Доказательная гастроэнтерология
2026, Т. 15, №1, с. 22–29
https://doi.org/10.17116/dokgastro20261501122

Russian Journal of Evidence-Based Gastroenterology
2026, Vol. 15, No. 1, pp. 22–29
https://doi.org/10.17116/dokgastro20261501122

Ультразвуковые параметры мягких тканей бедра и их ассоциация с наличием клинически выраженной утомляемости и сниженной мышечной силой у пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени

© Анна Фароковна Шептулина, Эльвира Мамутовна Мамутова, Адель Айратовна Яфарова, Оксана Михайловна Драпкина

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Утомляемость — частый системный симптом неалкогольной жировой болезни печени (НАЖБП), снижающий качество жизни и приверженность лечению. Известно, что мышечная дисфункция может участвовать в развитии утомляемости, однако ультразвуковые характеристики скелетных мышц при НАЖБП не изучались.

Цель исследования. Оценить взаимосвязь между ультразвуковыми характеристиками мягких тканей бедра, мышечной силой и наличием утомляемости у пациентов с НАЖБП.

Материал и методы. В исследование включены 154 пациента с НАЖБП (медиана возраста 56 лет, 59,1% женщин). Всем выполнено ультразвуковое исследование четырехглавой мышцы бедра, измерена мышечная сила (динамометрия и тест с 5-кратным подъемом со стула — 5TSTS), проведена оценка утомляемости по опроснику Fatigue Assessment Scale (FAS). Клинически выраженной считали утомляемость при FAS ≥22.

Результаты. Клинически выраженная утомляемость выявлена у 36,4% пациентов, она ассоциировалась с увеличением толщины подкожной жировой клетчатки бедра (ρ=0,202; p=0,003), снижением относительной силы сжатия кисти (ρ=–0,187; p=0,032), удлинением времени 5TSTS (ρ=0,269; p=0,002), уменьшением площади и ширины прямой мышцы бедра (p<0,05 для всех). В логистической регрессии только толщина подкожной клетчатки оставалась независимым предиктором клинически выраженной утомляемости (p=0,009). Площадь под ROC-кривой составила 0,646 (p=0,008).

Заключение. Ультразвуковое исследование мягких тканей бедра позволяет выявлять мышечную дисфункцию, связанную с утомляемостью при неалкогольной жировой болезни печени, и может использоваться для стратификации риска и оценки эффективности терапии.

Ключевые слова: *неалкогольная жировая болезнь печени, утомляемость, скелетные мышцы, ультразвуковое исследование.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Шептулина А.Ф. — https://orcid.org/0000-0001-7230-0780
Мамутова Э.М. — https://orcid.org/0000-0001-6313-8582
Яфарова А.А. — https://orcid.org/0000-0003-3002-1067
Драпкина О.М. — https://orcid.org/0000-0002-4453-8430
Автор, ответственный за переписку: Шептулина А.Ф. — e-mail: ASheptulina@gnicpm.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Шептулина А.Ф., Мамутова Э.М., Яфарова А.А., Драпкина О.М. Ультразвуковые параметры мягких тканей бедра и их ассоциация с наличием клинически выраженной утомляемости и сниженной мышечной силой у пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени. *Доказательная гастроэнтерология*. 2026;15(1):22–29. https://doi.org/10.17116/dokgastro20261501122

Ultrasound parameters of thigh soft tissues and their association with clinically significant fatigue and reduced muscle strength in patients with non-alcoholic fatty liver disease

© A.F. Sheptulina, E.M. Mamutova, A.A. Yafarova, O.M. Drapkina

National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia

ABSTRACT

Fatigue is a common systemic symptom of nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD), negatively impacting quality of life and treatment adherence. Muscle dysfunction may contribute to its pathogenesis, but ultrasound characteristics of skeletal muscles in NAFLD have not been well studied.

Objective: to assess the associations between ultrasound features of thigh soft tissues, muscle strength, and fatigue in NAFLD patients.

Material and methods. This single-center study included 154 individuals with NAFLD (median age, 56 years; 59.1% women). All participants underwent ultrasound assessment of the quadriceps femoris, measurement of muscle strength using handgrip dynamometry and the five-times sit-to-stand test (5TSTS), and fatigue assessment with the Fatigue Assessment Scale (FAS). Clinically significant fatigue (CSF) was defined as FAS ≥22.

Results. CSF was identified in 36.4% of participants and was associated with greater thigh subcutaneous fat thickness (ρ=0.202; p=0.003), lower relative handgrip strength (ρ=–0.187; p=0.032), longer 5TSTS duration (ρ=0.269; p=0.002), and smaller area and width of the rectus femoris (p<0.05 for all). In logistic regression, thigh subcutaneous fat thickness was the only independent predictor of CSF (p=0.009). The area under the ROC curve for subcutaneous fat thickness was 0.646 (p=0.008).

Conclusion. Fatigue in NAFLD is linked to structural and functional muscle alterations. Thigh ultrasound may serve as a non-invasive method for detecting muscle dysfunction and stratifying CSF risk in clinical and research settings.

Keywords: *non-alcoholic fatty liver disease, fatigue, skeletal muscles, ultrasonography.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Sheptulina A.F. — https://orcid.org/0000-0001-7230-0780
Mamutova E.M. — https://orcid.org/0000-0001-6313-8582
Yafarova A.A. — https://orcid.org/0000-0003-3002-1067
Drapkina O.M. — https://orcid.org/0000-0002-4453-8430
Corresponding author: Sheptulina A.F. — e-mail: ASheptulina@gnicpm.ru

TO CITE THIS ARTICLE:
Sheptulina AF, Mamutova EM, Yafarova AA, Drapkina OM. Ultrasound parameters of thigh soft tissues and their association with clinically significant fatigue and reduced muscle strength in patients with non-alcoholic fatty liver disease. *Russian Journal of Evidence-Based Gastroenterology*. 2026;15(1):22–29. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/dokgastro20261501122

Введение

Неалкогольная жировая болезнь печени (НАЖБП) является одной из ведущих причин развития гепатоцеллюлярной карциномы и показаний к трансплантации печени, а ее распространенность во всем мире достигла масштабов пандемии [1, 2]. Несмотря на актуальность и высокую значимость проблемы НАЖБП, эффективные методы ее лечения не разработаны. Основу лечения составляет модификация образа жизни, включающая диетическое питание и физическую активность, причем даже при неизменной массе тела физическая нагрузка способствует регрессу структурных изменений в печени [3, 4].

Однако пациенты не всегда выполняют данные рекомендации [5]. Одной из причин низкой приверженности пациентов с НАЖБП рекомендациям врача по модификации образа жизни может быть утомляемость, которая негативно влияет на качество жизни больных, часто ассоциируется с нарушением эмоциональной и когнитивной сферы [6, 7]. Действительно, в соответствии с результатами исследования O. Glass и соавт., 72% пациентов с НАЖБП отмечают ограничения при выполнении физических упражнений [8]. В свою очередь, Z.M. Younossi и соавт. установили, что наличие утомляемости у пациентов с НАЖБП обусловливает увеличение смертности в 2,3 раза по сравнению с пациентами с НАЖБП без клинически выраженной утомляемости [6].

Другой причиной низкой приверженности пациентов с НАЖБП является дисфункция скелетных мышц. Кроме того, нарушение структуры мышц и мышечной функции может быть одним из патогенетических звеньев периферической утомляемости [9, 10].

Применяемые в настоящее время методы оценки состояния скелетных мышц [11], в том числе биоимпедансный анализ состава тела (БИАСТ), двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДРА), компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), имеют свои достоинства и недостатки. Из последних следует указать:

1) отсутствие возможности анализа структуры мышц (БИАСТ, ДРА);
2) воздействие ионизирующего излучения (ДРА, КТ);
3) малую мобильность оборудования (ДРА, КТ, МРТ);
4) высокую стоимость процедуры (КТ, МРТ);
5) необходимость подготовки пациента (БИАСТ);
6) потребность в специально обученном персонале (ДРА, КТ, МРТ).

В отличие от этих методов ультразвуковое исследование (УЗИ) скелетных мышц является доступным, неинвазивным и безопасным методом, зарекомендовавшим себя в клинической практике при обследовании различных категорий пациентов [12—15]. Учитывая все вышесказанное, цель настоящего исследования состояла в выявлении связи между ультразвуковыми характеристиками четырёхглавой мышцы бедра, мышечной силой и клинически выраженной утомляемостью у пациентов с НАЖБП. Эти данные могут способствовать внедрению УЗИ в оценку мышечной дисфункции как одного из факторов системных проявлений заболевания.

Материал и методы

Пациенты

В одномоментное одноцентровое исследование последовательно были включены все пациенты с НАЖБП в возрасте от 20 до 70 лет, которые обратились в клинико-диагностическое отделение ФГБУ «НМИЦ ТПМ» Минздрава России в период с февраля 2023 г. по май 2025 г., соответствовавшие критериям включения. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом (протокол №08-03/22 от 27 декабря 2022 г.). Перед включением все пациенты подписали информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Критерии включения: 1) возраст от 20 до 70 лет; 2) ультразвуковые признаки, характерные для НАЖБП (описаны далее); 3) наличие как минимум одного фактора кардиометаболического риска (указаны в [16]).

Критерии невключения: 1) злоупотребление алкоголем (количество баллов по опроснику RUS-AUDIT (русскоязычная версия теста для выявления расстройств, обусловленных употреблением алкоголя (Russian Alcohol Use Disorders Identification Test — RUS-AUDIT) ⩾8); 2) заболевания печени другой этиологии (по данным анамнеза и предоставленной медицинской документации); 3) прием препаратов для лечения ожирения на момент включения в исследование или в течение 4 нед до включения; 4) острые инфекционные заболевания; 5) хронические заболевания сердечно-сосудистой системы, почек, печени в стадии декомпенсации; 6) онкологические заболевания без радикального излечения; 7) противоопухолевая терапия на момент проведения исследования или ее завершение позднее чем за 4 нед до начала исследования; 8) диффузные болезни соединительной ткани; 9) воспалительные заболевания кишечника; 10) сахарный диабет 1-го типа; 11) переломы нижних конечностей в течение 6 мес до начала исследования с сохраняющимся негативным воздействием на функциональный статус, а также любые клинически значимые нарушения или заболевания, затрудняющие передвижение и самообслуживание; 12) беременность и кормление грудью.

Критерии исключения: 1) отказ пациента от дальнейшего участия в исследовании; 2) повышение активности трансаминаз более чем в 3 раза по сравнению с верхней границей нормы; 3) выявление очагового образования органов брюшной полости неясной природы; 4) наличие асцита, выпота в перикарде и/или в плевральной полости по данным объективного осмотра или эхокардиографии (ЭхоКГ), УЗИ органов брюшной полости; 5) выявление признаков портальной гипертензии и/или признаков печеночноклеточной недостаточности по данным объективного осмотра, и/или УЗИ органов брюшной полости, и/или биохимического анализа крови.

Все необходимые для исследования процедуры, включая сбор анамнеза, осмотр, антропометрические измерения (вес, рост, индекс массы тела (ИМТ), окружность талии (ОТ)), лабораторные исследования (включая общий и биохимический анализ крови), УЗИ органов брюшной полости и четырехглавой мышцы бедра, измерение мышечной силы и оценку наличия клинически выраженной утомляемости с помощью опросника Fatigue Assessment Scale (FAS), проводились во время одного или двух визитов (интервал между визитами не превышал 5 дней) пациента в центр.

Диагностика неалкогольной жировой болезни печени

Диагноз НАЖБП устанавливали на основании выявления двух критериев в соответствии с рекомендациями, опубликованными в 2023 г. [16]: 1) обнаружение признаков стеатоза печени при УЗИ органов брюшной полости; 2) наличие как минимум одного фактора кардиометаболического риска (описаны в [16]). У всех пациентов исследованы маркеры вирусов гепатита B (HBsAg) и C (HCV Ab) [17].

Ультразвуковое исследование четырехглавой мышцы бедра

Ультразвуковое исследование прямой мышцы бедра на ведущей ноге проводилось в положении лежа на спине при пассивном разгибании обеих ног после отдыха в течение 10 мин. Сканирование осуществляли с помощью линейного датчика с частотой сканирования 4—18 МГц Philips Affinity 70 (Philips Medical Systems Nederland B.V., Нидерланды) в соответствии с рекомендациями SARCUS (SARCopenia through UltraSound) [18]. Производилась оценка структуры мышцы, эхогенности с использованием шкалы Heckmatt [19], упругости (с помощью методов компрессионной соноэластографии (СЭГ) и СЭГ сдвиговой волной) прямой мышцы бедра. Оценка результатов компрессионной СЭГ проводилась по цветовой шкале. Выделяли следующие типы окрашивания: тип 1 — равномерное эластичное окрашивание с наличием множественных высокоэластичных зон; тип 2 — смешанный тип СЭГ с преобладанием эластичных и высокоэластичных зон и с немногочисленными мелкими зонами повышенной плотности; тип 3 — смешанный тип СЭГ с преобладанием зон повышенной плотности и с немногочисленными мелкими эластичными и высокоэластичными зонами.

Оценка мышечной силы

Для оценки мышечной силы использовали кистевой динамометр ДК-50 ручной механический (ЗАО «Нижнетагильский медико-инструментальный завод», Россия), а также тест с 5-кратным подъемом со стула (5TSTS). При проведении динамометрии врачом регистрировался максимальный показатель сжатия кисти ведущей руки (кг). Силу сжатия кисти считали сниженной при следующих значениях показателя: ⩽30 кг для мужчин с ИМТ от 26,1 до 28 кг/м², ⩽32 кг для мужчин с ИМТ >28 кг/м², ⩽18 кг для женщин с ИМТ от 26,1 до 29 кг/м² и ⩽21 кг для женщин с ИМТ >29 кг/м² [20]. В дополнение рассчитывали относительную силу сжатия кисти (relative grip strength — rGS) как отношение силы сжатия кисти на ведущей руке к ИМТ [21]. Методика проведения и оценка результатов теста с 5-кратным подъемом со стула соответствовали рекомендациям EWGSOP2 [11]. Время выполнения теста 5TSTS >15 с означало наличие сниженной мышечной силы в ногах [22].

Выявление клинически выраженной утомляемости

Для оценки утомляемости применяли шкалу оценки утомляемости FAS. Эта шкала позволяет оценить психический и физический компоненты утомляемости независимо от наличия невротизма или депрессии. Общая оценка 22 балла и более означает наличие клинически выраженной утомляемости [23].

Статистический анализ

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием компьютерной программы IBM SPSS v. 26.0 (IBM Corporation, США). Проверка на нормальность распределения показателей выполнена с применением критерия Колмогорова—Смирнова, а также проведена визуальная оценка нормальности распределения при построении гистограммы. В связи с несоответствием распределения данных нормальному количественные переменные представлены в виде медианы и межквартильного интервала, если не указано иное, категориальные переменные — как абсолютные значения и частоты в процентах. Для анализа степени связи между двумя переменными использовали коэффициент корреляции Спирмена (ρ). Для выявления взаимосвязи между наличием утомляемости и УЗ-параметрами мягких тканей правого бедра, а также мышечной силой у пациентов с НАЖБП применялась логистическая регрессия. Сравнение двух групп по количественным данным проведено с использованием критерия Манна—Уитни, по качественным данным — с помощью критерия χ^2. Для оценки диагностической значимости УЗ-параметров мягких тканей бедра применяли ROC-анализ с расчетом площади под ROC-кривой. Уровень значимости для всех проверяемых гипотез принят как $p<0,05$.

Результаты

Всего за период набора пациентов на предмет соответствия критериям включения и невключения обследованы 165 человек. Исключены из исследования 11 пациентов по следующим причинам: положительные серологические маркеры вирусных гепатитов В ($n=1$) или С ($n=2$); количество баллов по опроснику RUS-AUDIT ⩾8 ($n=3$); выявленные при УЗИ брюшной полости очаговые образования печени с необходимостью дальнейшей верификации ($n=2$); повышение активности трансаминаз более чем в 3 раза по сравнению с верхней границей нормы ($n=3$). Таким образом, в окончательный анализ вошли 154 пациента. Медиана возраста пациентов составила 56 [47—63,5] лет. На долю женщин приходилось 59,1% пациентов ($n=91$). Ожирение выявлено у 99 (64,3%) пациентов, у 4 (2,6%) пациентов значения ИМТ находились в пределах нормы. У мужчин ОТ составляла в среднем 111 [106—116,75] см, у женщин — 103 [97—110] см.

У 140 из 154 пациентов, включенных в исследование, диагностирована артериальная гипертензия (АГ): АГ I степени — у 47 (30,5%) пациентов, АГ II степени — у 37 (24,0%) пациентов, АГ III степени — у 54 (35,1%) пациентов. У 16 (10,4%) пациентов выявлен сахарный диабет 2-го типа, а нарушение гликемии натощак — у 28 (18,2%) пациентов. Результаты УЗИ мягких тканей бедра ведущей ноги приведены в **таблице**.

Сила сжатия кисти была снижена у 24 (15,6%) пациентов, а время выполнения теста с 5-кратным подъемом со стула превышало 15 с у 15 (9,7%) пациентов. Параметр rGS в среднем составлял 0,84 (0,67—1,09).

У 56 (36,4%) пациентов с НАЖБП количество баллов по опроснику FAS было ⩾22, что свидетельствует о наличии клинически выраженной утомляемости. Группы пациентов с НАЖБП с клинически выраженной утомляемостью и без нее были сопоставимы по возрасту, числу случаев сахарного диабета 2-го типа, нарушению гликемии натощак и АГ различной степени.

По результатам корреляционного анализа, между количеством баллов по опроснику FAS и rGS выявлена обратная корреляционная связь ($\rho=-0,187$, $p=0,032$). Напротив, время выполнения 5TSTS было напрямую взаимосвязано с наличием клинически выраженной утомляемости ($\rho=0,269$, $p=0,002$). Из анализируемых параметров УЗИ мягких тканей бедра ведущей ноги только толщина подкожно-жировой клетчатки (ПЖК) была напрямую взаимосвяза-

Ультразвуковые параметры мягких тканей бедра
Ultrasound imaging parameters of thigh soft tissues

Параметр	Me [IQR]
Толщина подкожно-жировой клетчатки, см	15,8 [10,9—20,7]
Толщина прямой мышцы бедра, см	21,2 [18,1—24,5]
Толщина промежуточной широкой мышцы бедра, см	20,3 [16,3—24,7]
Ширина прямой мышцы бедра, см	67,7 [58,0—71,3]
Площадь прямой мышцы бедра, см^2	11,8 [10,7—13,1]
Упругость прямой мышцы бедра, кПа	6,4 [5,3—7,7]
Эхогенность прямой и промежуточной широкой мышц бедра по шкале Heckmatt, *n* (%) [мужчины:женщины]	
I степень	36 (23,4) [15:21]
II степень	85 (55,2) [34:51]
III—IV степень	33 (21,4) [17:16]
Результаты компрессионной соноэластографии, *n* (%) [мужчины:женщины]	
I тип	57 (37,0) [17:40]
II тип	83 (53,9) [39:44]
III тип	14 (9,1) [7:7]

на с количеством баллов по опроснику FAS (ρ=0,202, p=0,003).

Среди пациентов с клинически выраженной утомляемостью преобладали пациенты с I и II типом СЭГ (p=0,019). У пациентов с количеством баллов по опроснику FAS ⩾22 толщина ПЖК на бедре ведущей ноги была больше (p=0,008), а площадь (p=0,013) и ширина (p=0,001) прямой мышцы бедра, напротив, были меньше, чем у пациентов без клинически выраженной утомляемости. В соответствии с результатами логистической регрессии только толщина ПЖК на бедре ведущей ноги была статистически значимо ассоциирована с наличием клинически значимой утомляемости (p=0,009) у пациентов с НАЖБП. Значение площади под ROC-кривой для ПЖК для выявления клинически значимой утомляемости (FAS⩾22) было равно 0,646 (p=0,008).

Обсуждение

Утомляемость является одним из наиболее распространенных системных проявлений НАЖБП, которое существенно нарушает качество жизни пациентов и может препятствовать расширению физической активности как важной меры модификации образа жизни и единственного эффективного в настоящее время способа лечения НАЖБП.

Результаты нашего исследования свидетельствуют о статистически значимой взаимосвязи между нарушением структуры и функции скелетных мышц, в частности сниженной мышечной силой, и клинически значимой утомляемостью у пациентов с НАЖБП, что подтверждает вклад дисфункции скелетных мышц в патогенез этого симптома. Вместе с тем наличие такой взаимосвязи позволяет предположить функционирование патологического замкнутого круга, в рамках которого клинически выраженная утомляемость препятствует расширению физической активности, а низкая физическая активность наряду с избыточной массой тела и нарушениями обмена веществ способствует изменению структуры и функции скелетных мышц, тем самым обеспечивая сохранение и усугубление утомляемости.

По данным литературы, распространенность саркопении, миостеатоза и саркопенического ожирения при хронических заболеваниях печени составляет 40—70%, 50% и 20—40% соответственно [24]. Важно, что саркопения при хронических заболеваниях печени является не просто сопутствующим состоянием, но важным участником патогенеза заболевания, способным также влиять на прогноз для пациента. В частности, в исследовании у пациентов с первичным билиарным холангитом показано, что наличие саркопении увеличивает риск неблагоприятных исходов в 4 раза [25].

В свою очередь, физические упражнения, по-видимому, оказывают благоприятное влияние, уменьшая утомляемость. Например, P. Sirisunhirun и соавт. в рандомизированном клиническом исследовании с участием 40 пациентов с компенсированным циррозом показали, что 12-недельная программа домашних упражнений умеренной интенсивности значительно улучшила показатели по домену утомляемости в индексе качества жизни (опросник Chronic Liver Disease Questionnaire — CLDQ). При этом частота нежелательных событий не увеличилась [26]. Аналогичные данные получили A. Freer и соавт. у 31 пациента с первичным билиарным холангитом [27].

Одна из возможных гипотез, объясняющих уменьшение выраженности утомляемости под влиянием физических упражнений, заключается в том, что физическая нагрузка улучшает способность мышц выводить молочную кислоту, тем самым увеличивая толерантность к более продолжительным

занятиям. Кроме того, повторяющиеся упражнения могут компенсировать дисфункцию пируватдегидрогеназного комплекса, активируя альтернативные пути метаболизма [28, 29], и положительно влиять на сигнальные пути, регулирующие энергетический гомеостаз [27].

Применение УЗИ мягких тканей передней поверхности бедра позволяет существенно упростить оценку состояния скелетных мышц у пациентов с НАЖБП. При этом наряду с определением количественных характеристик, доступных для всех методов исследования скелетных мышц, с помощью УЗИ можно проанализировать и качественные параметры, которые могут косвенно свидетельствовать об изменении соотношения между мышечной и жировой и/или соединительной тканью в составе мышц. Действительно, по нашим данным, среди пациентов с НАЖБП и клинически выраженной утомляемостью было статистически значимо больше пациентов с I и II типами СЭГ, характеризующимися преобладанием в структуре мышц высокоэластичных зон. Это позволяет предполагать, что у пациентов с НАЖБП и клинически выраженной утомляемостью имеет место миостеатоз, т.е. жировая инфильтрация мышц. Установлено, что это состояние ассоциировано с тяжестью НАЖБП, а уменьшение содержания жира в мышцах в результате бариатрической операции или соблюдения диеты коррелирует с улучшением течения и прогноза заболевания [27].

Наблюдаемая нами взаимосвязь между оценкой в баллах по опроснику FAS и толщиной ПЖК на ведущей ноге может быть объяснена результатами исследования J. Funuyet-Salas и соавт., в котором показано, что ИМТ наряду с женским полом является предиктором наличия у пациента с НАЖБП выраженной утомляемости [30]. Аналогичные результаты получены в исследовании Z.M. Younossi и соавт. Так, повышение ИМТ в течение периода отдаленного наблюдения ассоциировано с тяжелой утомляемостью, тогда как уменьшение ИМТ — с менее выраженной утомляемостью [31]. Таким образом, пусть и косвенно, но перечисленные результаты вновь говорят о важности измененного состава тела для генеза и выраженности утомляемости.

Полученные нами данные подчеркивают необходимость включения оценки утомляемости и состояния скелетных мышц в алгоритмы ведения пациентов с НАЖБП. В перспективе это может найти отражение в клинических рекомендациях, поскольку утомляемость является не только фактором, влияющим на качество жизни, но и потенциальным предиктором неблагоприятного течения заболевания. В свою очередь, комплексные вмешательства, включающие физическую и нутритивную составляющую, могут рассматриваться как важный элемент стратегии ведения пациентов с НАЖБП благодаря улучшению мышечной функции и метаболического статуса.

Ограничения исследования

Исследование имеет ряд ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации результатов. Во-первых, исследование одноцентровое, с поперечным дизайном, что не позволяет установить причинно-следственные взаимосвязи между утомляемостью и структурно-функциональными изменениями скелетных мышц. Во-вторых, мы не анализировали в деталях такие потенциально значимые факторы, как уровень физической активности, особенности питания и проводимая сопутствующая терапия, которые теоретически могут влиять как на выраженность утомляемости, так и на состояние скелетных мышц. В-третьих, в работе не проводился анализ чувствительности и подгрупповой анализ (например, по полу или по наличию/отсутствию сахарного диабета 2-го типа), что также ограничивает глубину интерпретации результатов. Эти ограничения необходимо учитывать при интерпретации полученных данных, а их преодоление представляет важное направление для будущих исследований.

Заключение

Полученные в настоящем исследовании данные показывают, что клинически выраженная утомляемость у пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени имеет статистически значимую связь с признаками мышечной дисфункции, а также с изменениями ультразвуковых характеристик четырехглавой мышцы бедра.

Ультразвуковое исследование мягких тканей бедра как неинвазивный, доступный и информативный метод, позволяющий оценить дополнительные структурные параметры скелетных мышц, может быть использован для выявления ранних признаков мышечной дисфункции и стратификации риска утомляемости. Это открывает перспективы для включения ультразвуковых параметров в клинические алгоритмы оценки состояния пациентов и мониторинга эффективности немедикаментозных вмешательств, таких как физическая активность и изменение образа жизни.

Участие авторов:
Концепция и дизайн исследования — Шептулина А.Ф., Драпкина О.М.
Сбор и обработка материала — Мамутова Э.М., Яфарова А.А.
Статистический анализ данных — Шептулина А.Ф., Мамутова Э.М.
Написание текста — Яфарова А.А., Шептулина А.Ф.
Редактирование — Драпкина О.М.

Финансирование. Работа выполнена в рамках гранта РНФ-БРФФИ «Распространенность и факторы, ассоциированные с нарушениями костно-мышечного статуса, у пациентов молодого и среднего возраста с артериальной гипертензией и неалкогольной жировой болезнью печени в российской и белорусской популяциях» (проект №23-45-10030, 2023—2025 гг.).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution:
Study design and concept — Sheptulina A.F., Drapkina O.M.
Data collection and processing — Mamutova E.M., Yafarova A.A.
Statistical analysis — Sheptulina A.F., Mamutova E.M.
Text writing — Yafarova A.A., Sheptulina A.F.
Editing — Drapkina O.M.

Funding source. This work was carried out as part of the RSF-BRFFR grant "Prevalence and Factors Associated with Bone and Muscle Status Disorders in Young and Middle-Aged Patients with Arterial Hypertension and Non-Alcoholic Fatty Liver Disease in the Russian and Belarusian Populations" (Project No. 23-45-10030, 2023-2025).

The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Younossi ZM, Golabi P, Paik JM, Henry A, Van Dongen C, Henry L. The global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) and nonalcoholic steatohepatitis (NASH): a systematic review. *Hepatology*. 2023;77:1335-1347. https://doi.org/10.1097/HEP.0000000000000004
2. Younossi ZM, Henry L. Epidemiology of non-alcoholic fatty liver disease and hepatocellular carcinoma. *JHEP Reports*. 2021; 3:100305. https://doi.org/10.1016/j.jhepr.2021.100305
3. Park Y, Sinn DH, Kim K, Gwak G-Y. Associations of physical activity domains and muscle strength exercise with non-alcoholic fatty liver disease: a nation-wide cohort study. *Scientific Reports*. 2023;13:4724. https://doi.org/10.1038/s41598-023-31686-6
4. Yang C, Yan P, Deng J, Li Y, Jiang X, Zhang B. Exercise, weight maintenance, and nonalcoholic fatty liver disease risk: a Chinese cohort study. *Frontiers in Physiology*. 2024;15:1359476. PMID: 38595644; PMCID: PMC11002183. https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1359476
5. Stewart KE, Haller DL, Sargeant C, Levenson JL, Puri P, Sanyal AJ. Readiness for behaviour change in non-alcoholic fatty liver disease: implications for multidisciplinary care models. *Liver International*. 2015;35:936-943. https://doi.org/10.1111/liv.12483
6. Younossi ZM, Paik JM, Golabi P, Younossi Y, Henry L, Nader F. The impact of fatigue on mortality of patients with non-alcoholic fatty liver disease: data from National Health and Nutrition Examination Survey 2005-2010 and 2017-2018. *Liver International*. 2022;42:2646-2661. https://doi.org/10.1111/liv.15437
7. Younossi ZM, Yilmaz Y, Yu ML, Wai-Sun Wong V, Fernandez MC, Isakov VA, Duseja AK, Mendez-Sanchez N, Eguchi Y, Bugianesi E, Burra P, George J, Fan JG, Papatheodoridis GV, Chan WK, Alswat K, Saeed HS, Singal AK, Romero-Gomez M, Gordon SC, Roberts SK, El Kassas M, Kugelmas M, Ong JP, Alqahtani S, Ziayee M, Lam B, Younossi I, Racila A, Henry L, Stepanova M; Global NASH Council. Clinical and patient-reported outcomes from patients with nonalcoholic fatty liver disease across the world: data from the Global Non-Alcoholic Steatohepatitis (NASH)/Non-Alcoholic Fatty Liver Disease (NAFLD) Registry. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 2022;20:2296-2306.e6. https://doi.org/10.1016/j.cgh.2021.11.004
8. Glass O, Liu D, Bechard E, Guy CD, Pendergast J, Mae Diehl A, Abdelmalek MF. Perceptions of exercise and its challenges in patients with nonalcoholic fatty liver disease: a survey-based study. *Hepatology Communications*. 2021;6:334-344. https://doi.org/10.1002/hep4.1808
9. Jopson L, Dyson JK, Jones DEJ. Understanding and treating fatigue in primary biliary cirrhosis and primary sclerosing cholangitis. *Clinics in Liver Disease*. 2016;20:131-142. https://doi.org/10.1016/j.cld.2015.08.007
10. Younossi ZM, Kremer AE, Swain MG, Jones D, Bowlus C, Trauner M, Henry L, Gerber L. Assessment of fatigue and its impact in chronic liver disease. *Journal of Hepatology*. 2024;81:726-742. https://doi.org/10.1016/j.jhep.2024.04.008
11. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, Cooper C, Landi F, Rolland Y, Sayer AA, Schneider SM, Sieber CC, Topinkova E, Vandewoude M, Visser M, Zamboni M; Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*. 2019;48(4):601. https://doi.org/10.1093/ageing/afz046
12. Lima J, Foletto E, Cardoso RCB, Garbelotto C, Frenzel AP, Carneiro JU, Carpes LS, Barbosa-Silva TG, Gonzalez MC, Silva FM. Ultrasound for measurement of skeletal muscle mass quantity and muscle composition/architecture in critically ill patients: a scoping review on studies' aims, methods, and findings. *Clinical Nutrition*. 2024;43:95-110. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.11.003
13. Pillen S, van Alfen N, Zwarts MJ. Muscle ultrasound: a grown-up technique for children with neuromuscular disorders. *Muscle and Nerve*. 2008;38:1213-1214. https://doi.org/10.1002/mus.21085
14. Burke CJ, Babb JS, Adler RS. Shear wave elastography in the pronator quadratus muscle following distal radial fracture fixation: a feasibility study comparing the operated versus nonoperated sides. *Ultrasound*. 2017;25:222-228. https://doi.org/10.1177/1742271X17733146

15. Vongchaiudomchoke W, Cho AR, Mahmoud I, Carli F. Ultrasound for skeletal muscle assessment in surgical oncology: a scoping review. *European Journal of Surgical Oncology*. 2025;51:109676. https://doi.org/10.1016/j.ejso.2025.109676
16. Rinella ME, Lazarus JV, Ratziu V, Francque SM, Sanyal AJ, Kanwal F, Romero D, Abdelmalek MF, Anstee QM, Arab JP, Arrese M, Bataller R, Beuers U, Boursier J, Bugianesi E, Byrne CD, Castro Narro GE, Chowdhury A, Cortez-Pinto H, Cryer DR, Cusi K, El-Kassas M, Klein S, Eskridge W, Fan J, Gawrieh S, Guy CD, Harrison SA, Kim SU, Koot BG, Korenjak M, Kowdley KV, Lacaille F, Loomba R, Mitchell-Thain R, Morgan TR, Powell EE, Roden M, Romero-Gómez M, Silva M, Singh SP, Sookoian SC, Spearman CW, Tiniakos D, Valenti L, Vos MB, Wong VW, Xanthakos S, Yilmaz Y, Younossi Z, Hobbs A, Villota-Rivas M, Newsome PN; NAFLD Nomenclature consensus group. A multisociety Delphi consensus statement on new fatty liver disease nomenclature. *Hepatology*. 2023;78:1966-1986. https://doi.org/10.1097/HEP.0000000000000520
17. Younossi ZM, Rinella ME, Sanyal AJ, Harrison SA, Brunt EM, Goodman Z, Cohen DE, Loomba R. From NAFLD to MAFLD: implications of a premature change in terminology. *Hepatology*. 2021;73:1194-1198. https://doi.org/10.1002/hep.31420
18. Perkisas S, Bastijns S, Baudry S, Bauer J, Beaudart C, Beckwée D, Cruz-Jentoft A, Gasowski J, Hobbelen H, Jager-Wittenaar H, Kasiukiewicz A, Landi F, Małek M, Marco E, Martone AM, de Miguel AM, Piotrowicz K, Sanchez E, Sanchez-Rodriguez D, Scafoglieri A, Vandewoude M, Verhoeven V, Wojszel ZB, De Cock AM. Application of ultrasound for muscle assessment in sarcopenia: 2020 SARCUS update. *European Geriatric Medicine*. 2021;12:45-59. https://doi.org/10.1007/s41999-020-00433-9
19. Heckmatt JZ, Leeman S, Dubowitz V. Ultrasound imaging in the diagnosis of muscle disease. *Journal of Pediatrics*. 1982;101(5):656-660. https://doi.org/10.1016/S0022-3476(82)80286-2
20. Pan Y, Xu J. Association between muscle mass, bone mineral density and osteoporosis in type 2 diabetes. *Journal of Diabetes Investigation*. 2022;13:351-358. https://doi.org/10.1111/jdi.13642
21. Lawman HG, Troiano RP, Perna FM, Wang C-Y, Fryar CD, Ogden CL. Associations of relative handgrip strength and cardiovascular disease biomarkers in U.S. adults, 2011-2012. *American Journal of Preventive Medicine*. 2016;50:677-683. https://doi.org/10.1016/j.amepre.2015.10.022
22. Albalwi AA, Alharbi AA. Optimal procedure and characteristics in using five times sit-to-stand test among older adults: a systematic review. *Medicine (Baltimore)*. 2023;102:e34160. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000034160
23. Michielsen HJ, De Vries J, Van Heck GL. Psychometric qualities of a brief self-rated fatigue measure: the Fatigue Assessment Scale. *Journal of Psychosomatic Research*. 2003;54:345-352. https://doi.org/10.1016/S0022-3999(02)00392-6
24. Reichelt S, Merle U, Klauss M, Kahlert C, Lurje G, Mehrabi A, Czigany Z. Shining a spotlight on sarcopenia and myosteatosis in liver disease and liver transplantation: potentially modifiable risk factors with major clinical impact. *Liver International*. 2024;44:1483-1512. https://doi.org/10.1111/liv.15917
25. Yang J, Jiang S, Fan Q, Wen D, Liu Y, Wang K, Yang H, Guo C, Zhou X, Guo G, Shang Y, Han Y. Prevalence and effect on prognosis of sarcopenia in patients with primary biliary cholangitis. *Frontiers in Medicine (Lausanne)*. 2024;11:1346165. https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1346165
26. Sirisunhirun P, Bandidniyamanon W, Jrerattakon Y, Muangsomboon K, Pramyothin P, Nimanong S, Tanwandee T, Charatcharoenwitthaya P, Chainuvati S, Chotiyaputta W. Effect of a 12-week home-based exercise training program on aerobic capacity, muscle mass, liver and spleen stiffness, and quality of life in cirrhotic patients: a randomized controlled clinical trial. *BMC Gastroenterology*. 2022;22:66. https://doi.org/10.1186/s12876-022-02147-7
27. Freer A, Williams FR, Durman S, Hayden J, Armstrong MJ, Trivedi PJ. A home-based exercise programme attenuates fatigue in primary biliary cholangitis: results from the EXCITED clinical trial. *JHEP Reports*. 2024;6:101210. https://doi.org/10.1016/j.jhepr.2024.101210
28. Fritzen AM, Andersen SP, Qadri KAN, Thøgersen FD, Krag T, Ørngreen MC, Vissing J, Jeppesen TD. Effect of aerobic exercise training and deconditioning on oxidative capacity and muscle mitochondrial enzyme machinery in young and elderly individuals. *Journal of Clinical Medicine*. 2020;9:3113. https://doi.org/10.3390/jcm9103113
29. Nachit M, Kwanten WJ, Thissen JP, Op De Beeck B, Van Gaal L, Vonghia L, Verrijken A, Driessen A, Horsmans Y, Francque S, Leclercq IA. Muscle fat content is strongly associated with NASH: a longitudinal study in patients with morbid obesity. *Journal of Hepatology*. 2021;75:292-301. https://doi.org/10.1016/j.jhep.2021.02.037
30. Funuyet-Salas J, Martín-Rodríguez A, Pérez-San-Gregorio MÁ, Vale L, Robinson T, Anstee QM, Romero-Gómez M. Health-related quality of life in non-alcoholic fatty liver disease: a cross-cultural study between Spain and the United Kingdom. *PLoS One*. 2024;19:e0300362. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300362
31. Younossi ZM. Patient-reported outcomes for patients with chronic liver disease. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 2018;16:793-799. https://doi.org/10.1016/j.cgh.2017.12.028

Поступила 23.07.2025
Received 23.07.2025
Принята в печать 29.09.2025
Accepted 29.09.2025