

Саркопения у пациентов после тяжелых повреждений головного мозга

И.В. Сергеев¹ ✉, М.В. Петрова^{1,2}, А.Е. Шестопапов^{1,3}, М.Л. Радутная¹, Т.И. Хижняк¹,
М.С. Ветшева⁴, О.Б. Лукьянец¹, А.В. Яковлева¹

Отделение анестезиологии и реанимации № 2

¹ ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии»

Российская Федерация, 107031, Москва, ул. Петровка 25, стр. 2

² ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»

Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

³ ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России

Российская Федерация, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1

⁴ ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России

(Сеченовский Университет)

Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

✉ Контактная информация: Сергеев Иван Владимирович, врач анестезиолог-реаниматолог, отделение анестезиологии и реанимации № 2, ФГБНУ ФНКЦ РР. Email: dr.lvansergeev@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Данная статья посвящена обсуждению саркопении у пациентов после тяжелых повреждений головного мозга (ГМ). В статье представлены результаты сравнительного анализа группы пациентов и группы добровольцев с проводящим ультразвуковым анализом мышечного волокна.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Саркопения является тяжелейшим осложнением у пациента в критическом состоянии. Появляется рано и достаточно быстро прогрессирует в течение нахождения пациента в критическом состоянии.

С целью диагностики саркопении могут быть использованы как лучевые, так и ультразвуковые методы. Использование ультразвуковых методов является менее трудо-, энерго- и экономически затратным и не сопряжено с повышением лучевой нагрузки на пациента. В работе освещено использование и сравнение данных методов у пациентов после тяжелых повреждений ГМ.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить степень выраженности саркопении у пациентов после тяжелых повреждений ГМ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В данное исследование включены 25 пациентов после тяжелых повреждений ГМ в минимальном сознании, средний возраст которых составил $56,75 \pm 19,84$ года (диапазон от 22 до 82 лет), при оценке по шкале *FOUR (Full Outline of Unresponsiveness)* медиана 12 (12; 15) баллов. Оценку проводили в первые 3 дня от момента поступления в ФНКЦ РР. С целью сравнения в исследовании включены 19 добровольцев в возрасте $35,63 \pm 7,02$ года (диапазоне от 21 до 47 лет).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные данные свидетельствуют о том, что пациенты после тяжелых повреждений ГМ имели выраженные нарушения мышечного волокна: его толщину и эхогенность. Толщина бицепса со стороны повреждения ГМ была равна $0,93 \pm 0,27$ см (*min* 0,5; *max* 1,58), а со стороны, противоположной от повреждения ГМ, — $0,62 \pm 0,2$ см (*min* 0,27; *max* 0,93) с $p=0,0007$, статистически значимо. По эхогенности отличия не были статистически значимы ($p=0,1$). Толщина трицепса со стороны повреждения ГМ составила $0,5 \pm 0,17$ см (*min* 0,25; *max* 0,82), а с противоположной стороны от повреждения ГМ — $0,38 \pm 0,14$ см (*min* 0,2; *max* 0,8) с $p=0,028$, статистически значимо; при этом степень эхогенности по шкале *Modified Heckmatt scale* со стороны повреждения ГМ — 2,5 [2,0; 3,0] (*min* 2,0; *max* 4,0), а с противоположной стороны — 3,0 [3,0; 4,0] (*min* 2,0; *max* 4,0), $p=0,01$. Толщина плечелучевой мышцы со стороны повреждения ГМ составила $0,59 \pm 0,15$ см (*min* 0,39; *max* 0,92), с противоположной стороны — $0,50 \pm 0,17$ см (*min* 0,25; *max* 0,86), $p=0,06$, статистически значимо; при этом степень эхогенности оказалась равной 2,0 [2,0; 3,0] (*min* 1,0; *max* 4,0) — со стороны повреждения ГМ, а с противоположной стороны от повреждения ГМ — 2,5 [2,0; 4,0] (*min* 2,0; *max* 4,0), $p=0,03$, статистически значимо. Выраженные статистически значимые отличия также получены по толщине прямой мышцы бедра ($p=0,06$) и ее эхогенности ($p=0,017$). При сравнении данных показателей с мышцами здоровых добровольцев по всем указанным показателям p был менее 0,05, в большинстве же случаев $p=0,000001$ (статистически значимо). Используя компьютерную томографию поясничного отдела позвоночника, удалось выявить уменьшение площади поперечного сечения поясничной мышцы. У пациентов были получены следующие ее значения: справа — $7,66 \pm 2,72$ см² (*min* 3,84; *max* 12,95), а слева — $7,85 \pm 2,64$ см² (*min* 3,7; *max* 12,6), скелетно-мышечный индекс (*Skeletal Muscle Index*) — $53,33 \pm 15,34$ (*min* 28; *max* 81).

ВЫВОДЫ

Методы ультразвуковой диагностики с целью оценки саркопении у пациентов после тяжелых повреждений головного мозга подтверждают свою эффективность. В настоящем исследовании данный метод получил выраженную корреляцию с методом лучевой диагностики саркопении. Нами были получены статически значимые различия в группе добровольцев и пациентов, причем некоторые показатели различались более чем в 2 раза, что говорит о наличии выраженной саркопении у данной группы пациентов.

Ключевые слова:

критическое состояние, ультразвуковое исследование, повреждение головного мозга, реабилитация, хронические нарушения сознания

Для цитирования

Сергеев И.В., Петрова М.В., Шестопапов А.Е., Радутная М.Л., Хижняк Т.И., Ветшева М.С. и др. Саркопения у пациентов после тяжелых повреждений головного мозга. *Журнал им. Н.В. Склифосовского неотложная медицинская помощь*. 2022;11(3):402–411. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2022-11-3-402-411>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

ГМ — головной мозг

ИМТ — индекс массы тела

КТ — компьютерная томография

УЗ — ультразвуковая/ое

SMI — скелетно-мышечный индекс

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивная терапия пациентов, пострадавших вследствие тяжелых повреждений головного мозга (ГМ), сопряжена с борьбой со множеством осложнений, в частности особую роль занимает потеря мышечной массы тела и развитие белково-энергетической недостаточности у таких пациентов.

Саркопения — тяжелейшее осложнение критических состояний. Термин «саркопения» обозначает синдром, характеризующийся прогрессирующей и генерализованной потерей массы скелетной мускулатуры и нарушением ее нормального функционирования с увеличением риска развития таких неблагоприятных исходов, как выраженное снижение физической активности, уменьшение качества жизни и увеличение риска смертельного исхода [1, 2].

Саркопения появляется рано и достаточно быстро прогрессирует в течение нахождения пациента в критическом состоянии, чем больше длительность пребывания пациента в критическом состоянии, тем меньше мышечной массы у него остается. В работе *Puthuchery et al.* отмечена потеря 12,5% массы прямой мышцы бедра в течение 7 дней после поступления в отделение интенсивной терапии, а также выявлен выраженный дисбаланс в синтезе белка и его потребления [3]. Изменение мышечной массы у пациентов в критическом состоянии может оказать значимую роль в диагностике пациентов с повышенным риском возникновения отрицательных исходов течения заболевания, учитывая данные исследований о том, что снижение скелетной мускулатуры у пациентов в критическом состоянии приводит к пролонгации искусственной вентиляции легких, удлинению времени госпитализации и смертности. Учитывая эти данные, важно измерение мышечной массы и ее структуры, что может помочь выявить пациентов более перспективных с точки зрения реабилитационного прогноза, и соответственно сфокусироваться на их терапии.

С целью оценки мышечной массы в настоящее время используются следующие методы: антропометрические — доступные любому лечащему врачу и не требующие дорогого медицинского оборудования — это измерение массы тела, роста и на их основании расчета индекса массы тела (ИМТ), измерение

окружностей мышц плеча, предплечья, бедра, толщины кожной складки на трицепсе и животе [4, 5]. Данные методы нашли значимое место в работе клинических специалистов в связи со своей простотой, низкими трудовыми и временными затратами, относительной независимостью от опыта проводящего исследование. Но эти методы оценивают общую массу тела пациента и отдельную толщину конечностей и подкожно-жирового слоя, достоверно сказать об изменении именно мышечного волокна и его структуры невозможно, при этом его начальные изменения могут дать нам возможность предположить дальнейшую судьбу мышечной массы пациента — ее потерю или рост в зависимости от проводимых мероприятий.

В современном мире в диагностике саркопении значимую роль играют методы лучевой диагностики, которые обладают высокой чувствительностью и специфичностью и на практике показали клиническую достоверность [6, 7]. Однако данные методы являются трудо-, энерго- и экономически затратными и сопряжены с повышенной лучевой нагрузкой на пациента.

Кроме лучевых методов с целью оценки мышечной массы возможно применение биоимпедансометрии, но данный метод все еще остается недостаточно распространенным [8].

Из наименее затратных, а главное, прикроватных методов можно выделить ультразвуковую (УЗ-) диагностику, учитывая ее несомненные плюсы в виде скорости выполнения процедуры, ее малой стоимости, наличия аппаратов УЗ-исследования практически в любом отделении реанимации и интенсивной терапии, корреляцию результатов с лучевыми методами исследований, а также что в последнее время использование методов УЗ-диагностики в клинической практике все увеличивается, появляются различные прикроватные способы диагностики состояния пациентов с использованием данных методов, такие протоколы, как *FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma)*, *BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency)*, оценка наполнения полых вен после диагностики водной нагрузки пациента и постановка различных катетеров под УЗ-наведением [9–11]. Особым плюсом является то, что данные методы могут выполнять при должном

обучении и практике не только врач функциональной диагностики, но и врачи других специальностей.

Оценка уровня саркопении у пациентов после тяжелых повреждений ГМ может помочь в дальнейшей тактике терапии, определении реабилитационных потенциалов и прогнозов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование были включены пациенты в минимальном сознании после тяжелых повреждений ГМ, находящиеся в отделениях реанимации и интенсивной терапии ФНКЦ РР для пациентов с повреждениями ГМ в 2021 году.

Учитывая отсутствие диагностических критериев по УЗ-диагностике саркопении, была проведена оценка группы добровольцев [12]. В качестве контрольной группы были выбраны добровольцы из медицинского персонала отделений центра в 2021 году: младший медицинский персонал, врачи и заведующие отделениями. Исследование было одобрено этическим комитетом ФНКЦ РР, протокол № 5/20/7 от 23.12.2020 г. Все добровольцы подписали информированное добровольное согласие на исследование.

Всего в исследование было включено 25 пациентов и 19 добровольцев. Распределение по половому признаку и возрасту среди пациентов было следующим: мужчин — 16 (64%), а женщин — 9 (36%). Средний возраст составил 56,75±19,84 года (диапазон от 22 до 82 лет).

Среди добровольцев мужчины составили 7 (37%), а женщины — 12 человек (63%). Средний возраст оказался 35,63±7,02 года (диапазон от 21 до 47 лет).

Уровень сознания пациентов на момент исследования — минимальный. По шкале *FOUR (Full Outline of Unresponsiveness)* медиана составила 12 (12; 15) баллов.

Критерии включения:

Для добровольцев — практически здоровые лица, отсутствие выраженных скелетно-мышечных нарушений.

Для пациентов (оценку пациентов проводили в первые 3 суток от момента поступления в ФНКЦ РР):

- от момента первичного повреждения до поступления в ФНКЦ РР на дальнейшее лечение — более 30 суток;

- нарушение сознания — минимальное сознание;

- длительная иммобилизация, более 30 суток;

- самостоятельное дыхание через трахеостомическую трубку;

- наличие пролежневых дефектов I–II степени.

Критерии исключения:

- потребность в вазопрессорной или инотропной поддержке;

- потребность в медикаментозной седации;

- печеночная или почечная недостаточность, в том числе необходимость в проведении заместительной почечной терапии;

- миодистрофические наследственные заболевания в анамнезе;

- сахарный диабет;

- выраженные спастические нарушения функции конечностей.

Методы исследования. Добровольцев оценивали по следующей программе:

1. Антропометрические измерения — рост, вес, ИМТ, окружность плеча, предплечья, толщина подкожной складки трицепса.

2. УЗ-диагностика: измерение толщины бицепса, трицепса, прямой мышцы бедра, плечелучевой мышцы и их экзогенности.

Оценку пациентов проводили по следующей схеме:

1. Антропометрические измерения — рост, вес, ИМТ, окружность плеча, предплечья, толщина подкожной складки на трицепсе, на животе.

2. УЗ-диагностика: измерение толщины бицепса, трицепса, прямой мышцы бедра, плечелучевой мышцы и их экзогенности.

3. Компьютерная томография (КТ) на уровне L_{III} -позвонокков: измерение площади поперечного сечения *m. psoas* (поясничная мышца), индекса *SMI (skeletal muscle index)* — скелетно-мышечный индекс.

4. Измерение биохимических показателей в сыворотке крови: уровень общего белка, альбумина, преальбумина, трансферрина, глюкозы, холестерина и триглицеридов.

5. Определение потери азота с мочой и расчет азотистого баланса.

Определение биохимических показателей крови осуществляли на аппарате биохимического анализа *AU480 (Beckman coulter, США)*.

Для проведения непрямой калориметрии использовали систему анализа газообмена *Medgraphix Ultima CPX (MGC Diagnostics Corporation, США)*.

Показатели суточного анализа мочи измеряли на анализаторе *AU480 (Beckman coulter, США)*.

Оценку потери азота производили путем оценки суточной мочи и измерения в ней уровня азота. К полученным значениям уровня азота прибавляли 4 г в связи с существованием немочевинных потерь азота с мочой и выделения со стулом и через кожу [13].

Взвешивание осуществляли с помощью кровативесов *Linet Eleganza 3XC (Linet, Чешская Республика)*

Измеряли: рост — с помощью метрической рулетки, окружность плеча предплечья — с помощью рулетки, толщину подкожной складки трицепса — с помощью калипера.

УЗ-исследование осуществляли на аппарате фирмы *Logiq S7 Expert R3 (General Electric Ultrasound Korea, Корея)* с использованием мультисекторного линейного датчика с легким давлением на кожу. На УЗ-аппарате были заданы следующие настройки: частота 12–15 МГц, частоту подбирали динамически, учитывая глубину залегания мышечного волокна. Все исследования проводили один и тот же врач. Подготовка к исследованию — все пациенты располагались в горизонтальном положении на спине, в расслабленном состоянии, с вытянутыми вдоль туловища нижними и верхними конечностями, верхние конечности при исследовании ротируются ладонью вверх.

Прежде всего было проведено пробное исследование с подбором необходимых настроек и оценки повторяемости исследования в целом.

Все исследования проводили с использованием достаточного количества геля между датчиком и кожей пациента.

Исследование бицепса проводили в точке, находящейся посередине между большими бугорком плечевой кости и локтевым сгибом, для трицепса выбрана точка в середине между локтевым отростком и остью лопатки, для прямой мышцы бедра — в середине между бедренным латеральным надмышцелком и передней верхней подвздошной остью, для измерения пле-

челуцевой мышцы использовали точку в проксимальной трети между латеральным краем плечевой кости и латеральной поверхностью лучевой кости [14].

Измерение эхогенности осуществляли по *Modified Heckmatt scale: Grade 1* (1-я степень) — нормальная эхогенность в более чем 90% мышцы, эхогенность мышцы отчетливо отличается от эхогенности кости, *Grade 2* (2-я степень) — увеличена интенсивность эхогенности в 10–50% мышечного волокна, эхогенность мышцы отчетливо отличается от эхогенности кости и сохранением нескольких областей нормальной эхогенности мышцы, *Grade 3* (3-я степень) — значимое изменение мышечной эхогенности в 50–90% мышечного волокна с уменьшением отчетливости эхогенности между мышечным волокном и костью, *Grade 4* (4-я степень) — очень выраженное усиление эхогенности мышечного волокна с практически полным или близким к полному отсутствию различия между костью и мышечным волокном в более чем 90% мышечного волокна [15, 16].

Выполнение КТ было выбрано как контрольный метод исследования, учитывая его высокую чувствительность. КТ-исследование проводили на 64-срезовом компьютерном томографе *Siemens Somatom Perspective* (*Siemens*, Германия) в аксиальных проекциях с построением мультипланарных *MPR*-реконструкций с толщиной реформативного среза до 1,0 мм. Нативное КТ-сканирование проводили на уровне *L3–L5* позвонков, параметры исследования: ширина поля интереса — *FoV* 200 мм, напряжение на трубке — 110 kV, масса — 180 mAs. Нагрузочная доза в среднем составила 0,8 мЗв. Сегментацию поясничных мышц проводили на аксиальных срезах нативных КТ-изображений на уровне *L3* позвонка вручную на рабочей станции *Syngo.via*. Скелетно-мышечный индекс (*SMI*) измеряли как площадь поперечного сечения *m. psoas* (см²) к квадрату роста (м²) [17]. Измерения производили врач-рентгенолог с 10-летним опытом работы. Пороговые значения *SMI*, используемые для оценки степени саркопении, составляли для мужчин — 52–55 см²/м², для женщин — 39–41 см²/м² [18, 19].

Методы статистического анализа. Статистическую обработку осуществляли в программном пакете *Statistica 12.5* (*Tibco Software*, США).

Оценку на нормальность распределения осуществляли с помощью критерия Шапиро–Уилкса. Распределенные по закону нормального распределения данные представлены в виде: среднее ± стандартное квадратичное отклонение, а для данных, распределенных не по закону нормального распределения, указаны медианные значения и 25%, 75% квартили.

Критерий Пирсона использовали для оценки корреляционных связей у данных, распределенных по нормальному закону распределения. Критерий Спирмена использовали для данных, не соответствующих нормальному распределению.

Для сравнения двух выборок с не нормальным распределением использовали критерий Манна–Уитни. Для сравнения двух выборок с нормальным распределением использовали *T*-критерий, равенство дисперсий определяли по тесту Левена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для группы добровольцев полученные антропометрические данные приведены в табл. 1, а показатели УЗ-диагностики — в табл. 2.

Для добровольцев указываются данные на правой конечности (все добровольцы были правши), в ходе исследования данные между правой и левой конечностями у добровольцев статистически значимо не различались ($p>0,05$), вследствие чего для добровольцев приводятся данные только на одной конечности. Индекс массы тела у большинства добровольцев соответствовал в норме (18,5–24,99 кг/м²), при этом 3 добровольца имели выраженную степень ожирения (II–III). Толщина подкожно-жировой складки на трицепсе имела большой разброс, за счет того что большая толщина отмечалась у женщин старше 30 лет с избыточной массой тела, а в качестве добровольцев у нас присутствовали молодые люди 21 года и мужского пола, у которых толщина подкожно жировой складки была минимальной даже при наличии сходной с более возрастной группой массой тела. Большой охват плеча и предплечья соответствовал добровольцам, имевшим больший вес.

Как видно из табл. 2, при измерении показателей мышечного волокна методом УЗ-диагностики у группы добровольцев не отмечается выраженного нарушения эхогенности мышечной структуры.

Как видно по данным антропометрии, при сравнении добровольцев с пациентами (табл. 3) отмечали статистически значимое отличие при $p<0,05$ по обхвату плеча на стороне поражения ГМ, обхвату плеча с противоположной стороны от поражения ГМ, обхвату предплечья с противоположной стороны от поражения ГМ и обхвату предплечья на стороне поражения ГМ. Данные показатели были выражено меньше у пациентов по сравнению с добровольцами. Полученные значения говорят о неблагоприятном изменении костно-мышечной структуры у пациентов.

Таблица 1

Антропометрические данные добровольцев

Table 1

Anthropometric data of volunteers

Показатели	Me [Q1; Q3] (мин.; макс.)
Индекс массы тела, кг/м ²	24,39 [21,96; 27,14] (мин. 19,56; макс. 36,72)
Толщина жировой складки на трицепсе, мм	18,0 [8,0; 22,0] (мин. 6,0; макс. 46,0)
Обхват предплечья, см	25,0 [23,4; 28,0] (мин. 22,5; макс. 34,0)
Обхват плеча, см	28,5 [26,5; 30,5] (мин. 24,5; макс. 36,0)

Таблица 2

Показатели ультразвуковой оценки мышечного волокна у добровольцев

Table 2

Indicators of ultrasound measurements of muscle fiber in volunteers

Показатели	M±m (мин.; макс.)
Бицепс, см	1,69±0,34 (мин. 1,0; макс. 2,33)
Эхогенность бицепс, степень	1 (нет разброса)
Трицепс, см	1,31±0,3 (мин. 0,7; макс. 1,8)
Эхогенность трицепс, степень	1 (нет разброса)
Плечелучевая мышца, см	1,38±0,21 (мин. 1,0; макс. 1,8)
Эхогенность плечелучевая мышца, степень	1 (нет разброса)
Прямая мышца бедра, см	1,6±0,18 (мин. 1,3; макс. 2,0)
Эхогенность прямая мышца бедра, степень	1 (нет разброса)

Таблица 3

Антропометрические данные пациентов

Table 3

Anthropometric data of patients

Показатели	Пациенты M±m/Me [Q1; Q3] (мин.; макс.)	p при сравнении с группой добровольцев
Индекс массы тела, кг/м ²	22,31 [20,62; 27,44] (мин. 18,48; макс. 31,2)	0,16
Толщина жировой складки на животе, мм	17,1±11,22 (мин. 4,0; макс. 32,0)	–
Толщина жировой складки на трицепсе на руке с противоположной стороны от поражения головного мозга, мм	14,0 [9,0; 23,0] (мин. 6,0; макс. 36,0)	0,63
Толщина жировой складки на трицепсе на руке на стороне поражения головного мозга, мм	13,0 [9,0; 25,0] (мин. 6,0; макс. 40,0)	0,54
Обхват предплечья с противоположной стороны от поражения головного мозга, см	22,5 [21,0; 26,0] (мин. 20,0; макс. 29,0)	0,015
Обхват предплечья на стороне поражения головного мозга, см	22,0 [21,0; 25,25] (мин. 18,0; макс. 27,0)	0,009
Обхват плеча с противоположной стороны от поражения головного мозга, см	24,0 [21,25; 29,75] (мин. 19,0; макс. 35,0)	0,012
Обхват плеча на стороне поражения головного мозга, см	23,75 [22,25; 27,25] (мин. 21,0; макс. 36,0)	0,003

Как видно из табл. 4, к тому же у пациентов отмечается радикально иная картина по данным УЗ-диагностики. Выраженное увеличение степени эхогенности по *Modified Heckmatt scale* достигало 2 и выше. При этом наблюдается уменьшение толщины мышечного волокна, преимущественно с противоположной стороны от повреждения ГМ (рис. 1).

Полученные данные свидетельствуют о нарушении мышечной массы, имеющейся у пациентов, при этом важно отметить, что страдает преимущественно противоположная сторона от стороны повреждения ГМ в связи с наличием перекреста нервных волокон ГМ. Это, возможно, говорит о нарушении нервно-мышечной передачи.

При сравнении результатов УЗ-диагностики мышц здоровых добровольцев с параметрами мышц пациентов со стороны повреждения ГМ выраженное статистически значимое различие ($p < 0,05$) было получено по следующим показателям: бицепс, эхогенность бицепса, трицепс, эхогенность трицепса, плечелучевая мышца, эхогенность плечелучевой мышцы, прямая мышца бедра, эхогенность прямой мышцы бедра. По аналогичным показателям статистически значимые отличия ($p < 0,05$) были получены при сравнении мышц добровольцев с мышцами пациентов с противоположной стороны от повреждения ГМ. Уровень значимости (p) в большинстве случаев как при сравнении мышц со стороны повреждения, так и с противоположной стороны от повреждения с мышцами добровольцев был крайне мал ($p = 0,000001$, статистически значимо). Это говорит о большом отличии между мышцами здоровых добровольцев и мышцами пациентов.

Используя КТ поясничного отдела позвоночника, удалось выявить уменьшение площади поперечного сечения поясничной мышцы (рис. 2). У пациентов были получены соответственно следующие значения поперечного сечения поясничной мышцы: справа (*volume R*): $7,66 \pm 2,72 \text{ см}^2$ (*min* 3,84; *max* 12,95), а слева (*volume L*)

Таблица 4

Показатели ультразвуковой оценки мышечного волокна у пациентов

Table 4

Indicators of ultrasound measurements of muscle fiber in patients

Показатели	Пациенты – со стороны повреждения головного мозга M±m/Me [Q1; Q3] (мин.; макс.)	Пациенты – противоположная сторона от повреждения головного мозга M±m/Me [Q1; Q3] (мин.; макс.)	p
Бицепс, см	0,93±0,27 (мин. 0,5; макс. 1,58)	0,62±0,2 (мин. 0,27; макс. 0,93)	0,0007
Эхогенность бицепс, степень	2,0 [1,0; 2,0] (мин. 1,0; макс. 3,0)	2,0 [1,0; 3,0] (мин. 1,0; макс. 4,0)	0,1
Трицепс, см	0,5±0,17 (мин. 0,25; макс. 0,82)	0,38±0,14 (мин. 0,2; макс. 0,8)	0,028
Эхогенность трицепс, степень	2,5 [2,0; 3,0] (мин. 2,0; макс. 4,0)	3,0 [3,0; 4,0] (мин. 2,0; макс. 4,0)	0,01
Плечелучевая мышца, см	0,59±0,15 (мин. 0,39; макс. 0,92)	0,50±0,17 (мин. 0,25; макс. 0,86)	0,06
Эхогенность плечелучевая мышца, степень	2,0 [2,0; 3,0] (мин. 1,0; макс. 4,0)	2,5 [2,0; 4,0] (мин. 2,0; макс. 4,0)	0,03
Прямая мышца бедра, см	0,55±0,25 (мин. 0,26; макс. 1,16)	0,49±0,19 (мин. 0,23; макс. 0,86)	0,06
Эхогенность прямая мышца бедра	3,0 [1,0; 4,0] (мин. 1,0; макс. 4,0)	3,0 [2,5; 4,0] (мин. 1,0; макс. 4,0)	0,017

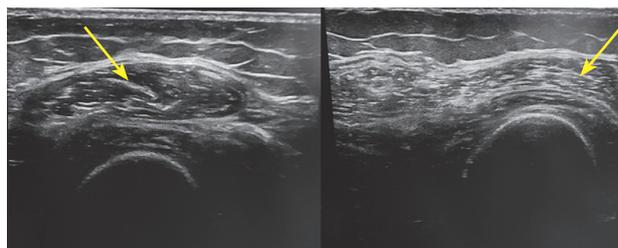


Рис. 1. Ультразвуковая диагностика прямой мышцы бедра слева и справа (обозначены стрелками) пациентки Л., 53 лет. Последствия острого нарушения мозгового кровообращения. Сторона поражения головного мозга — левая. Визуализируются изменения эхогенности мышечного волокна, его толщины, преимущественно с противоположной от стороны повреждения головного мозга Fig. 1. Ultrasound diagnostics of the rectus femoris muscle on the left and right (indicated by arrows) of patient L., 53 years old. Consequences of stroke. The side of the brain injury is left. Changes are visualized in the echogenicity of the muscle fiber, its thickness mainly in the side opposite to the side of the brain injury

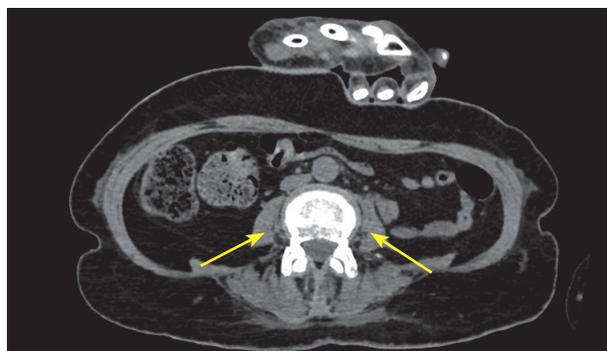


Рис. 2. Компьютерно-томографическая диагностика площади поперечного сечения поясничной мышцы с правой и левой стороны (обозначены стрелками) пациентки Н. 60 лет. Последствия острого нарушения мозгового кровообращения. Сторона поражения головного мозга — правая Fig. 2. CT diagnostics of the cross-sectional area of the psoas muscle on the right and left sides (indicated by arrows) of patient N., 60 years old. Consequences of stroke. The side of the brain injury is right

7,85±2,64 см² (*min* 3,7; *max* 12,6), *SMI* — 53,33±15,34 (*min* 28; *max* 81). В литературных данных пороговое значение *SMI* для мужчин считается 52,4 см²/м² и 38,5 см²/м² для женщин, уменьшения данного показателя ниже указанных значений расценивается как наличие саркопении [18]. При оценке по половому признаку у пациентов мужского пола *SMI* составил 58,24±12,65 (*min* 41,8; *max* 81) и меньше порогового значения в 52,4 см²/м² был выявлен у 43,75% всех пациентов мужского пола, а у пациентов женского пола *SMI* составил 43,31±14,84 (*min* 28; *max* 62) при этом значения меньше порогового в 38,5 см²/м² были выявлены у 66,6% всех пациентов женского пола.

В полученных лабораторных данных фиксируется наличие белково-энергетической недостаточности практически у всех пациентов (табл. 5). Данные изменения связаны с продолжающимся процессом катаболизма у данной группы пациентов, несмотря на длительный момент от первичного повреждения.

По данным непрямой калориметрии, уровень энергозатрат покоя составил *REE* 1420,35±380,05 ккал/сут, при этом азотистый баланс — 5,03±3,21 г/сут. Данные параметры энергообмена характерны для пациентов со сниженным уровнем сознания вследствие наличия связи между сниженным уровнем сознания и снижением метаболизма.

Нами были выявлены следующие корреляционные связи в группе пациентов между некоторыми показателями, а именно:

1) между возрастом и показателями *volume R* ($r=-0,68$), *volume L* ($r=-0,56$) и *SMI* ($r=-0,64$) отмечена отрицательная корреляционная связь, что обусловлено тенденцией к возрастному снижению мышечной массы.

2) Показателями белкового обмена и УЗ-диагностики: между уровнем в крови общего белка и экзогенностью прямой мышцы бедра на стороне повреждения ГМ ($r=-0,68$); уровнем в крови общего белка и экзогенностью прямой мышцы бедра с противоположной стороны повреждения ($r=0,55$). Уровнем в крови альбумина и *SMI* ($r=0,5$). Уровнем в крови трансферрина и толщиной прямой мышцы бедра на стороне повреждения ($r=0,52$), уровнем в крови трансферрина и экзогенностью прямой мышцы бедра на стороне повреждения ($r=-0,67$), толщиной трицепса на стороне повреждения ГМ и суточной потерей азота ($r=-0,55$). Вероятно, данные корреляционные связи обусловлены тем, что основной пул белка в организме содержится в мышечной ткани, и основные процессы анаболизма белка происходят непосредственно в них [20].

3) Показателями жирового обмена и антропометрическими данными: между уровнем в крови триглицеридов и толщиной подкожной складки трицепса на стороне повреждения ГМ ($r=0,63$), уровнем в крови триглицеридов и толщиной подкожной складки трицепса на противоположной стороне от повреждения ГМ ($r=0,62$), уровнем в крови триглицеридов и окружностью плеча на стороне повреждения ГМ ($r=0,69$), а также между уровнем в крови триглицеридов и окружностью плеча с противоположной стороны ($r=0,61$). Выявленные изменения, вероятно, связаны с нарушениями липидного обмена у пациентов в критическом состоянии [21].

4) Между данными УЗ-диагностики и КТ поясничного отдела: *volume R* и толщиной прямой мышцы бедра на стороне повреждения ($r=0,51$), *volume R* и экзогенностью прямой мышцы бедра на стороне повреждения ГМ ($r=-0,64$), *volume R* и экзогенностью прямой мышцы бедра на противоположной стороне от повреждения ГМ ($r=-0,58$); между показателем *volume L* и толщиной прямой мышцы бедра на стороне повреждения ГМ ($r=0,56$), *volume L* и экзогенностью прямой мышцы бедра на стороне повреждения ГМ ($r=-0,62$), *volume L* и экзогенностью прямой мышцы бедра на противоположной стороне от повреждения ГМ ($r=-0,52$). Данные связи подтверждают эффективность УЗ-диагностики саркопении у пациентов после тяжелых повреждений ГМ, учитывая их корреляцию с данными КТ поясничных мышц.

ОБСУЖДЕНИЕ

Отмечены выраженные изменения мышечного волокна и его структуры у пациентов после тяжелых повреждений ГМ, особенно с противоположной стороны. Сопутствующие нарушения белкового обмена свидетельствуют о происходящих нарушениях процессов регуляции анаболизма и катаболизма у данной группы пациентов с преобладанием процессов катаболизма. Вероятно, именно с данными изменениями связаны как трудности с набором мышечной массы пациентами, так и развитием характерной для данной группы пациентов белково-энергетической недостаточности, коррекция которой оказывается зачастую затруднительной [22, 23].

Учитывая, что в ФНКЦ РР мы видим уже последствия первичного повреждения и дальнейшего прогрессирования осложнений у данных пациентов, нам кажется необходимым сфокусироваться на борьбе с саркопенией еще на первичной стадии лечения. Это

Таблица 5

Биохимические показатели пациентов

Table 5

Biochemical parameters of patients

Показатель	<i>M±m/Me</i> [Q1; Q3]	<i>мин.–макс.</i>	Референтные значения	Количество пациентов с показателями, выходящими за пределы референтных значений, <i>n</i> (%)
Общий белок, г/л	57,59±8,17	47,8–73,7	66,0–83,0	20 (80%)
Альбумин, г/л	29,88±5,2	22,3–38,8	35,0–52,0	19 (76%)
Преальбумин, г/л	0,15±0,07	0,03–0,32	0,2–0,4	19 (76%)
Трансферрин, мг/дл	145,2±57,6	84,0–209,0	200,0–360,0	23 (92%)
Глюкоза, ммоль/л	5,87 [5,3; 6,4]	3,56–9,0	4,1–5,9	12 (48%)
Триглицериды, ммоль/л	1,47±0,73	0,66–2,6	0,0–1,7	8 (32%)
Холестерин, ммоль/л	3,62±0,94	1,62–5,28	0,0–5,2	1 (4%)

диктуется тем, что несмотря на проводимые реабилитационные мероприятия — занятия лечебной физкультурой с инструкторами, массажами и применение физиотерапевтических методов — мышечная дистрофия оказывается столь выраженной, что достичь увеличения мышечной массы часто не только не удается, но и отмечается дальнейшее ее снижение.

Проблема реабилитации пациентов после тяжелых повреждений ГМ остается еще малоизученной, но все же данная группа пациентов не является инкурабельной, так как, используя мультидисциплинарный и многокомпонентный подход, удается достичь сдвигов в неврологическом статусе данной группы пациентов, восстановлении минимальной интеллектуальной деятельности и мышечных движений [24–26]. Количество таких пациентов будет возрастать на фоне дальнейших успехов интенсивной терапии, нейрохирургической тактики лечения, и поэтому необходима дальнейшая разработка методов диагностики и оптимальной терапии данных пациентов для того, чтобы не упустить момент достижения относительно благоприятного исхода заболевания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в ходе исследования данные подтверждают возможности использования ультразвуковой диагностики с целью оценки саркопении у пациентов в минимальном сознании после тяжелых повреждений головного мозга и их корреляцию с методами лучевой диагностики.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Rosenberg IH. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr*. 1997 May;127(5 Suppl):990S-991S. PMID: 9164280. <https://doi.org/10.1093/jn/127.5.990S>
- 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*. 1;48(1):16–31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>
- Puthucherry ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *JAMA*. 2013;310(15):1591–600. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.278481>
- Madden AM, Smith S. Body composition and morphological assessment of nutritional status in adults: a review of anthropometric variables. *J Hum Nutr Diet*. 2016;29(1):7–25. PMID: 25420774. <https://doi.org/10.1111/jhn.12278>
- Reber E, Gomes F, Vasiloglou MF, Schuetz P, Stanga Z. Nutritional Risk Screening and Assessment. *J Clin Med*. 2019;8(7):1065. PMID: 31330781. <https://doi.org/10.3390/jcm8071065>
- van der Werf A, Langius JAE, de van der Schueren MAE, Nurmohamed SA, van der Pant KAMI, Blauwhoff-Buskermolen S, et al. Percentiles for skeletal muscle index, area and radiation attenuation based on computed tomography imaging in a healthy Caucasian population. *Eur J Clin Nutr*. 2018;72(2):288–296. PMID: 29242526 <https://doi.org/10.1038/s41430-017-0034-5>
- Reinders I, Murphy RA, Brouwer IA, Visser M, Launer L, Siggeirsdottir K, et al. Muscle Quality and Myosteatosis: Novel Associations With Mortality Risk: The Age, Gene/Environment Susceptibility (AGES)-Reykjavik Study. *Am J Epidemiol*. 2016;183(1):53–60. PMID: 26643983. <https://doi.org/10.1093/aje/kwv153>
- Sergi G, De Rui M, Stubbs B, Veronese N, Manzato E. Measurement of lean body mass using bioelectrical impedance analysis: a consideration of the pros and cons. *Ageing Clin Exp Res*. 2017;29(4):591–597. PMID: 27568020. <https://doi.org/10.1007/s40520-016-0622-6>
- Richards JR, McGahan JP. Focused Assessment with Sonography in Trauma (FAST) in 2017: What Radiologists Can Learn. *Radiology*. 2017;283(1):30–48. PMID: 28318439. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017160107>
- Dexheimer Neto FL, Andrade JM, Raupp AC, Townsend Rda S, Beltrami FG, Brisson H, et al. Diagnostic accuracy of the Bedside Lung Ultrasound in Emergency protocol for the diagnosis of acute respiratory failure in spontaneously breathing patients. *J Bras Pneumol*. 2015;41(1):58–64. PMID: 25750675. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132015000100008>
- Bubenek-Turconi ŞI, Hندی A, Băilă S, Drăgan A, Chioncel O, Văleanu L, et al. The value of a superior vena cava collapsibility index measured with a miniaturized transoesophageal monoplane continuous echocardiography probe to predict fluid responsiveness compared to

Выявленные показатели свидетельствуют о нарушении процессов катаболизма/анаболизма со сдвигом в сторону катаболизма и поражении мышечной мускулатуры — преимущественно страдают трицепс, затем прямая мышца бедра, бицепс и меньше всего из исследованных мышц — плечелучевая мышца.

Данные исследования легли в основу создания реабилитационных программ у данных пациентов.

ВЫВОДЫ

1. Методы ультразвуковой диагностики с целью оценки саркопении у пациентов после тяжелых повреждений головного мозга могут быть использованы для диагностики данного состояния. В нашем исследовании указанный метод демонстрирует выраженную корреляцию с результатами лучевой диагностики саркопении.

2. Получены статически значимые различия в группе добровольцев и пациентов при сравнении мышечного волокна ультразвуковым методом, причем некоторые показатели различались более чем в 2 раза (трицепс), что говорит о наличии выраженной саркопении у данной группы пациентов.

3. Показатели белкового обмена у обследованных пациентов тесно коррелируют со значениями, полученными методом лучевой диагностики и ультразвуковым методом, при этом наблюдается положительная корреляционная связь, свидетельствуя тем самым о продолжающемся нарушении процессов катаболизма/анаболизма.

- stroke volume variations in open major vascular surgery: a prospective cohort study. *J Clin Monit Comput*. 2020;34(3):491–499. PMID: 31278544. <https://doi.org/10.1007/s10877-019-00346-4>
- Stringer HJ, Wilson D. The Role of Ultrasound as a Diagnostic Tool for Sarcopenia. *J Frailty Aging*. 2018;7(4):258–261. PMID: 30298175. <https://doi.org/10.14283/jfa.2018.24>
- Mackenzie TA, Clark NG, Bistran BR, Flatt JP, Hallowell EM, Blackburn GL. A simple method for estimating nitrogen balance in hospitalized patients: a review and supporting data for a previously proposed technique. *J Am Coll Nutr*. 1985;4(5):575–81. PMID: 3932497. <https://doi.org/10.1080/07315724.1985.10720100>
- Pillen S, van Alfen N. Skeletal muscle ultrasound. *Neurol Res*. 2011;33(10):1016–24. PMID: 22196753. <https://doi.org/10.1179/1743132811Y.0000000010>
- Moreta MC, Fleet A, Reebye R, McKernan G, Berger M, Farag J, et al. Reliability and Validity of the Modified Heckmatt Scale in Evaluating Muscle Changes With Ultrasound in Spasticity. *Arch Rehabil Res Clin Transl*. 2020;2(4):100071. PMID: 33543098. <https://doi.org/10.1016/j.arct.2020.100071>
- Hara T, Abo M, Hara H, Kobayashi K, Shimamoto Y, Shibata Y, et al. Effects of botulinum toxin A therapy and multidisciplinary rehabilitation on lower limb spasticity classified by spastic muscle echo intensity in post-stroke patients. *Int J Neurosci*. 2018 ;128(5):412–420. PMID: 28985683. <https://doi.org/10.1080/00207454.2017.1389927>
- Kim JS, Kim WY, Park HK, Kim MC, Jung W, Ko BS. Simple age specific cutoff value for sarcopenia evaluated by computed tomography. *Ann Nutr Metab*. 2017; 71(3–4):157–163. <https://doi.org/10.1159/000480407>
- Amini B, Boyle SP, Boutin RD, Lenchik L. Approaches to Assessment of Muscle Mass and Myosteatosis on Computed Tomography: A Systematic Review. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2019;74(10):1671–1678. PMID: 30726878. <https://doi.org/10.1093/gerona/glz034>
- Масенко В.Л., Коков А.Н., Григорьева И.И., Кривошапова К.Е. Лучевые методы диагностики саркопении. *Исследования и практика в медицине*. 2019;4:127–137. <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2019-6-4-13>
- Терентьев, А.А. Биохимия мышечной ткани: учебное пособие. Москва: ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России; 2019.
- Patkova A, Joskova V, Havel E, Kovarik M, Kucharova M, Zadak Z, et al. Energy, Protein, Carbohydrate, and Lipid Intakes and Their Effects on Morbidity and Mortality in Critically Ill Adult Patients: A Systematic Review. *Adv Nutr*. 2017;8(4):624–634. PMID: 28710148. <https://doi.org/10.3945/an.117.015172>

22. Scruatinio D, Lanzillo B, Guida P, Passantino A, Spaccavento S, Battista P. Association Between Malnutrition and Outcomes in Patients With Severe Ischemic Stroke Undergoing Rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2020;101(5):852–860. PMID: 31891712. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.11.012>
23. Aliasghari F, Izadi A, Khalili M, Farhoudi M, Ahmadiyan S, Deljavan R. Impact of Premorbid Malnutrition and Dysphagia on Ischemic Stroke Outcome in Elderly Patients: A Community-Based Study. *J Am Coll Nutr.* 2019;38(4):318–326. PMID: 30252628. <https://doi.org/10.1080/07315724.2018.1510348>
24. Tollár J, Nagy F, Csutorás B, Prontvai N, Nagy Z, Török K, et al. High Frequency and Intensity Rehabilitation in 641 Subacute Ischemic Stroke Patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2021;102(1):9–18. PMID: 32861668. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2020.07.012>
25. Wu WX, Zhou CY, Wang ZW, Chen GQ, Chen XL, Jin HM, He DR. Effect of Early and Intensive Rehabilitation after Ischemic Stroke on Functional Recovery of the Lower Limbs: A Pilot, Randomized Trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2020;29(5):104649. PMID: 32115341. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104649>
26. Xing Y, Bai Y. A Review of Exercise-Induced Neuroplasticity in Ischemic Stroke: Pathology and Mechanisms. *Mol Neurobiol.* 2020;57(10):4218–4231. PMID: 32691303. <https://doi.org/10.1007/s12035-020-02021-1>
1. Rosenberg IH. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr.* 1997 May;127(5 Suppl):990S–991S. PMID: 9164280. <https://doi.org/10.1093/jn/127.5.990S>
2. 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.* 1;48(1):16–31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>
3. Puthucherry ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *JAMA.* 2013;310(15):1591–600. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.278481>
4. Madden AM, Smith S. Body composition and morphological assessment of nutritional status in adults: a review of anthropometric variables. *J Hum Nutr Diet.* 2016;29(1):7–25. PMID: 25420774. <https://doi.org/10.1111/jhn.12278>
5. Reber E, Gomes F, Vasiloglou MF, Schuetz P, Stanga Z. Nutritional Risk Screening and Assessment. *J Clin Med.* 2019;8(7):1065. PMID: 31330781. <https://doi.org/10.3390/jcm8071065>
6. van der Werf A, Langius JAE, de van der Schueren MAE, Nurmohamed SA, van der Pant KAMI, Blauwhoff-Buskermolen S, et al. Percentiles for skeletal muscle index, area and radiation attenuation based on computed tomography imaging in a healthy Caucasian population. *Eur J Clin Nutr.* 2018;72(2):288–296. PMID: 29242526 <https://doi.org/10.1038/s41430-017-0034-5>
7. Reinders I, Murphy RA, Brouwer IA, Visser M, Launer L, Siggeirsdottir K, et al. Muscle Quality and Myosteatosis: Novel Associations With Mortality Risk: The Age, Gene/Environment Susceptibility (AGES)-Reykjavik Study. *Am J Epidemiol.* 2016;183(1):53–60. PMID: 26643983. <https://doi.org/10.1093/aje/kwv155>
8. Sergi G, De Rui M, Stubbs B, Veronese N, Manzato E. Measurement of lean body mass using bioelectrical impedance analysis: a consideration of the pros and cons. *Aging Clin Exp Res.* 2017;29(4):591–597. PMID: 27568020. <https://doi.org/10.1007/s40520-016-0622-6>
9. Richards JR, McGahan JP. Focused Assessment with Sonography in Trauma (FAST) in 2017: What Radiologists Can Learn. *Radiology.* 2017;283(1):30–48. PMID: 28318439. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017160107>
10. Dexheimer Neto FL, Andrade JM, Raupp AC, Townsend Rda S, Beltrami FG, Brisson H, et al. Diagnostic accuracy of the Bedside Lung Ultrasound in Emergency protocol for the diagnosis of acute respiratory failure in spontaneously breathing patients. *J Bras Pneumol.* 2015;41(1):58–64. PMID: 25750675. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132015000100008>
11. Bubenek-Turconi ŞI, HENDY A, Băilă S, Drăgan A, Chioncel O, Văleanu L, et al. The value of a superior vena cava collapsibility index measured with a miniaturized transoesophageal monoplane continuous echocardiography probe to predict fluid responsiveness compared to stroke volume variations in open major vascular surgery: a prospective cohort study. *J Clin Monit Comput.* 2020;34(3):491–499. PMID: 31278544. <https://doi.org/10.1007/s10877-019-00346-4>
12. Stringer HJ, Wilson D. The Role of Ultrasound as a Diagnostic Tool for Sarcopenia. *J Frailty Aging.* 2018;7(4):258–261. PMID: 30298175. <https://doi.org/10.14283/jfa.2018.24>
13. Mackenzie TA, Clark NG, Bistrrian BR, Flatt JP, Hallowell EM, Blackburn GL. A simple method for estimating nitrogen balance in hospitalized patients: a review and supporting data for a previously proposed technique. *J Am Coll Nutr.* 1985;4(5):575–581. PMID: 3932497. <https://doi.org/10.1080/07315724.1985.10720100>
14. Pillen S, van Alfen N. Skeletal muscle ultrasound. *Neurol Res.* 2011;33(10):1016–1024. PMID: 22196753. <https://doi.org/10.1179/1743132811Y.0000000010>
15. Moreta MC, Fleet A, Reebey R, McKernan G, Berger M, Farag J, et al. Reliability and Validity of the Modified Heckmatt Scale in Evaluating Muscle Changes With Ultrasound in Spasticity. *Arch Rehabil Res Clin Transl.* 2020;2(4):100071. PMID: 33543098. <https://doi.org/10.1016/j.arrct.2020.100071>
16. Hara T, Abo M, Hara H, Kobayashi K, Shimamoto Y, Shibata Y, et al. Effects of botulinum toxin A therapy and multidisciplinary rehabilitation on lower limb spasticity classified by spastic muscle echo intensity in post-stroke patients. *Int J Neurosci.* 2018;128(5):412–420. PMID: 28985683. <https://doi.org/10.1080/00207454.2017.1389927>
17. Kim JS, Kim WY, Park HK, Kim MC, Jung W, Ko BS. Simple age specific cutoff value for sarcopenia evaluated by computed tomography. *Ann Nutr Metab.* 2017; 71(3–4):157–163. <https://doi.org/10.1159/000480407>
18. Amini B, Boyle SP, Boutin RD, Lenchik L. Approaches to Assessment of Muscle Mass and Myosteatosis on Computed Tomography: A Systematic Review. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2019;74(10):1671–1678. PMID: 30726878. <https://doi.org/10.1093/gerona/glz034>
19. Masenko VL, Kokov AN, Grigoreva II, Krivoschapova KE. Radiology methods of the sarcopenia diagnosis. *Research and Practical Medicine Journal.* 2019;6(4):127–137. (In Russ.) <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2019-6-4-13>
20. Terent'ev AA. Biokhimiya myshechnoy tkani. Moscow: FGBOU VO RNIMU im. N.I. Pirogova Minzdrava Rossii Publ.; 2019. (in Russ.)
21. Patkova A, Joskova V, Havel E, Kovarik M, Kucharova M, Zadak Z, et al. Energy, Protein, Carbohydrate, and Lipid Intakes and Their Effects on Morbidity and Mortality in Critically Ill Adult Patients: A Systematic Review. *Adv Nutr.* 2017;8(4):624–634. PMID: 28710148. <https://doi.org/10.3945/an.117.015172>
22. Scruatinio D, Lanzillo B, Guida P, Passantino A, Spaccavento S, Battista P. Association Between Malnutrition and Outcomes in Patients With Severe Ischemic Stroke Undergoing Rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2020;101(5):852–860. PMID: 31891712. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.11.012>
23. Aliasghari F, Izadi A, Khalili M, Farhoudi M, Ahmadiyan S, Deljavan R. Impact of Premorbid Malnutrition and Dysphagia on Ischemic Stroke Outcome in Elderly Patients: A Community-Based Study. *J Am Coll Nutr.* 2019;38(4):318–326. PMID: 30252628. <https://doi.org/10.1080/07315724.2018.1510348>
24. Tollár J, Nagy F, Csutorás B, Prontvai N, Nagy Z, Török K, et al. High Frequency and Intensity Rehabilitation in 641 Subacute Ischemic Stroke Patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2021;102(1):9–18. PMID: 32861668. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2020.07.012>
25. Wu WX, Zhou CY, Wang ZW, Chen GQ, Chen XL, Jin HM, et al. Effect of Early and Intensive Rehabilitation after Ischemic Stroke on Functional Recovery of the Lower Limbs: A Pilot, Randomized Trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2020;29(5):104649. PMID: 32115341. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104649>
26. Xing Y, Bai Y. A Review of Exercise-Induced Neuroplasticity in Ischemic Stroke: Pathology and Mechanisms. *Mol Neurobiol.* 2020;57(10):4218–4231. PMID: 32691303. <https://doi.org/10.1007/s12035-020-02021-1>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

- Сергеев Иван Владимирович** врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации № 2 ФГБНУ ФНКЦ РР;
<https://orcid.org/0000-0002-9470-7896>, dr.1vansergeev@yandex.ru;
 18%: сбор материала, написание и редактирование текста, редактирование первичного материала, подготовка текста к печати
- Петрова Марина Владимировна** доктор медицинских наук, заведующая кафедрой анестезиологии и реаниматологии с курсом медицинской реабилитации, медицинский институт ФГАОУ ВПО РУДН, заместитель директора по научно-клинической работе ФГБНУ ФНКЦ РР;
<https://orcid.org/0000-0003-4272-0957>, mail@petrovamv.ru;
 16%: концепция статьи, окончательное утверждение текста, редактирование текста
- Шестопалов Александр Ефимович** доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии и неотложной медицины ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ, главный научный сотрудник НИИ реабилитологии ФНКЦ РР.
<https://orcid.org/0000-0002-5278-7058>, ashest@yandex.ru;
 16%: концепция статьи, редактирование текста, подготовка текста к печати
- Радутная Маргарита Леонидовна** заведующая отделением лучевой диагностики клинко-диагностического отдела НИИ Реабилитологии ФНКЦ РР;
<https://orcid.org/0000-0002-9181-2295>, mradutnaya@fnkcr.ru;
 12%: оценка пригодности и сбор первичного материала для решения задач исследования
- Хижняк Татьяна Ивановна** врач ультразвуковой диагностики ФГБНУ ФНКЦ РР;
<https://orcid.org/0000-0002-7933-6636>, tatyanka1965@mail.ru;
 12%: оценка пригодности и сбор первичного материала для решения задач исследования
- Ветшева Мария Сергеевна** доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГАОУ ВО «ПМГМУ им. И.М. Сеченова» МЗ РФ;
<https://orcid.org/0000-0002-2180-6324>, rimsho@mail.ru;
 10%: редактирование текста, подготовка текста к печати
- Лукьянец Олег Борисович** врач анестезиолог-реаниматолог, заведующий отделением анестезиологии и реанимации ФГБНУ ФНКЦ РР;
<https://orcid.org/0000-0003-4995-2443>, lukyanets.oleg@yandex.ru;
 8%: сбор материала, редактирование текста
- Яковлева Александра Витальевна** научный сотрудник лаборатории клинического питания и метаболизма ФГБНУ ФНКЦ РР;
<https://orcid.org/0000-0001-9903-7257>, avyakovleva@fnkcr.ru;
 8%: оценка пригодности и сбор первичного материала для решения задач исследования

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Sarcopenia in Patients After Severe Brain Injury

I.V. Sergeev¹ ✉, M.V. Petrova^{1,2}, A.E. Shestopalov^{1,3}, M.L. Radutnaya¹, T.I. Khizhniak¹, M.S. Vetsheva⁴, O.B. Lukyanets¹, A.V. Yakovleva¹

Department of Anesthesiology and Intensive Care No 2

¹ Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation
 25 bld. 2, Petrovka st., Moscow, 107031, Russian Federation

² Peoples' Friendship University of Russia

6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation

³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education

2/1 bld. 1 Barrikadnaya st., Moscow, 125993, Russian Federation

⁴ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

8-2, Trubetskaya street, Moscow, 119991, Russian Federation

✉ **Contacts:** Ivan V. Sergeev, Anesthesiologist, Department of Anesthesiology and Intensive Care No 2, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation. Email: dr.1vansergeev@yandex.ru

INTRODUCTION This article deals with the problem of sarcopenia in patients after severe brain injury. It presents the results of the comparative analysis of a group of patients and a group of volunteers with performed muscle fiber ultrasound.

RELEVANCE Sarcopenia is a serious complication in a critically ill patient. It appears early and progresses rather quickly during the patient's critical condition. In order to diagnose sarcopenia, both radiation and ultrasound methods can be used. The use of ultrasound methods is less labor-intensive, energy-consuming, and economically costly and does not involve an increase in radiation exposure to the patient. The paper highlights the use and comparison of these methods in patients after severe brain injuries.

AIM OF STUDY To assess the severity of sarcopenia in patients after severe brain injuries.

MATERIALS AND METHODS 25 patients were included in this study with an average age of 56.75±19.84 years, ranging from 22 to 82 years, after severe brain injury in a minimally conscious state according to the FOUR (Full Outline of Unresponsiveness) scale, median 12 (12; 15) points. The assessment was carried out in the first 3 days from the moment of admission to the Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitation. For comparison purposes, the study included 19 volunteers aged 35.63±7.02 years, ranging from 21 to 47 years.

RESULTS The data obtained indicate that patients after severe brain injuries had pronounced muscle fiber disorders affecting its thickness and echogenicity. The thickness of the biceps on the side of the brain injury was 0.93±0.27 cm (min 0.5; max 1.58) and the thickness of the biceps on the side opposite to the brain injury

was 0.62 ± 0.2 cm (min 0.27; max 0.93) with $p=0.0007$, statistically significant. In terms of echogenicity, the differences were not statistically significant ($p=0.1$). The thickness of the triceps on the side of the brain injury was 0.5 ± 0.17 cm (min 0.25; max 0.82) and the thickness of the triceps on the opposite side to the brain injury was 0.38 ± 0.14 cm (min 0.2; max 0.8) with $p=0.028$, statistically significant, while the degree of echogenicity according to the Modified Heckmatt scale on the side of the brain injury was 2.5 [2.0; 3.0] (min 2.0; max 4.0), and on the opposite side – 3.0 [3.0; 4.0] (min 2.0; max 4.0), $p=0.01$, statistically significant. The thickness of the brachioradialis on the side of the brain injury was 0.59 ± 0.15 cm (min 0.39; max 0.92), on the opposite side – 0.50 ± 0.17 cm (min 0.25; max 0.86), $p=0.06$, statistically significant; while the degree of echogenicity was 2.0 [2.0; 3.0] (min 1.0; max 4.0) on the side of the brain injury and on the opposite side to the brain injury – 2.5 [2.0; 4.0] (min 2.0; max 4.0), $p=0.03$, statistically significant. Pronounced statistically significant differences were also obtained in the thickness of the rectus femoris muscle ($p=0.06$) and its echogenicity ($p=0.017$). In comparing these indicators with the muscles of healthy volunteers for all indicated parameters $p<0.05$, in most cases $p=0.000001$, statistically significant. Using computed tomography of the lumbar spine, a decrease in the cross-sectional area of the psoas muscle was revealed. The following values were obtained from the patients: psoas muscle cross-sectional area on the right side: 7.66 ± 2.72 cm² (min 3.84; max 12.95), psoas muscle cross-sectional area on the left side: 7.85 ± 2.64 cm² (min 3.7; max 12.6), Skeletal Muscle Index: 53.33 ± 15.34 (min 28; max 81).

CONCLUSION Diagnostic ultrasound methods to assess sarcopenia in patients after severe brain injuries have confirmed their effectiveness. In the present study, this method received a pronounced correlation with radiological techniques to identify patients affected by sarcopenia. We obtained statistically significant differences in the group of volunteers and patients, and some parameters differed by more than 2 times, which indicates the presence of severe sarcopenia in this group of patients.

Keywords: critical illness; diagnostic ultrasound; brain injury; rehabilitation, chronic disorders of consciousness

For citation Sergeev IV, Petrova MV, Shestopalov AE, Radutnaya ML, Khizhniak TI, Vetsheva MS, et al. Sarcopenia in Patients After Severe Brain Injury. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2022;11(3):402–411. DOI: 10.23934/2223-9022-2022-11-3-402-411 (In Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study has no sponsorship

Affiliations

Ivan V. Sergeev	Anesthesiologist, Department of Anesthesiology and Intensive Care No 2, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology; https://orcid.org/0000-0002-9470-7896 , dr.Ivansergeev@yandex.ru ; 18%, collecting research material, text writind, editing, editing of primary research material, preparing text for printing
Marina V. Petrova	Doctor of Medical Sciences, Head Department of Anesthesiology and Reanimatology with a Course of Medical Rehabilitation, Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia, Deputy Director for Scientific and Clinical Work, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology; https://orcid.org/0000-0003-4272-0957 , mail@petrovamv.ru ; 16%, article concept, approval of the final text, text editing
Aleksandr E. Shestopalov	Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of Anesthesiology and Emergency Medicine, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Chief Researcher, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology; https://orcid.org/0000-0002-5278-7058 , ashest@yandex.ru ; 16%, article concept, text editing, preparing text for printing
Margarita L. Radutnaya	Radiologist, Head, Department of Diagnostic Radiology, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology; https://orcid.org/0000-0002-9181-2295 , mradutnaya@fnkcr.ru ; 12%, assessment of suitability and collecting of primary material
Tatiana I. Khizhniak	Sonographer, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology; https://orcid.org/0000-0002-7933-6636 , tatyanka1965@mail.ru ; 12%, assessment of suitability and collecting of primary material
Maria S. Vetsheva	Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of Anesthesiology and Intensive Care, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; https://orcid.org/0000-0002-2180-6324 , rimsho@mail.ru ; 10%, text editing, preparing text for printing
Oleg B. Lukyanets	Anesthesiologist, Head, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology; https://orcid.org/0000-0003-4995-2443 , lukyanets.oleg@yandex.ru ; 8%, collecting research material, text editing
Alexandra V. Yakovleva	Researcher, Clinical Nutrition and Metabolism Laboratory, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology; https://orcid.org/0000-0001-9903-7257 , avyakovleva@fnkcr.ru ; 8%, assessment of suitability and collection of primary material

Received on 24.12.2021

Review completed on 28.06.2022

Accepted on 29.06.2022

Поступила в редакцию 24.12.2021

Рецензирование завершено 28.06.2022

Принята к печати 29.06.2022