

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЫШЦ БЕДРА КАК ПРЕДИКТОР РАЗВИТИЯ САРКОПЕНИИ И ВЫСОКОГО НУТРИТИВНОГО РИСКА У ПАЦИЕНТОВ В КРИТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ

Н. В. Белявский¹, Р. Э. Якубцевич¹, А. С. Мельник¹, Л. И. Буйко²

¹Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь

²Гродненская университетская клиника, Гродно, Беларусь



Введение. Саркопения, или синдром, обозначаемый термином «слабость, приобретенная в отделении анестезиологии и реанимации (ОАиР)», наблюдается у 70% пациентов ОАиР. Данный синдром усугубляет течение основного заболевания, увеличивает длительность нахождения в стационаре и ухудшает исходы. Методы ультразвукового исследования (УЗИ) могут сыграть важную роль в своевременной диагностике данного состояния.

Цель исследования. Оценить возможности УЗИ в мониторинге степени развития саркопении и оценке риска нутритивной недостаточности у пациентов ОАиР.

Материал и методы. В исследование включены 20 пациентов. В качестве критерия для УЗИ использовалась площадь поперечного сечения прямой мышцы бедра (ППСПМБ). Исследовалась корреляция ППСПМБ с различными биохимическими и клиническими маркерами саркопении и нутритивной недостаточности, а также проведен бинарный логистический регрессионный анализ зависимости ППСПМБ от риска нутритивной недостаточности согласно шкале NUTRIC.

Результаты. Выявлена отрицательная корреляция между ППСПМБ и шкалами SOFA, APACHE II, NUTRIC, CFS, а также возрастом пациентов. Выявлена высокая прогностическая значимость ППСПМБ в прогнозировании нутритивной недостаточности согласно критериям шкалы NUTRIC (площадь под ROC-кривой составила 0,800 (95% ДИ: 0,605–0,995; $p=0,0495$).

Выводы. Метод УЗИ ППСПМБ может быть использован для скринингового мониторинга степени саркопении и риска нутритивной недостаточности и интегрирован в комплексную оценку нутритивного статуса пациентов отделения реанимации.

Ключевые слова: саркопения, нутритивная недостаточность, ультразвуковое исследование, мальнутриция, сепсис, интенсивная терапия

Для цитирования: Ультразвуковое исследование мышц бедра как предиктор развития саркопении и высокого нутритивного риска у пациентов в критическом состоянии / Н. В. Белявский, Р. Э. Якубцевич, А. С. Мельник, Л. И. Буйко // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2025. Т. 23, № 5. С. 455-462. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2025-23-5-455-462>

Введение

Пациенты, госпитализированные в отделение анестезиологии и реанимации (ОАиР), часто находятся в критическом состоянии, которое характеризуется системным воспалительным ответом, гиперметаболизмом и катаболизмом. Эти процессы усугубляются иммобилизацией, недостаточным питанием и воздействием некоторых препаратов, что приводит к быстрой и значительной потере мышечной массы и мышечного тонуса – состоянию, известному как саркопения или синдром, обозначаемый термином «слабость, приобретенная в ОАиР» (ICU-acquired weakness, ICUAW). По данным метаанализов, распространенность саркопении у пациентов ОАиР может достигать 40–70%, в зависимости от используемых критериев диагностики и популяции пациентов [1]. Данные процессы могут начать развиваться в течение первой недели пребывания в ОАиР, при этом потери мышечной массы составляют в среднем около 2% в сутки [2].

Прогрессирующая потеря мышечной массы в ОАиР имеет серьезные клинические последствия. Она ассоциирована с увеличением длительности искусственной вентиляции легких (ИВЛ), продолжительности госпитализации, частоты инфекционных осложнений и смертности

как в стационаре, так и в отдаленном периоде [3, 4, 5]. Кроме того, мышечная атрофия приводит к значительному снижению функциональных возможностей пациентов после выписки, ухудшая качество жизни и замедляя реабилитацию [6]. Имеются данные, согласно которым потеря до 15% мышечной массы за первую неделю пребывания в ОАиР непосредственно связана с дисфункцией как минимум четырех внутренних органов [7]. Саркопения не только усугубляет метаболический дисбаланс, но и повышает риск присоединения нозокомиальной инфекции, пролонгирует нахождение пациента на ИВЛ и восстановления работоспособности в последующем [8, 9]. Учитывая высокую распространенность и тяжесть последствий, ранняя диагностика и мониторинг изменений мышечной массы являются критически важными задачами для оптимизации ведения пациентов в ОАиР.

Помимо этого, значительное снижение мышечной массы может свидетельствовать о развитии мальнутриции, поэтому своевременное выявление саркопении может способствовать ранней коррекции нутритивной поддержки пациента с целью восстановления адекватного метаболического статуса [10].

Среди современных методов оценки мышечной массы ультразвуковое исследование (УЗИ) представляет особый интерес. Основными преимуществами такой диагностики является возможность проводить быструю и неинвазивную визуальную оценку диаметра, площади поперечного сечения, а в некоторых аппаратах и плотности мышц различных анатомических областей тела человека, что делает данный метод ценным инструментом в определении тяжести саркопении [11]. Раннее выявление потери мышечной массы с помощью УЗИ позволит своевременно начать терапию в необходимом объеме, что в итоге может улучшить клинический исход, снизить частоту осложнений и уменьшить показатели летальности и смертности [12].

В свою очередь, в отличие от множества ионизирующих методов визуализации, ультразвук может повторно и безопасно использоваться у постели пациента, при этом имеет хорошую статистическую значимость полученных результатов в сравнении с другими методами визуализации [13].

Таким образом, описанные преимущества делают УЗИ эффективным и перспективным методом для рутинного скрининга и мониторинга саркопении у пациентов в критическом состоянии, поэтому нам представляется важным изучить свойства УЗИ в рамках определения степени выраженности саркопении и риска нутритивной недостаточности у пациентов отделения реанимации.

Цель – оценить возможности УЗИ в мониторинге степени развития саркопении и оценке риска нутритивной недостаточности у пациентов ОАиР.

Материал и методы

Исследование проводилось на базе УЗ «Гродненская университетская клиника» в г. Гродно в отделении анестезиологии и реанимации № 1 в период с декабря 2024 по март 2025 года. В исследование включались лица старше 18 лет, пребывающие в ОАиР более одних суток. К критериям исключения относятся индекс массы тела $>35 \text{ кг/м}^2$, парезы и параличи, мышечные дистрофии, миастения, онкологические заболевания в терминальной стадии, хроническая болезнь почек, острое повреждение почек, моторный ответ по шкале комы Глазго <5 , ампутации и экзартикуляции нижних конечностей, отсутствие нижних конечностей, переломы костей пояса нижних конечностей.

В данном исследовании участвовали 20 пациентов в возрасте от 31 до 87 лет (из них 15 пациентов мужского пола, 5 – женского). Средний возраст пациентов составил $59 (\pm 18)$ лет. Нозологическая структура исследуемой группы была следующая: ведущая патология (у 11 пациентов) – острая абдоминальная хирургическая патология, 3 – гематологические пациенты, 2 – кардиологические пациенты, 2 – перфоративные поражения желудочно-кишечного тракта, 1 – онкологический пациент, 1 – урологический пациент.

В качестве диагностического критерия саркопении и нутритивной недостаточности при

УЗИ использовалась площадь поперечного сечения прямой мышцы бедра (*m. rectus femoris*) (ППСПМБ), как наиболее хорошо визуализируемая анатомическая структура [14]. Измерение проводилось однократно, не позднее 5 суток пребывания пациента в ОАиР, так как по данным некоторых исследований, потеря мышечной массы у тяжелобольных пациентов с полиорганной дисфункцией наступает рано, преимущественно в течение первой недели от возникновения тяжелого состояния [7]. Измерение выполнялось на правой нижней конечности с использованием ультразвукового аппарата GE LogiQ E R7 в точке, находящейся на 60% длины воображаемой линии, проведенной от *spina iliaca anterior superior* к верхней границе надколенника [15]. Манипуляция проводилась одним и тем же исследователем у всех пациентов. В целях исключения половых различий в мышечной массе был произведен пересчет площади поперечного сечения прямой мышцы бедра у женщин с использованием повышающего коэффициента 1,484 [15].

Исходно с целью оценки выраженности органной дисфункции у каждого пациента подсчитывались баллы по шкале SOFA. Для оценки риска смерти и тяжести состояния пациента применялась шкала APACHE II.

В качестве критерия риска развития саркопении и выраженности нутритивной недостаточности рассматривалась шкала NUTRIC, отражающая активность катаболических процессов и риск недостаточности питания, развивающийся у пациентов в критическом состоянии [16]. Данная шкала имеет заметные преимущества перед традиционными методами проведения антропометрии, такими как индекс массы тела или толщина кожной складки, поскольку их результаты могут быть искажены наличием активных воспалительных процессов, проведением активной инфузионной терапии или наличием отеков [17]. В данной шкале учитывается возраст пациента, шкала APACHE II, SOFA, количество сопутствующих патологий, количество дней между поступлением пациента в стационар и перевод его в ОАиР, а также значения уровня интерлейкина-6, однако нами использовался вариант шкалы без этого показателя (табл. 1).

При проведении исследования учитывались следующие лабораторные данные: уровень общего белка, креатинин, мочевины, альбумин. Эти показатели часто используются в качестве косвенных признаков развития мальнутриции и саркопении [18, 19], в связи с чем выявление их взаимосвязи с площадью поперечного сечения исследуемой мышцы бедра так же представляется важным.

В целях оценки функционального состояния мышц пациента и диагностики возможного снижения мышечной силы вследствие развивающейся атрофии использовалась шкала MRC (Medical Research Council) [20]. Также проводилась оценка выраженности синдрома старческой астении по шкале CFS (Clinical frailty scale) [21].

Таблица 1 – Шкала NUTRIC [16, переведено с английского авторами]

Figure 1 – NUTRIC scale [16, translated from English by the authors]

Переменная	Диапазон	Баллы
Возраст	<50	0
	50 - <75	1
	≥75	2
APACHE II	<15	0
	15 - <20	1
	20-28	2
	>28	3
SOFA	<6	0
	6 - <10	1
	≥10	2
Количество сопутствующих заболеваний (Co-morbidities)	0-1	0
	≥2	1
Количество дней от госпитализации до поступления в ОРИТ	0 - <1	0
	≥1	1
РЕЗУЛЬТАТ		
Сумма баллов	Категория	Пояснение
5-9	Высокий балл (High Score)	Ассоциируется с худшими клиническими исходами (смертность, продолжительность ИВЛ). Наиболее вероятно, эти пациенты получают пользу от агрессивной нутритивной терапии.
0-4	Низкий балл (Low Score)	У этих пациентов низкий риск мальнутриции.

Полученные данные в ходе исследования были обработаны и структурированы в программе Excel (Microsoft, США). В последующем был проведен корреляционный анализ и бинарный логистический регрессионный анализ в программе Prism (GraphPad Software, США). Корреляционный анализ проводился с использованием критерия Спирмена вследствие небольшого размера исследуемой выборки пациентов.

Результаты и обсуждение

В результате изучения лабораторных показателей биохимического анализа крови была выявлена гипопроотеинемия и гипоальбуминемия у большинства обследованных пациентов: средний уровень альбумина составил $30,7 \pm 18,6$ г/л, средний уровень общего белка – $59,3 \pm 8,9$ г/л. Повышение количества мочевины выше референтных значений ($2,5$ – $8,3$ ммоль/л)

в крови было выявлено у 50% пациентов. Понижение уровня креатинина (80 – 115 мкмоль/л для мужчин и 53 – 97 мкмоль/л для женщин) было обнаружено у 40% испытуемых (табл. 2).

Согласно полученным результатам по шкале NUTRIC, у 15 пациентов риск недостаточного питания был оценен как «низкий» (результат – <5 баллов). Для 5 пациентов риск возникновения мальнутриции обозначен как «высокий» (результат – ≥5 баллов) (табл. 3).

По шкале MRC только у одного пациента выявлены нарушения мышечного тонуса. По шкале CFS у большинства пациентов отсутствовали признаки выраженной старческой астении (оценка по шкале CFS менее 6 баллов).

С целью оценки прогностических свойств измерения ППСМБ с помощью УЗИ был выполнен корреляционный анализ взаимосвязи между ППСМБ и другими исследуемыми показателями с использованием коэффициента Спирмена (табл. 4).

Исходя из полученных данных, статистически значимая корреляция величин ППСМБ с показателями биохимического анализа крови, а также шкалой MRC не выявлена. Отсутствие зависимостей между размерами мышц и показателями крови подтверждает тот факт, что концентрации таких веществ, как общий белок, креатинин, альбумин и мочевины зависят от множества других факторов, помимо интенсивности катаболических процессов, ввиду чего не стоит использовать эти показатели для оценки нутритивного статуса в отрыве от общей клинической картины и сопутствующей патологии [22]. В свою очередь, отсутствие корреляции со шкалой MRC можно объяснить тем, что величина мышечного тонуса обусловлена не только диаметром мышцы, но и активностью нервной системы, например, наличием полинейропатии критических состояний [23], что в нашем исследовании не учитывалось.

Выявлена сильная отрицательная корреляция между ППСМБ и возрастом пациентов ($r = -0,6798$; $p = 0,0007$). Это согласуется с общим пониманием возрастных изменений, так как involuntary саркопения, характеризующаяся прогрессирующей потерей мышечной массы и силы, является хорошо известным процессом, ассоциированным со старением [24].

Обнаружена умеренная отрицательная корреляция ППСМБ со шкалой NUTRIC ($r = -0,5739$; $p = 0,0065$). Поскольку шкала NUTRIC оценивает риск развития нутритивной недостаточности и связанных с ней осложнений у пациентов в критическом состоянии, полученная отрицательная корреляция соответствует нашей гипотезе о том, что меньшая величина ППСМБ ассоциируется с более высоким риском мальнутриции и катаболизма.

Статистически значимые обратные корреляции были также установлены между ППСМБ и шкалами оценки тяжести состояния: SOFA ($r = -0,4905$; $p = 0,0240$) и APACHE II ($r = -0,4726$; $p = 0,0305$). Более высокие баллы по этим шкалам отражают большую степень органной дисфунк-

Таблица 2 – Биохимические показатели пациентов, включенных в исследование
Table 2 – Biochemical parameters of patients included in the study

N, п/п	Пол	Возраст, лет	Альбумин, г/л	Общий белок, г/л	Мочевина, ммоль/л	Креатинин, мкмоль/л
1	Мужской	53	27	65	8,1	103
2	Мужской	55	26	52	10,9	67
3	Женский	46	34	57	5,6	38
4	Мужской	37	33	62	7,2	76
5	Мужской	36	39	57	5,8	57
6	Мужской	31	30	64	17,5	89
7	Мужской	48	22	57	6,1	50
8	Мужской	50	30	56	4,1	60
9	Женский	86	28	49	14,7	115
10	Женский	63	29	63	23,6	266
11	Мужской	87	28	59	7	90
12	Мужской	65	33	65	10,7	80
13	Мужской	76	38	61	12,3	178
14	Мужской	86	31	60	10,1	104
15	Мужской	78	38	64	8,4	82
16	Мужской	55	28	43	6,1	124
17	Женский	79	24	89,4	20,9	389
18	Мужской	46	32	56	5,5	64
19	Женский	84	27	50	13,3	90
20	Мужской	34	36	57	4,6	65

Таблица 3 – Показатели оценки клинических шкал и ППСРМБ правой нижней конечности у пациентов, включенных в исследование
Table 3 – Assessment of clinical scales and rectus femoris cross-sectional area (CSARFM) of the right lower extremity in patients included in the study

N, п/п	Пол	Возраст, лет	ППСРМБ, см ²	Рост, см	Вес, кг	APACHE, балл	SOFA, балл	MRC, балл	CFS, балл	Nutric, балл
1	Мужской	53	3,66	170	55	11	2	5	4	2
2	Мужской	55	4,63	173	85	18	1	5	4	3
3	Женский	46	2,97*	161	96	25	7	2	4	4
4	Мужской	37	5,67	166	77	8	0	5	1	0
5	Мужской	36	4,40	175	82	8	1	5	1	1
6	Мужской	31	4,63	180	100	8	3	5	2	1
7	Мужской	48	1,80	168	74	12	0	5	4	1
8	Мужской	50	1,23	175	75	14	5	5	4	1
9	Женский	86	1,25*	167	50	17	11	5	2	6
10	Женский	63	1,74*	164	80	25	9	5	5	5
11	Мужской	87	1,42	175	76	26	5	5	6	5
12	Мужской	65	2,07	180	80	19	2	5	3	3
13	Мужской	76	2,90	172	85	21	2	5	3	6
14	Мужской	86	1,43	176	80	9	2	5	4	4
15	Мужской	78	1,40	170	68	12	0	5	6	4
16	Мужской	55	3,80	193	98	11	1	5	3	3
17	Женский	79	1,51*	150	60	32	14	5	8	9
18	Мужской	46	4,73	175	104	10	0	5	5	1
19	Женский	84	2,24*	164	70	17	3	5	5	4
20	Мужской	34	3,32	185	70	6	1	5	3	1

Примечание – * – к значению применен повышающий коэффициент 1,474 (пояснения в тексте).

Таблица 4 – Результаты оценки корреляции различных показателей со значением ППСМБ правой нижней конечности

Table 4 – Results of the assessment of the correlation of various indicators with the value of the CSARFM of the right lower extremity

Показатель	Значение r (коэффициент Спирмена)	p
CFS	-0,4409	0,0454
Nutric	-0,5739	0,0065
MRC	-0,07388	0,7503
Мочевина плазмы	-0,1703	0,4605
Креатинин плазмы	-0,2749	0,2279
Альбумин плазмы	0,2198	0,3519
Общий белок плазмы	-0,07273	0,7540
Возраст	-0,6798	0,0007
APACHE	-0,4726	0,0305
SOFA	-0,4905	0,0240

ции и более тяжелое состояние пациента, что закономерно сопровождается усилением катаболических процессов и, как следствие, потерей мышечной массы. Умеренная отрицательная взаимосвязь между ППСМБ и шкалой клинической хрупкости (CFS) ($r=-0,4409$; $p=0,0454$) может указывать на то, что функциональным нарушениям, связанным с прогрессированием синдрома старческой астении, способствует в том числе и инволютивная саркопения.

С целью более точной оценки прогностической значимости ППСМБ в отношении риска развития нутритивной недостаточности был проведен бинарный логистический регрессионный анализ. В качестве зависимой переменной использовалась категория риска по шкале NUTRIC (табл. 1): пациенты с ≥ 5 баллами были отнесены к группе высокого риска (в модели обозначены как «1»), а пациенты с < 5 баллами – к группе низкого риска (в модели обозначены как «0»). ППСМБ выступала в качестве независимого предиктора. Анализ выявил статистически значимую обратную корреляцию между ППСМБ и вероятностью высокого риска нутритивной недостаточности (коэффициент $\beta_1=-1,186$). Установлено, что увеличение ППСМБ на одну единицу площади (см^2) ассоциируется со снижением шансов развития нутритивной недостаточности на 69,5% (ОШ=0,306; 95% ДИ: 0,042–0,885). Статистическая значимость данного предиктора была подтверждена тестом отношения правдоподобия ($G^2=5,047$; $p=0,0247$). Эти данные указывают на то, что

меньшая ППСМБ является важным фактором, сопряженным с более высокой вероятностью нутритивной недостаточности у данной категории пациентов согласно избранному нами критерию в виде шкалы NUTRIC.

Модель продемонстрировала хорошую дискриминационную способность в разделении пациентов с нутритивной недостаточностью и без нее. Площадь под ROC-кривой (AUC) составила 0,800 (95% ДИ: 0,605–0,995; $p=0,0495$), что свидетельствует о высокой прогностической ценности ППСМБ. Это подчеркивает потенциал ультразвуковой оценки ППСМБ как объективного инструмента для выявления пациентов группы риска. Вместе с тем расчетное пороговое значение ППСМБ, соответствующее 50% вероятности наличия нутритивной недостаточности, составило 1,4 см^2 . Однако необходимо отметить, что 95% доверительный интервал для этого порогового значения оказался весьма широким (от -6,772 до 2,365), что указывает на значительную неопределенность в его точной оценке и ограничивает его прямое использование в качестве единственного жесткого критерия для диагностики.

Несмотря на значимость ППСМБ как предиктора и хорошую дискриминационную способность модели, общая объяснительная способность модели была умеренной (R^2 Кокса-Снелла=0,223; R^2 Тьюра=0,214). Это предполагает, что хотя ППСМБ вносит существенный вклад, нутритивная недостаточность у пациентов ОАиР является многофакторным состоянием, и другие клинические и метаболические факторы также играют важную роль.

Выводы

Таким образом, в результате проведенного исследования выявлено, что ультразвуковое измерение ППСМБ представляет собой неинвазивный и доступный метод, который может быть использован для скрининговой оценки степени саркопии и нутритивной недостаточности благодаря высокой степени корреляции с показателями популярных клинических шкал. С помощью анализа бинарной логистической регрессии доказано, что метод имеет высокую прогностическую ценность в выявлении пациентов с высоким нутритивным риском. Данная методика может быть интегрирована в комплексную оценку нутритивного статуса пациентов в ОАиР, не требует трудоемкого обучения и сложного оборудования, а также является сравнительно безопасной для пациента. Дальнейшие исследования, направленные на уточнение пороговых значений ППСМБ в более крупных когортах пациентов, представляются целесообразными для повышения точности его клинического применения.

Литература

- van der Steen-Dieperink, M. J. M. M. Sarcopenia and frailty in critical illness / M. J. M. M. van der Steen-Dieperink, W. A. C. Koekkoek, I. W. K. Kouw // *Curr Opin Crit Care*. – 2025. – Vol. 28, № 3. – P. 192-199. – doi: 10.1097/MCO.0000000000001123.
- The rate and assessment of muscle wasting during critical illness: a systematic review and meta-analysis / B. Fazzini, T. Märkl, C. Costas [et al.] // *Crit Care*. – 2023. – Vol. 27, № 1. – P. 2. – doi: 10.1186/s13054-022-04253-0.
- Sarcopenia as a predictor of mortality among the critically ill in an intensive care unit: a systematic review and meta-analysis / X. M. Zhang, D. Chen, X. H. Xie [et al.] // *BMC Geriatr*. – 2021. – Vol. 21, № 1. – P. 339. – doi: 10.1186/s12877-021-02276-w.
- Nutritional Status and Mortality in the Critically Ill / K. M. Mogensen, M. K. Robinson, J. D. Casey [et al.] // *Crit Care Med*. – 2015. – Vol. 43, № 12. – P. 2605-2615. – doi: 10.1097/CCM.0000000000001306.
- Low skeletal muscle area is a risk factor for mortality in mechanically ventilated critically ill patients / P. J. Weijs, W. G. Looijaard, I. M. Dekker [et al.] // *Crit Care*. – 2014. – Vol. 18, № 2. – P. R12. – doi: 10.1186/cc13189.
- Impact of ICU-acquired weakness on post-ICU physical functioning: a follow-up study / L. Wieske, D. S. Dettling-Ihnenfeldt, C. Verhamme [et al.] // *Crit Care*. – 2015. – Vol. 19, № 1. – P. 196.
- Acute skeletal muscle wasting in critical illness / Z. A. Puthucherry, J. Rawal, M. McPhail [et al.] // *JAMA*. – 2013. – Vol. 310, № 15. – P. 1591-600. – doi: 10.1001/jama.2013.278481.
- Sarcopenia is associated with postoperative infection and delayed recovery from colorectal cancer resection surgery / J. R. Liefers, O. F. Bathe, K. Fassbender [et al.] // *Br J Cancer*. – 2012. – Vol. 107, № 6. – P. 931-936. – doi: 10.1038/bjc.2012.350.
- Impact of intensive insulin therapy on neuromuscular complications and ventilator dependency in the medical intensive care unit / G. Hermans, A. Wilmer, W. Meersseman [et al.] // *Am J Respir Crit Care Med*. – 2007. – Vol. 175, № 5. – P. 480-489. – doi: 10.1164/rccm.200605-665OC.
- The Impact of Malnutrition on Acute Muscle Wasting in Frail Older Hospitalized Patients / M. Pourhassan, N. Rommersbach, G. Lueg [et al.] // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12, № 5. – P. 1387. – doi: 10.3390/nu12051387.
- Developing a reliable and convenient methodology for ultrasound muscle assessment in critically ill patients. A reliability study / Y. J. Na, S. W. Park, W. J. Seo [et al.] // *Medicine (Baltimore)*. – 2025. – Vol. 104, № 17. – P. e42263. – doi: 10.1097/MD.00000000000042263.
- Ultrasound assessment of muscle mass in critically ill patients: A correlation with nutritional support and clinical outcomes / M. L. G. Lopes, J. P. Cidade, D. Sousa [et al.] // *J Crit Care*. – 2025. – Vol. 85. – P. 154938. – doi: 10.1016/j.jcrc.2024.154938.
- The reliability and validity of ultrasound to quantify muscles in older adults: a systematic review / W. Nijholt, A. Scafoglieri, H. Jager-Wittenaar [et al.] // *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. – 2017. – Vol. 8, № 5. – P. 702-712. – doi: 10.1002/jcsm.12210.
- Use of Bedside Ultrasound to Assess Muscle Changes in the Critically Ill Surgical Patient / C. Bury, R. DeChicco, D. Nowak [et al.] // *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. – 2021. – Vol. 45, № 2. – P. 394-402. – doi: 10.1002/jpen.1840.
- 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 / N. Mueller, S. Murthy, C. R. Tainter [et al.] // *Ann Surg*. – 2016. – Vol. 264, № 6. – P. 1116-1124. – doi: 10.1097/SLA.0000000000001546.
- Identifying critically-ill patients who will benefit most from nutritional therapy: Further validation of the "modified NUTRIC" nutritional risk assessment tool / A. Rahman, R. M. Hasan, R. Agarwala [et al.] // *Clin Nutr*. – 2016. – Vol. 35, № 1. – P. 158-162. – doi: 10.1016/j.clnu.2015.01.015.
- ROUNDS Studies: Relation of Outcomes with Nutrition Despite Severity-Round One: Ultrasound Muscle Measurements in Critically Ill Adult Patients / C. A. Galindo Martín, R. D. C. Ubeda Zelaya, E. Monares Zepeda, O. A. Lescas Méndez // *J Nutr Metab*. – 2018. – Vol. 2018. – P. 7142325. – doi: 10.1155/2018/7142325.
- Оценка и прогностическая значимость показателей нутритивного статуса у травматологических и хирургических пациентов отделений реанимации и интенсивной терапии: систематический обзор литературы / А. О. Сивков, И. Н. Лейдерман, О. Г. Сивков, А. О. Гирш // *Политравма*. – 2021. – № 3. – С. 91-102. – doi: 10.24412/1819-1495-2021-3-91-102. – edn: TYYFZO.
- The Good, the Bad, and the Serum Creatinine: Exploring the Effect of Muscle Mass and Nutrition / S. De Rosa, M. Greco, M. Rauseo, M. G. Annetta // *Blood Purif*. – 2023. – Vol. 52, № 9-10. – P. 775-785. – doi: 10.1159/000533173.
- Kleyweg, R. P. Interobserver agreement in the assessment of muscle strength and functional abilities in Guillain-Barré syndrome / R. P. Kleyweg, F. G. van der Meché, P. I. Schmitz // *Muscle Nerve*. – Vol. 14, № 11. – P. 1103-1109. – doi: 10.1002/mus.880141111.
- A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people / K. Rockwood, X. Song, C. MacKnight [et al.] // *CMAJ*. – 2005. – Vol. 173, № 5. – P. 489-495. – doi: 10.1503/cmaj.050051.
- Relationship between markers of malnutrition and clinical outcomes in older adults with cancer: systematic review, narrative synthesis and meta-analysis / A. F. Bullock, S. L. Greenley, G. A. G. McKenzie [et al.] // *Eur J Clin Nutr*. – 2020. – Vol. 74, № 11. – P. 1519-1535. – doi: 10.1038/s41430-020-0629-0.
- Полинейромиопатия критических состояний (обзор литературы) / Г. П. Плотников, М. Р. Чуйко, А. Н. Кудрявцев [и др.] // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. – 2023. – Т. 20, № 5. – С. 76-83. – doi: 10.24884/2078-5658-2023-20-5-76-83. – edn: JPVACE.
- Медведев, Н. В. Возраст-ассоциированная саркопения как маркер инволютивной хрупкости и предиктор миокардиальной дисфункции при старении / Н. В. Медведев, Н. К. Горшунова // *Российский семейный врач*. – 2013. – Т. 17, № 3. – С. 40-43. – edn: REPIKF.

References

- van der Steen-Dieperink MJMM, Koekkoek WAC, Kouw IWK. Sarcopenia and frailty in critical illness. *Curr Opin Crit Care*. 2025;28(3):192-199. doi: 10.1097/MCO.0000000000001123.
- Fazzini B, Märkl T, Costas C, Blobner M, Schaller SJ, Prowle J, Puthucherry Z, Wackerhage H. The rate and assessment of muscle wasting during critical illness: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2023;27(1):2. doi: 10.1186/s13054-022-04253-0.
- Zhang XM, Chen D, Xie XH, Zhang JE, Zeng Y, Cheng AS. Sarcopenia as a predictor of mortality among the cri-

- tically ill in an intensive care unit: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatr.* 2021;21(1):339. doi: 10.1186/s12877-021-02276-w.
4. Mogensen KM, Robinson MK, Casey JD, Gunasekera NS, Moromizato T, Rawn JD, Christopher KB. Nutritional Status and Mortality in the Critically Ill. *Crit Care Med.* 2015;43(12):2605-2615. doi: 10.1097/CCM.0000000000001306.
 5. Weijs PJ, Looijaard WG, Dekker IM, Stapel SN, Girbes AR, Oudemans-van Straaten HM, Beishuizen A. Low skeletal muscle area is a risk factor for mortality in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care.* 2014;18(2):R12. doi: 10.1186/cc13189.
 6. Wieske L, Dettling-Ihnenfeldt DS, Verhamme C, Nollet F, van Schaik IN, Schultz MJ, Horn J, van der Schaaf M. Impact of ICU-acquired weakness on post-ICU physical functioning: a follow-up study. *Crit Care.* 2015;19(1):196. doi: 10.1186/s13054-015-0937-3.
 7. Puthuchery ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, Hopkinson NS, Phadke R, Dew T, Sidhu PS, Velloso C, Seymour J, Agley CC, Selby A, Limb M, Edwards LM, Smith K, Rowleron A, Rennie MJ, Moxham J, Harridge SD, Hart N, Montgomery HE. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *JAMA.* 2013;310(15):1591-600. doi: 10.1001/jama.2013.278481.
 8. Lieffers JR, Bathe OF, Fassbender K, Winget M, Baracos VE. Sarcopenia is associated with postoperative infection and delayed recovery from colorectal cancer resection surgery. *Br J Cancer.* 2012;107(6):931-936. doi: 10.1038/bjc.2012.350.
 9. Hermans G, Wilmer A, Meersseman W, Milants I, Wouters PJ, Bobbaers H, Bruyninckx F, Van den Berghe G. Impact of intensive insulin therapy on neuromuscular complications and ventilator dependency in the medical intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007;175(5):480-489. doi: 10.1164/rccm.200605-665OC.
 10. Pourhassan M, Rommersbach N, Lueg G, Klimek C, Schnatmann M, Liermann D, Janssen G, Wirth R. The Impact of Malnutrition on Acute Muscle Wasting in Frail Older Hospitalized Patients. *Nutrients.* 2020;12(5):1387. doi: 10.3390/nu12051387.
 11. Na YJ, Park SW, Seo WJ, Seo KC, Chang JY, Lim HJ, Lim HJ, Moon HJ, Lee RM, Ko EJ, Hong SB, Kim W. Developing a reliable and convenient methodology for ultrasound muscle assessment in critically ill patients. A reliability study. *Medicine (Baltimore).* 2025;104(17):e42263. doi: 10.1097/MD.00000000000042263.
 12. Lopes MLG, Cidade JP, Sousa D, Rebelo M, Antunes C, Carmo E, Póvoa P, Martins P, Limbert C, Duarte JS. Ultrasound assessment of muscle mass in critically ill patients: A correlation with nutritional support and clinical outcomes. *J Crit Care.* 2025; 85:154938. doi: 10.1016/j.jcrc.2024.154938.
 13. Nijholt W, Scafoglieri A, Jager-Wittenaar H, Hobbelen JSM, van der Schans CP. The reliability and validity of ultrasound to quantify muscles in older adults: a systematic review. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2017;8(5):702-712. doi: 10.1002/jcsm.12210.
 14. Bury C, DeChicco R, Nowak D, Lopez R, He L, Jacob S, Kirby DF, Rahman N, Cresci G. Use of Bedside Ultrasound to Assess Muscle Changes in the Critically Ill Surgical Patient. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2021;45(2):394-402. doi: 10.1002/jpen.1840.
 15. Mueller N, Murthy S, Tainter CR, Lee J, Riddell K, Fintelmann FJ, Grabitz SD, Timm FP, Levi B, Kurth T, Eikermann M. 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. doi: 10.1097/SLA.0000000000001546.
 16. Rahman A, Hasan RM, Agarwala R, Martin C, Day AG, Heyland DK. Identifying critically-ill patients who will benefit most from nutritional therapy: Further validation of the "modified NUTRIC" nutritional risk assessment tool. *Clin Nutr.* 2016;35(1):158-62. doi: 10.1016/j.clnu.2015.01.015.
 17. Galindo Martín CA, Ubeda Zelaya RDC, Monares Zepeda E, Lescas Méndez OA. ROUNDS Studies: Relation of Outcomes with Nutrition Despite Severity-Round One: Ultrasound Muscle Measurements in Critically Ill Adult Patients. *J Nutr Metab.* 2018;2018:7142325. doi: 10.1155/2018/7142325.
 18. Sivkov AO, Leyderman IN, Sivkov OG, Girsh AO. Estimation and predictive significance of nutritional status values in trauma and surgical patients of intensive care unit: a systematic literature review. *Polytrauma.* 2021;3:91-102. – doi: 10.24412/1819-1495-2021-3-91-102. edn: TYZFZO. (Russian).
 19. De Rosa S, Greco M, Raueo M, Annetta MG. The Good, the Bad, and the Serum Creatinine: Exploring the Effect of Muscle Mass and Nutrition. *Blood Purif.* 2023;52(9-10):775-785. doi: 10.1159/000533173.
 20. Kleyweg RP, van der Meché FG, Schmitz PI. Interobserver agreement in the assessment of muscle strength and functional abilities in Guillain-Barré syndrome. *Muscle Nerve.* 1991;14(11):1103-1109. doi: 10.1002/mus.880141111.
 21. Rockwood K, Song X, MacKnight C, Bergman H, Hogan DB, McDowell I, Mitnitski A. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. *CMAJ.* 2005;173(5):489-495. doi: 10.1503/cmaj.050051.
 22. Bullock AF, Greenley SL, McKenzie GAG, Paton LW, Johnson MJ. Relationship between markers of malnutrition and clinical outcomes in older adults with cancer: systematic review, narrative synthesis and meta-analysis. *Eur J Clin Nutr.* 2020;74(11):1519-1535. doi: 10.1038/s41430-020-0629-0.
 23. Plotnikov GP, Chuiko MR, Kudryavtsev AN, Hadzhiev IB, Kovrazhkina EA. Critical illness polyneuromyopathy (literature review). *Messenger of anesthesiology and resuscitation.* 2023;20(5):76-83. doi: 10.24884/2078-5658-2023-20-5-76-83. edn: JPVACE. (Russian).
 24. Medvedev NV, Gorshunova NK. Age-associated sarcopenia as a marker of an involutive frailty and predictor of myocardial dysfunction in aging. *Russian Family Doctor.* 2013;17(3):40-43. edn: REPIKF. (Russian).

ULTRASOUND EXAMINATION OF THE THIGH MUSCLES AS A PREDICTOR OF SARCOPENIA AND MALNUTRITION RISK IN CRITICALLY ILL PATIENTS

N. V. Belyavsky¹, R. E. Yakubtsevich¹, A. S. Melnik¹, L. I. Buiko²

¹Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

²Grodno University Clinic, Grodno, Belarus

Sarcopenia, or a syndrome designated by the term "intensive care unit (ICU)-acquired weakness", is observed in 70% of patients in ICU. This syndrome aggravates the severity of underlying disease, increases the duration of hospital stay and worsens the outcomes. Ultrasound methods can play an important role in the timely diagnosis of this condition.

Objective. To assess the possibilities of ultrasound in monitoring the degree of sarcopenia and assessing the risk of malnutrition in ICU patients.

Material and methods. The study included 20 patients. The cross-sectional area of the rectus femoris muscle (CSARFM) was used as a criterion for ultrasound examination. The correlation of the CSARFM with various biochemical and clinical markers of sarcopenia and nutritional deficiency was investigated, and a binary logistic regression analysis of the relationship between the CSARFM and the risk of nutritional deficiency defined by the NUTRIC scale was performed.

Results. A negative correlation was found between the CSARFM and the SOFA, APACHEII, NUTRIC, CFS scales, as well as the age of patients. A high prognostic value of the CSARFM in predicting nutritional deficiency according to the criteria of the NUTRIC scale was revealed (the area under the ROC curve was 0.800 (95% CI: 0.605–0.995; $p=0.0495$).

Conclusions. The ultrasound investigation of the CSARFM can be used as a screening method to monitor the degree of sarcopenia and malnutrition risks, and be integrated into a comprehensive assessment of the nutritional status of patients in the intensive care unit.

Keywords: sarcopenia, nutritional deficiency, ultrasound, malnutrition, sepsis, intensive care.

For citation: Belyavsky NV, Yakubtsevich RE, Melnik AS, Buiko LI. Ultrasound examination of the thigh muscles as a predictor of sarcopenia development and malnutrition risk in critically ill patients. *Journal of the Grodno State Medical University.* 2025;23(5): 455-462. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2025-23-5-455-462>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом.

Conformity with the principles of ethics. The study was approved by the local ethics committee.

Об авторах / About the authors

*Белявский Николай Викторович / Belyavsky Nikolay, e-mail: neurogames@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0452-8876

Якубцевич Руслан Эдвардович / Yakubtsevich Ruslan, ORCID: 0000-0002-8699-8216

Мельник Андрей Сергеевич / Melnik Andrey, ORCID: 0009-0007-2401-7199

Буйко Леонид Иосифович / Buiko Leonid

* – автор, ответственный за переписку / corresponding author

Поступила / Received: 19.06.2025

Принята к публикации / Accepted for publication: 17.09.2025