,00001$).

Выводы. Ультразвуковая оценка толщины *m. recti femoris* – перспективный инструмент для предоперационной стратификации риска. Метод демонстрирует высокую клиническую значимость при прогнозировании осложнений. Требуются дальнейшие рандомизированные контролируемые исследования высокого качества для стандартизации методик и валидации УЗИ в клинической практике.

Ключевые слова: преабилитация, саркопения, метаанализ, систематический обзор, ультразвуковое исследование, *m. rectus femoris*

Конфликт интересов Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование Исследование проводилось без спонсорской поддержки

Авторы выражают благодарность академику НАН РБ, проф., д-ру мед. наук, директору ГУ «МНПЦ хирургии, трансплантологии и гематологии» Руммо Олегу Олеговичу за административную поддержку исследования

Для цитирования: Котович А.В., Якимчук А.П., Дзядзько А.М. Систематический обзор и метаанализ диагностической ценности ультразвукового измерения толщины *m. recti femoris* для прогнозирования послеоперационных осложнений у пациентов хирургического профиля. *Трансплантология*. 2026;18(1):125–134. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2026-18-1-125-134>

A systematic review and meta-analysis of the diagnostic value of ultrasound measurement of m. rectus femoris thickness for predicting postoperative complications in surgical patients

A.V. Kotovich[✉], A.P. Yakimchuk, A.M. Dzyadzko

Minsk Scientific and Practical Center of Surgery, Transplantation and Hematology,
8 Semashko St., Minsk 220045 Republic of Belarus

[✉]Corresponding author: Aleksey V. Kotovich, Anesthesiologist-Intensivist, Anesthesiology and Resuscitation Care Department No. 3, Minsk Scientific and Practical Center of Surgery, Transplantation and Hematology, alexeykotovich@yandex.by

Abstract

Background. Sarcopenia is a common condition in hospitalized elderly patients, associated with an increased risk of postoperative complications. Computed tomography is the gold standard for diagnosing sarcopenia, but it has a number of limitations. Ultrasound assessment of the thickness of the rectus femoris muscle is a non-invasive and affordable alternative, but its prognostic value in surgical practice has not yet been systematically evaluated.

Objective. To evaluate the diagnostic and prognostic significance of ultrasound measurement of m. rectus femoris thickness in the context of postoperative outcomes in adult patients.

Material and methods. A systematic search of the literature was conducted in the PubMed, EMBASE, Cochrane Library, Scopus, ClinicalTrials.gov, eLIBRARY.RU, and RNMB Registry databases from their inception to April 1, 2025. Fourteen studies with a total of 1.325 participants were included. Inclusion criteria: adult patients (not younger 18 years) who underwent surgery; indication of postoperative complications and ultrasound data on the thickness of the rectus femoris muscle. Studies on children and pregnant women, as well as studies with incorrect methodology, were excluded. The meta-analysis was performed using fixed and random effects models (Mantel–Haenszel, Generic Inverse Variance), and quality was assessed using the Cochrane RoB 1.0 scale.

Results. Based on the results of the meta-analysis, sarcopenia diagnosed by ultrasound of the rectus femoris muscle is associated with an increase in: the length of hospital stay by 4.96 days (95% CI [2.74–7.19]; $p < 0.0001$), length of mechanical ventilation by 2.52 days (95% CI [0.56–4.49]; $p = 0.01$), and 30-day mortality (OR=3.32; 95% CI [2.32–4.75]; $p < 0.00001$).

Conclusions. Ultrasound assessment of m. rectus femoris thickness is a promising tool for preoperative risk stratification. The method demonstrates high clinical significance in predicting complications. Further high-quality RCTs are needed to standardize techniques and validate ultrasound in clinical practice.

Keywords: prehabilitation, sarcopenia, meta-analysis, systematic review, ultrasound, m. rectus femoris

CONFLICT OF INTERESTS Authors declare no conflict of interest

FINANCING The study was performed without external funding

The authors express their gratitude to Prof. Oleg O. Rummo, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, Dr. Sci. (Med.), Director of the Minsk Scientific and Practical Center of Surgery, Transplantation, and Hematology for administrative support of the study

ACKNOWLEDGMENTS

For citation: Kotovich AV, Yakimchuk AP, Dzyadzko AM. A systematic review and meta-analysis of the diagnostic value of ultrasound measurement of m. rectus femoris thickness for predicting postoperative complications in surgical patients. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2026;18(1):125–134. (In Russ.). <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2026-18-1-125-134>

ДИ – доверительный интервал
ИВЛ – искусственная вентиляция легких
КТ – компьютерная томография
ОР – отношения рисков

ОШ – отношения шансов
РКИ – рандомизированные контролируемые исследования
УЗИ – ультразвуковое исследование

Введение

Хирургические вмешательства у пожилых и коморбидных пациентов характеризуются высокой частотой послеоперационных осложнений, достигающей 15–30% в зависимости от типа операции и состояния пациента. Саркопения – это прогрессирующая потеря скелетной мышечной

массы и силы. Частота встречаемости саркопении достигает 50% госпитализированных пациентов старше 65 лет и является независимым фактором риска неблагоприятных исходов после оперативного вмешательства [1].

Традиционные методы оценки нутритивного статуса и функциональных резервов пациента, такие как индекс массы тела, уровень в крови

альбумина и другие биохимические показатели обладают ограниченной прогностической ценностью. Компьютерная томография (КТ) на данный момент является эталонным методом количественной оценки мышечной массы при диагностике саркопении [2]. Однако ее рутинное использование ограничено рядом факторов: необходимостью дорогостоящего оборудования, лучевой нагрузкой, а также тем, что во многих стационарах КТ не входит в стандарты предоперационного обследования и недоступна для регулярного мониторинга.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) четырехглавой мышцы бедра (рис. 1), в частности измерение толщины *m. recti femoris* – достаточно перспективный неинвазивный метод оценки мышечной массы. Этот подход обладает рядом преимуществ таких как: портативность оборудования, отсутствие радиационного воздействия, возможность проведения у постели больного и относительно низкая стоимость.

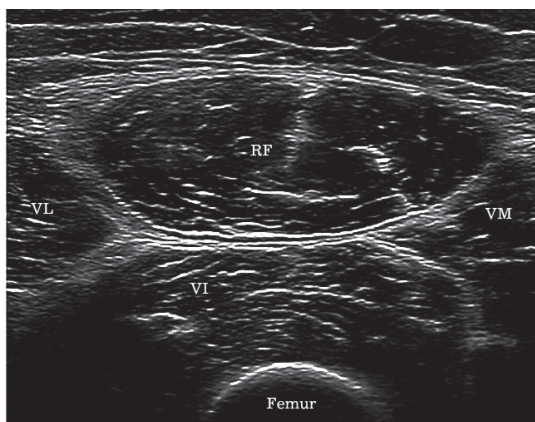


Рис. 1. Визуализация *m. recti femoris* методом ультразвукового исследования [2]

Fig. 1. Visualization of *m. rectus femoris* at ultrasound examination [2]

При использовании стандартного сканирования на уровне средней трети бедра толщина мышцы *quadriceps femoris* у здоровых мужчин в среднем составляет ~4 см, у женщин ~3,5 см [3]. Значительное отклонение (более 15%) от этих значений может служить надежным признаком саркопении.

Несмотря на растущий интерес к УЗИ диагностике саркопении [4, 5], систематический анализ диагностической ценности этого метода для прогнозирования послеоперационных осложнений ранее не проводился. Это создает необходимость в комплексном метаанализе имеющихся

данных для определения клинической значимости УЗИ измерения толщины *m. recti femoris* в периоперационном периоде.

Ограничения. При проведении данного исследования ограничениями выступили: отсутствие рандомизированных контролируемых исследований (РКИ) надлежащего качества, ограниченный доступ к базам данных научного цитирования, отсутствие свободного доступа к некоторым полнотекстовым статьям, сбор информации и синтез данных выполнялся одной и той же группой исследователей. Также небольшой размер выборки в отдельных исследованиях снижает общую статистическую мощность данного исследования. Возможно публикационное смещение, учитывая, что положительные результаты чаще попадают в публикации.

Материал и методы

В работу были включены данные РКИ. Проводился систематический поиск литературы в базах данных PubMed, EMBASE и Cochrane Library с момента их создания до 1 апреля 2025 года. Использовалась комбинация терминов медицинских предметных рубрик (MeSH) (для PubMed и Cochrane), Emtree (для EMBASE). Ключевые термины включают: Humans, Cardiogenic Shock, cardiac surgery, cardiac interventions. Поиск исследований осуществлялся в базах данных PubMed (Medline), Scopus (Web of Science), Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL), Embase, ClinicalTrials.gov, eLIBRARY.RU и Реестра Республиканской научной медицинской библиотеки. Для улучшения качества поиска в базах данных: PubMed (Medline), Scopus (Web of Science), Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL), Embase, ClinicalTrials.gov, eLIBRARY.RU и реестра Республиканской научной медицинской библиотеки была разработана поисковая стратегия (табл. 1).

Всего были проанализированы 1708 статей, из которых 14 были включены в метаанализ. Методом ультразвукового исследования (УЗИ) *m. recti femoris* были проанализированы 3 показателя: длительность госпитализации, длительность искусственной вентиляции легких (ИВЛ), уровень летальности в группе с диагностированной саркопенией и у пациентов без саркопении (рис. 2).

Все статистические анализы выполнялись с использованием статистического программного обеспечения STATISTICA 12.0, Microsoft Excel и

RevMan5. Неоднородность исследований оценивалась с использованием статистики I². Шкала Cochrane Risk of Bias Tool (RoB 1.0) использовалась для оценки качества.

Таблица 1. Поисковый запрос в базах данных научного цитирования

Table 1. Search query in scientific citation databases

Номер строки	Строка поиска
#1	("Rectus Femoris"[Title/Abstract] OR "Rectus Femoris
#2	Muscle"[MeSH Terms])
#3	AND
#4	("Ultrasonography"[MeSH Terms] OR "ultrasound
#5	measurement"[Title/Abstract] OR "muscle thickness"[Title/
#6	Abstract])
#7	AND
#8	("Postoperative Complications"[MeSH Terms] OR "Mechanical
#9	Ventilation"[MeSH Terms] OR "Length of Stay"[MeSH Terms] OR
#10	"Hospital Mortality"[MeSH Terms])
#11	AND
#12	("Sarcopenia"[MeSH Terms] OR "Muscle Wasting"[Title/Abstract]
#13	OR "Frailty"[MeSH Terms])
#14	AND
#15	("Predictive Value of Tests"[MeSH Terms] OR "Prognostic
#16	Value"[Title/Abstract] OR "Diagnostic Accuracy"[Title/Abstract])

При экстракции данных исследователи извлекали из каждой включенной статьи следующую информацию: имя первого автора, год публикации, страна, дизайн исследования, размер выборки, характеристики участников, контрольная популяция, период наблюдения, результаты, определение и измерение отношения шансов (ОШ) или отношения рисков (ОР) и 95% доверительный интервал (ДИ), скорректированные для статистического анализа.

Критерии включения. Взрослые пациенты (не моложе 18 лет), перенесшие хирургическое вмешательство любой специализации.

Критериями исключения были:

- Исследования на детях и беременных
- Отсутствие данных о послеоперационных осложнениях

– Некорректная методология измерения толщины m. recti femoris

Таким образом, в анализ были включены 14 исследований (Berrin et al. 2021, Canales et al. 2022, Derek 2024, Galli et al. 2022, Guzman–David

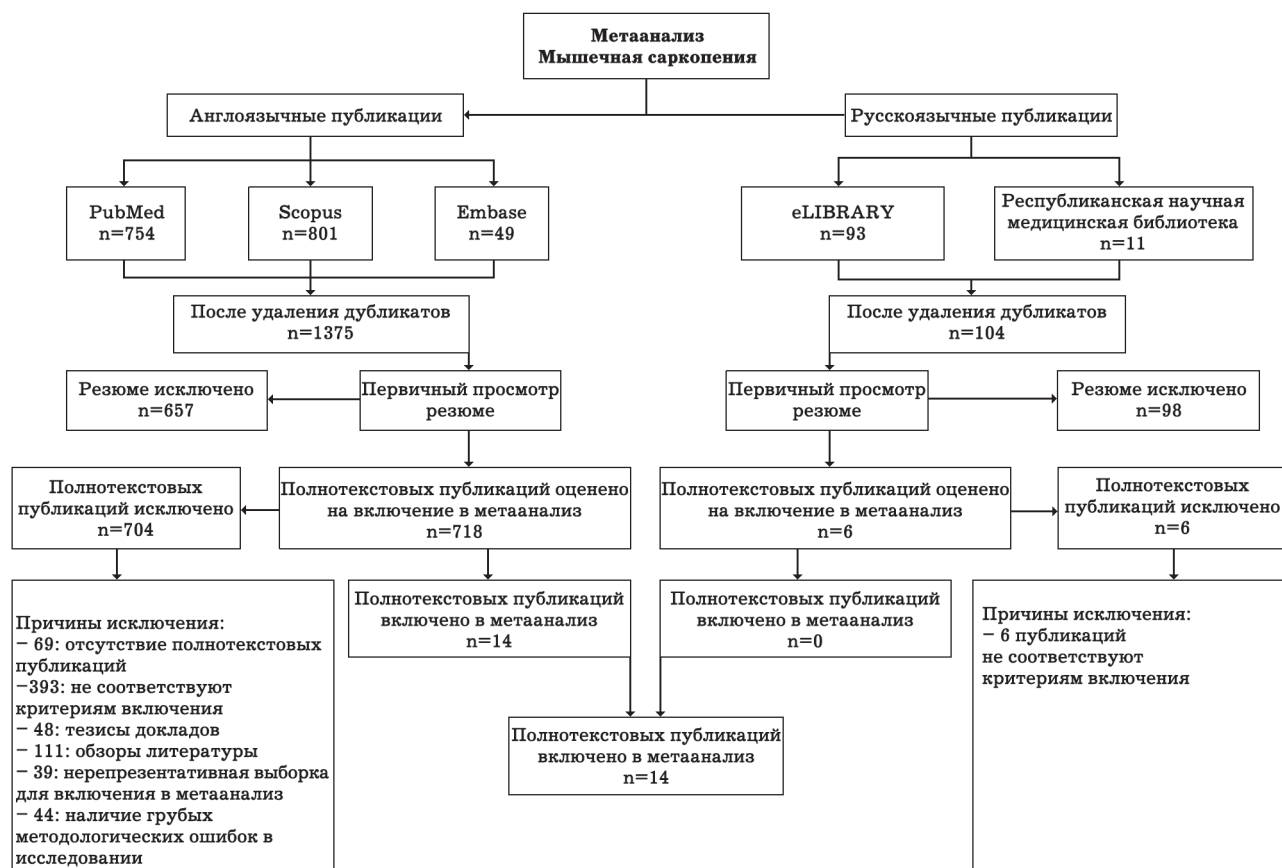


Рис. 2. Поисковая стратегия систематического обзора

Fig. 2. Search strategy for the systematic review

2023, Hogenbrik et al. 2023, Karakayali et al. 2024, Levine 2023, Mueller et al. 2016, Palakshappa et al. 2018, Sabatino et al. 2022, Salim et al. 2022, Toledo

et al. 2021, Zeynep et al. 2023) [6–20] с общим количеством участников 1325. Для анализа данных использовался метаанализ (Mantel–Haenszel).

Таблица 2. Характеристики включенных исследований
Table 2. Characteristics of included studies

Автор	Страна	Дизайн	n	Возраст	Тип хирургического вмешательства	Исследуемые исходы	Результаты
Berrin et al., 2021	Турция	Проспективное наблюдательное когортное исследование	38	61–71 год	Пациенты в отделении анестезиологии и реанимации	Ультразвуковое измерение толщины m. rectus femoris + vastus intermedius (TRF+VI), линейный датчик, 10.7 МГц, в течение 36 часов после интубации	Пороговая толщина TRF+VI <21 мм (cut-off по ROC-анализу)
Canales et al., 2022	США	Проспективное диагностическое исследование точности (diagnostic accuracy study)	52	66±13 лет (frail), 57±12 лет (non frail)	Разнородная популяция хирургических пациентов	Вторичные: делирий, госпитализация в реабилитационные учреждения, продолжительность пребывания, 30-дневная и 1-летняя смертность	AUC (ROC) для quadriceps = 0,80; rectus femoris CSA = 0,70;
Derek et al., 2024	Гонконг	Проспективное когортное исследование	85	64±8 лет	Плановая кардиохирургия	ДАН30 — количество дней дома в течение 30 дней после операции	AUROC для CSARFM = 0,76; AUROC для комбинации GST5m + CSARFM = 0,90 (95% ДИ [0,81–0,95]); высокая специфичность (94,4%)
Galli et al., 2022	Италия	Ретроспективное, наблюдательное, случай-контроль	65	65,9±12,2 лет	Хирургическое лечение местно-распространенного рака головы и шеи	Тяжелые послеоперационные осложнения в течение 30 дней (Clavien–Dindo ≥ III)	УЗИ CSA прямой мышцы бедра: OP 7,07, p=0,004. КТ/MPT CSA C3: OP 6,74, p=0,005.
Guzmán-David et al., 2023	Колумбия	Проспективное, наблюдательное, когортное исследование	31	62,5±15,4 лет	Пациенты в отделении анестезиологии и реанимации	Мышечная слабость (по MRC, динамометрии, дыхательной мышечной силе). Вторичные: длительность ИВЛ, дни без ИВЛ, длительность пребывания в отделении анестезиологии и реанимации, 28-дневная смертность	Риск развития ICUAW (OP 3,2) и слабости кистевого захвата (OP 2,75).
Hogenbirk et al., 2023	Нидерланды	Проспективное, наблюдательное когортное исследование	173	64,3±11,9 лет	Разнородная популяция хирургических пациентов	Послеоперационная потеря мышечной массы (≥10%) в течение 1 недели после операции (SRML). 1-летняя выживаемость	ОШ 4,00, p=0,045. SRML ассоциирована с пониженной 1-летней выживаемостью (OP 5,11, p=0,006).
Karakayali et al., 2024	Турция	Проспективное, наблюдательное когортное исследование	276	70±6 лет	Разнородная популяция хирургических пациентов	Интра- и послеоперационные осложнения; вторичные: летальность, длительность госпитализации	ОШ (логистическая регрессия): саркопения увеличивала риск интраоперационных осложнений в 4,72 раза (p<0,001), послеоперационных — в 3,71 раза (p<0,001)
Toledo et al., 2021	Бразилия	Проспективное когортное исследование (одноцентровое)	74	62,3±19,5 лет	Пациенты в отделении анестезиологии и реанимации	Длительность ИВЛ, летальность в отделениях интенсивной терапии и в стационаре	OP (Cox): снижение QMLT ≥1.64 см → удлинение ИВЛ (OP = 2,1, p = 0,017), выше летальность в ОИТ (OP = 3,7) и в стационаре (OP = 4,5)
Levine et al., 2023	Канада	Проспективное когортное исследование	79	49,9±14,4 лет	Трансплантация почки	Основной: длительность госпитализации (LOS), вторичные: инфекции, отторжение, уровень креатинина через 1 месяц	LOS >14 дней: 21% в группе low-QMLT vs 3% в группе high-QMLT (p=0,04); средний LOS: 12,0 vs 8,0 дней; при исключении пациентов с живым донором разница сохраняется
Sabatino et al., 2022	Италия	Проспективное когортное исследование	181	65±16 лет	Разнородная популяция хирургических пациентов	Смертность	OP: 0,76 (0,59–0,99), p=0,040

Результаты

Оценка методологического качества включенных в метаанализ исследований проводилась с использованием шкалы Cochrane Risk of Bias Tool (RoB 1.0). Шкала включает следующие домены систематических ошибок:

Random sequence generation (selection bias) – случайная генерация последовательности рандомизации.

Allocation concealment (selection bias) – сокрытие процедуры распределения.

Blinding of participants and personnel (performance bias) – ослепление участников и персонала, предотвращающее влияние на исходы.

Blinding of outcome assessment (detection bias) – ослепление при оценке исходов.

Incomplete outcome data (attrition bias) – неполные данные по исходам (например, потери при наблюдении).

Selective reporting (reporting bias) – избирательная публикация исходов.

Other bias – прочие потенциальные источники систематической ошибки (например, конфликт интересов, нарушение протокола).

Наибольшую долю высокого риска систематической ошибки продемонстрировали следующие домены:

Random sequence generation (отбор участников) – более чем в 60% исследований отсутствовала четкая информация о методе генерации случайной последовательности, что свидетельствует о потенциальном selection bias.

Allocation concealment (сокрытие рандомизации) – в ряде исследований процедура сокрытия распределения не описана или описана недостаточно, что может привести к систематическому искажению при включении пациентов в группы.

Blinding of participants and personnel (ослепление участников и исследователей) – большинство исследований были открытыми (open-label), что создает риск performance bias, особенно при субъективных исходах (например, клиническое улучшение, длительность ИВЛ).

Selective reporting (избирательная публикация данных) – около 40% исследований демонстрируют высокий риск reporting bias, так как отсутствует регистрация протоколов в публичных базах или наблюдаются несоответствия между заявленными и представленными исходами.

Уровень систематической ошибки был низким в доменах, связанных с ослеплением оценки исходов (blinding of outcome assessment) и неполными

данными по исходам (attrition bias), что повышает достоверность результатов по объективным критериям, таким как летальность и длительность госпитализации (рис. 3).



Рис. 3. Оценка риска предвзятости включенных исследований

Fig. 3. The risk-of-bias assessment in the included studies

Кроме того, для оценки возможного публикационного смещения был построен воронкообразный график (Funnel Plot), на котором по оси X отложено значение средней разницы (Mean Difference, разность средних значений), а по оси Y – стандартная ошибка средней разницы (SE(MD)). Каждая точка на графике соответствует отдельному исследованию, включенному в метаанализ.

График демонстрирует визуальную асимметрию, при этом большинство точек смещены вправо от центральной линии, отражающей объединенную оценку эффекта. Это может свидетельствовать о наличии публикационного смещения, при котором исследования с меньшим или отсутствующим эффектом могли не попасть в публикацию (рис. 4).

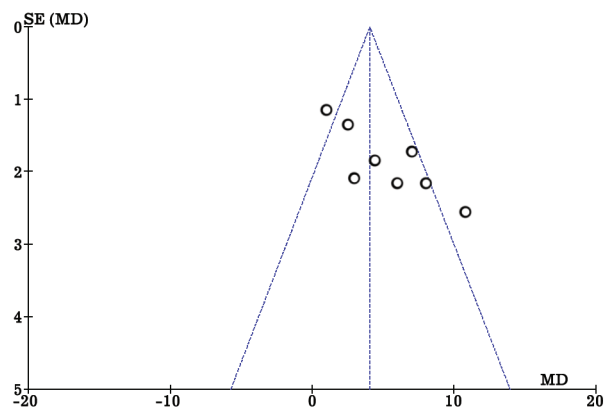


Рис. 4. Funnel Plot для анализа публикационного смещения в рамках метаанализа Mean Difference (MD)

Fig. 4. Funnel Plot for analyzing the publication bias in the context of Mean Difference (MD) meta-analysis

Первый исход – оценка влияния мышечной саркопении на длительность госпитализации. Оценка производилась в 8 исследованиях (Canales et al., 2022, Derek, 2024, Galli et al., 2022, Hogenbirk et al., 2023, Karakayali et al., 2024, Levine, 2023, Mueller et al., 2016, Salim et al., 2020) (рис. 5).

Разность средних значений в длительности госпитализации между группами составила 4,96 дня (95% ДИ [2,74–7,19], $p < 0,0001$), что говорит о статистически значимом удлинении пребывания в стационаре пациентов с низкой мышечной массой.

Наибольшее влияние отмечено в исследованиях Galli et al., 2022 и Salim et al., 2020, где разница достигала 10,80 и 7,00 дней соответственно.

Гетерогенность между исследованиями была умеренной ($I^2=69\%$), что указывает на наличие определенной вариабельности в дизайне исследований и популяциях, но при этом данные мета-анализа оказались статистически значимыми ($\chi^2=22,64$, $df=7$, $p=0,002$).

Второй изучаемый исход – оценка влияния мышечной саркопении на длительность ИВЛ. Оценка производилась в 4 исследованиях (Berrin, 2021; Derek, 2024; Guzman–David, 2023; Toledo et al., 2021) ($n=221$) (рис. 6).

Исходя из проведенного мета-анализа, пациенты с саркопенией находились на ИВЛ в среднем на 2,52 дня дольше, чем пациенты с нормальной мышечной массой (95% ДИ [0,56–4,49]; $p=0,01$). Все включенные исследования демонстрировали положительное смещение – продолжительность ИВЛ была выше в группе саркопении. Низкая гетерогенность ($I^2=18\%$) говорит о высокой согласованности данных между исследованиями.

На рис. 6 представлен метаанализ, оценивающий связь между наличием саркопении и уровнем 30-дневной летальности в послеоперационном периоде. Для агрегирования данных был применен метод Generic Inverse Variance с использованием логарифмов отношения шансов (logOR), что позволило учитывать предварительно рассчитанные значения ОШ и их стандартные ошибки из оригинальных публикаций (рис. 7).

Совокупное ОШ составило 3,32 (95% ДИ [2,32–4,75]; $p < 0,00001$), что указывает на в 3,3 раза более высокий риск смертельного исхода у пациентов с признаками саркопении по сравнению с пациентами с нормальной мышечной массой.

Наиболее весомый вклад в итоговый эффект внесло исследование A. Sabatino et al. (2022) (вес 47,7%), благодаря точной оценке logOR и низкой стандартной ошибке. Гетерогенность между

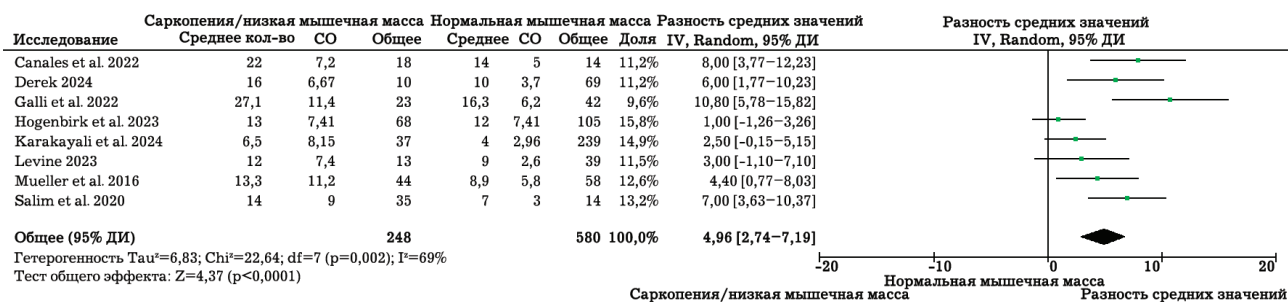


Рис. 5. Анализ длительности госпитализации пациентов с саркопенией и нормальной мышечной массой на основании данных метаанализа

Fig. 5. Analysis of the length of patients hospital stay with sarcopenia and those with normal muscle mass based on meta-analysis data

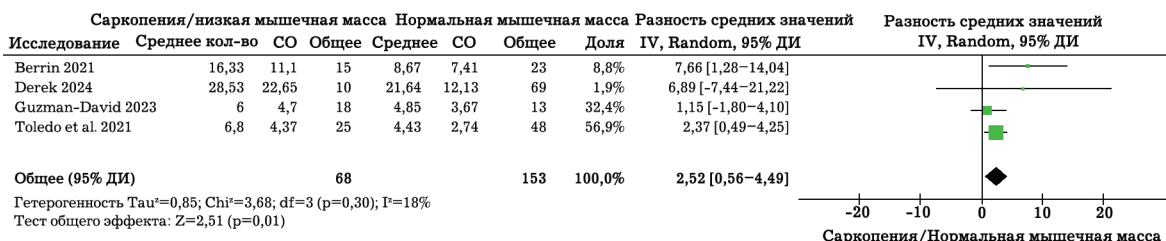


Рис. 6. Метаанализ влияния мышечной саркопении на продолжительность искусственной вентиляции легких

Fig. 6. Meta-analysis of the impact of the muscle sarcopenia on the length of mechanical ventilation

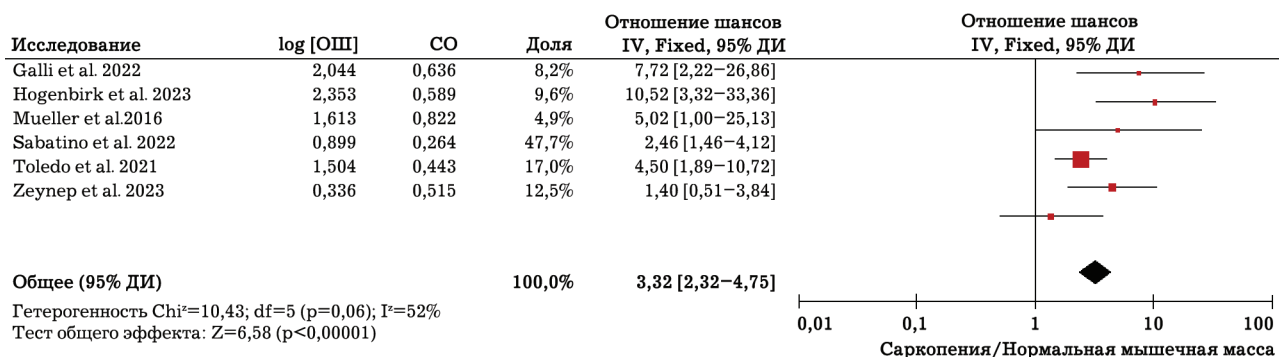


Рис. 7 . Метаанализ влияния мышечной саркопении на 30-дневную летальность

Fig. 7. Meta-analysis of the impact of muscle sarcopenia on 30-day mortality

исследованиями умеренная ($I^2=52\%$), но статистически незначимая ($p=0,06$), что позволяет использовать модель фиксированных эффектов [17].

Полученные данные подтверждают гипотезу о том, что саркопения является независимым предиктором летальности.

Обсуждение

Результаты проведенного метаанализа подтверждают значимость ультразвуковой оценки толщины *m. rectus femoris* как информативного диагностического и прогностического инструмента в контексте предоперационной стратификации риска.

Анализ трех исходов – длительности госпитализации, продолжительности ИВЛ и 30-дневной летальности – продемонстрировал статистически значимые различия между группами пациентов с саркопенией и сохраненной мышечной массой.

Продолжительность госпитализации:

Согласно агрегированным данным 8 исследований, пациенты с саркопенией находились в стационаре в среднем на 4,96 дня дольше по сравнению с пациентами с нормальной мышечной массой (95% ДИ [2,74–7,19]; $p<0,0001$). Это подтверждает влияние мышечной недостаточности на течение послеоперационного периода, включая заживление, инфекционные осложнения и восстановление функциональной активности.

Искусственная вентиляция легких (ИВЛ):

Метаанализ 4 исследований показал увеличение продолжительности ИВЛ у пациентов с саркопенией на 2,52 дня (95% ДИ [0,56–4,49]; $p=0,01$), что также может быть связано с ослаблением дыхательной мускулатуры, низкой выносливостью и затрудненным отлучением от аппарата.

Низкий уровень гетерогенности ($I^2=18\%$) повышает надежность этих данных.

30-дневная летальность:

Применение метода Generic Inverse Variance $\log(\text{OR})$ позволило обобщить данные 6 исследований, продемонстрировав, что наличие саркопении повышает риск смертельного исхода в 3,3 раза (ОШ=3,32; 95% ДИ [2,32–4,75]; $p<0,00001$). Это подтверждает, что дефицит мышечной ткани – независимый фактор риска смерти в раннем послеоперационном периоде.

Заключение

Ультразвуковое измерение толщины *m. recti femoris* представляет собой доступный, неинвазивный и легко воспроизводимый метод предоперационной оценки функционального статуса пациента.

Саркопения, диагностированная с использованием ультразвукового исследования, статистически значимо ассоциирована с увеличением длительности госпитализации, продолжительности ультразвукового исследования и уровнем послеоперационной летальности.

Полученные данные подтверждают, что оценка мышечной массы может быть включена в комплексную предоперационную стратификацию риска, особенно у пациентов пожилого возраста и с хроническими сопутствующими заболеваниями. Необходимы дальнейшие рандомизированные исследования высокого качества, направленные на стандартизацию методик измерения и разработку алгоритмов клинического принятия решений на основе ультразвуковых маркеров саркопении.

Список литературы/References

1. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(4):601. PMID: 31081853 <https://doi.org/10.1093/ageing/afz046>
2. Shrikrishna D, Patel M, Tanner RJ, Seymour JM, Connolly BA, Puthuchery ZA, et al. Quadriceps wasting and physical inactivity in patients with COPD. *Eur Respir J*. 2012;40(5):1115–1122. PMID: 22362854 <https://doi.org/10.1183/09031936.00170111>
3. Arts IM, Pillen S, Schelhaas HJ, Overeem S, Zwarts MJ. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle Nerve*. 2010;41(1):32–41. PMID: 19722256 <https://doi.org/10.1002/mus.21458>
4. Kaido T, Ogawa K, Fujimoto Y, Ogura Y, Hata K, Ito T, et al. Impact of sarcopenia on survival in patients undergoing living donor liver transplantation. *Am J Transplant*. 2013;13(6):1549–1556. PMID: 23601159 <https://doi.org/10.1111/ajt.12221>
5. Rustani K, Kundisova L, Capecchi PL, Nante N, Bicchi M. Ultrasound measurement of rectus femoris muscle thickness as a quick screening test for sarcopenia assessment. *Arch Gerontol Geriatr*. 2019;83:151–154. PMID: 31029040 <https://doi.org/10.1016/j.archger.2019.03.021>
6. Seymour JM, Ward K, Sidhu PS, Puthuchery Z, Steier J, Jolley CJ, et al. Ultrasound measurement of rectus femoris cross-sectional area and the relationship with quadriceps strength in COPD. *Thorax*. 2009;64(5):418–423. PMID: 19158125 <https://doi.org/10.1136/thx.2008.103986>
7. Er B, Simsek M, Yildirim M, Halacli B, Ocal S, Ersoy EO, et al. Association of baseline diaphragm, rectus femoris and vastus intermedius muscle thickness with weaning from mechanical ventilation. *Respir Med*. 2021;185:106503. PMID: 34166958 <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2021.106503>
8. Canales C, Mazor E, Coy H, Grogan TR, Duval V, Raman S, et al. Preoperative point-of-care ultrasound to identify frailty and predict postoperative outcomes: a diagnostic accuracy study. *Anesthesiology*. 2022;136(2):268–278. PMID: 34851395 <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000004064>
9. Yau DKW, Griffith JF, Underwood MJ, Joynt GM, Lee A. Preoperative rectus femoris muscle ultrasound, its relationship with frailty scores, and the ability to predict recovery after cardiac surgery: a prospective cohort study. *Perioper Med (Lond)*. 2024;13(1):45. PMID: 38783315 <https://doi.org/10.1186/s13741-024-00401-y>
10. Galli A, Colombo M, Prizio C, Carrara G, Lira Luce F, Paesano PL, et al. Skeletal muscle depletion and major postoperative complications in locally-advanced head and neck cancer: a comparison between ultrasound of rectus femoris muscle and neck cross-sectional imaging. *Cancers (Basel)*. 2022;14(2):347. PMID: 35053512 <https://doi.org/10.3390/cancers14020347>
11. Guzmán-David CA, Ruiz-Ávila HA, Camargo-Rojas DA, Gómez-Alegria CJ, Hernández-Álvarez ED. Ultrasound assessment of muscle mass and correlation with clinical outcomes in critically ill patients: a prospective observational study. *J Ultrasound*. 2023;26(4):879–889. PMID: 37783892 <https://doi.org/10.1007/s40477-023-00823-2>
12. Wijma AG, Hogenbirk RNM, Driessens H, Kluijthoof DA, Jellema-Betten ES, Tjalsma-de Vries M, et al. Postoperative muscle loss, protein intake, physical activity and outcome associations. *Br J Surg*. 2023;110(2):183–192. PMID: 36394896 <https://doi.org/10.1093/bjs/znac384>
13. Karakayali I, Aslan S, Karacaer F, Lafli Tunay D, Ilginel M, Biricik E, et al. The effect of frailty and sarcopenia on perioperative complications in patients over 65 years undergoing elective surgery, prospective observational study. *Turk J Gastroenterol*. 2024;27(1):1–10. <https://doi.org/10.29400/tjgeri.2024.373>
14. Levine M, Luke P, Sener A, Resvick H, Braga S, St. Kitts T, et al. The impact of quadriceps muscle layer thickness on length of stay of patients listed for renal transplant. *Transplantation*. 2023;4(4):230–241. <https://doi.org/10.3390/transplantation4040022>
15. Mueller N, Murthy S, Tainter CR, Lee J, Riddell K, Fintelmann FJ, et al. Can sarcopenia quantified by ultrasound of the rectus femoris muscle predict adverse outcome of surgical intensive care unit patients as well as frailty? A prospective, observational cohort study. *Ann Surg*. 2016;264(6):1116–1124. PMID: 26655919 <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001546>
16. Palakshappa JA, Reilly JP, Schweickert WD, Anderson BJ, Khoury V, Shashaty MG, et al. Quantitative peripheral muscle ultrasound in sepsis: muscle area superior to thickness. *J Crit Care*. 2018;47:324–330. PMID: 30224027 <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2018.04.003>
17. Sabatino A, Kooman JP, Di Motta T, Cantarelli C, Gregorini M, Bianchi S, et al. Quadriceps muscle thickness assessed by ultrasound is independently associated with mortality in hemodialysis patients. *Eur J Clin Nutr*. 2022;76(12):1719–1726. PMID: 35641665 <https://doi.org/10.1038/s41430-022-01166-7>
18. Salim SY, Al-Khathiri O, Tandon P, Baracos VE, Churchill TA, Warkentin LM, et al. High ultrasound used to identify frail elderly patients with sarcopenia undergoing surgery: a pilot study. *J Surg Res*. 2020;256:422–432. PMID: 32795705 <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.06.043>
19. Toledo DO, Freitas BJ, Dib R, Pfeilsticker FJDA, Santos DMD, Gomes BC, et al. Peripheral muscular ultrasound as outcome assessment tool in critically ill patients on mechanical ventilation: an observational cohort study. *Clin Nutr ESPEN*. 2021;43:408–414. PMID: 34024548 <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.03.015>
20. Kaya ZI, Öztürk Y, Gürcü S, Uncu G, Uçan A, Eşme M, et al. Predictors of 3-month mortality with muscle ultrasound and palliative prognostic tools among patients admitted to palliative care units. *Korean J Intern Med*. 2023;38(4):557–565. PMID: 36997319 <https://doi.org/10.3904/kjim.2022.308>

Информация об авторах

**Алексей Владимирович
Котович**

врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации № 3 ГУ «МНПЦ хирургии, трансплантологии и гематологии»,
<https://orcid.org/0009-0006-3929-647X>, alexeykotovich@yandex.by
40% – планирование дизайна исследования, поиск статей в базах данных научного цитирования, экстракция данных, проведение статистической обработки данных

**Алексей Павлович
Якимчук**

врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации № 4 ГУ «МНПЦ хирургии, трансплантологии и гематологии»,
<https://orcid.org/0009-0009-3577-638X>, alexyakweb@gmail.com
30% – планирование дизайна исследования, поиск статей в базах данных научного цитирования, экстракция данных

**Александр Михайлович
Дзядзько**

проф., д-р мед. наук, заведующий отделом анестезиологии и реанимации ГУ «МНПЦ хирургии, трансплантологии и гематологии»,
<https://orcid.org/0000-0003-1965-1850>, 2726996@gmail.com
30% – редактирование, планирование дизайна исследования, утверждение окончательного варианта рукописи

Information about the authors

Aleksey V. Kotovich

Anesthesiologist-Intensivist, Anesthesiology and Resuscitation Care Department No. 3 of Minsk Scientific and Practical Center of Surgery, Transplantation and Hematology, <https://orcid.org/0009-0006-3929-647X>, alexeykotovich@yandex.by
40%, study design planning, search for articles on the topic in scientific citation databases, data retrieval, statistical data processing

Aleksey P. Yakimchuk

Anesthesiologist-Intensivist, Anesthesiology and Resuscitation Care Department No. 4 of Minsk Scientific and Practical Center of Surgery, Transplantation and Hematology, <https://orcid.org/0009-0009-3577-638X>, alexyakweb@gmail.com
30%, study design planning, search for articles on the topic in scientific citation databases, data retrieval

Aleksandr M. Dzyadzko

Prof., Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Minsk Scientific and Practical Center of Surgery, Transplantation and Hematology, <https://orcid.org/0000-0003-1965-1850>, 2726996@gmail.com
30%, editing, planning of the study design, approval of the final version of the manuscript

*Статья поступила в редакцию 19.06.2025;
одобрена после рецензирования 08.07.2025;
принята к публикации 10.12.2025*

*The article was received on June 19, 2025;
approved after reviewing on July 8, 2025;
accepted for publication on December 10, 2025*