

<https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-209-1-134-141>

Саркопеническое ожирение у детей

Завьялова А. Н., Трошкина М. Е., Щербак Л. А., Новикова В. П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Россия

Для цитирования: Завьялова А. Н., Трошкина М. Е., Щербак Л. А., Новикова В. П. Саркопеническое ожирение у детей. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2023;209(1): 134–141. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-209-1-134-141

✉ Для переписки:

Завьялова

Анна Никитична

anzavjalova@mail.ru

Завьялова Анна Никитична, к.м.н., доцент кафедры пропедевтики детских болезней с курсом общего ухода за детьми; доцент кафедры общей медицинской практики; врач диетолог Клиники

Щербак Лидия Аркадьевна, студентка 4 курса

Трошкина Марина Евгеньевна, студентка 4 курса

Новикова Валерия Павловна, д.м.н., профессор, зав. кафедрой пропедевтики детских болезней с курсом общего ухода за детьми, зав. лабораторией «Медико-социальных проблем в педиатрии»

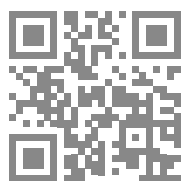
Резюме

В представленном обзоре литературы поднимается проблема саркопенического ожирения в педиатрической популяции. Ряд исследований показывает: при морбидном ожирении снижается уровень мышечной массы вплоть до развития саркопении. Саркопеническое ожирение тесно связано с ухудшением качества жизни и снижением активности человека. Несмотря на растущую актуальность вопроса, многие данные, такие как механизм развития, исходы и эпидемиология патологического состояния у детей, чётко не определены. В своей статье мы привели данные о методах исследования саркопении, преимущества одних методов над другими, связь рассматриваемого состояния с расстройствами других органов и систем, патогенез болезни у взрослого человека и возможный механизм развития саркопенического ожирения у детского населения.

Ключевые слова: саркопеническое ожирение, ожирение, мышечная масса, мышечная сила, мышечная функция, саркопения, антропометрия, педиатрия

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

EDN: QPBUMC





Sarcopenic obesity in children

A. N. Zav'yalova, M. E. Troshkina, L. A. Shcherbak, V. P. Novikova

Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, 2, Litovskaya str, Saint-Petersburg, 194100 Russia

For citation: Zav'yalova A. N., Troshkina M. E., Shcherbak L. A., Novikova V. P. Sarcopenic obesity in children. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2023;209(1): 134–141. (In Russ.) DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-209-1-134-141

✉ **Corresponding author:**

Anna N. Zav'yalova
anzavjalova@mail.ru

Anna N. Zav'yalova, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Propaedeutics of Children's Diseases with a course of General Child Care; Associate Professor of the Department of General Medical Practice; dietitian of the Clinic; ORCID: 0000-0002-9532-9698

Lidia A. Shcherbak 4th-year student; ORCID: 0000-0002-1798-8719

Marina E. Troshkina, 4th year student; ORCID: 0000-0002-5431-0827

Valeria P. Novikova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Propaedeutics of Children's Diseases with the course of general child care, Head of laboratory of "Medical and Social Problems in Pediatrics"; ORCID: 0000-0002-0992-1709

Summary

The presented literature review raises the problem of sarcopenic obesity in the pediatric population. A number of studies show that with morbid obesity, the level of muscle mass decreases until the development of sarcopenia. Sarcopenic obesity is closely associated with a deterioration in the quality of life and a decrease in human activity. Despite the growing relevance of the issue, many data, such as the mechanism of development, outcomes and epidemiology of the pathological condition in children, are not clearly defined. In our article, we provided data on the methods of studying the disease, the advantages of some methods over others, the relationship of the condition in question with disorders of other organs and systems, the pathogenesis of the disease in an adult and a possible mechanism for the development of sarcopenic obesity in children.

Keywords: sarcopenic obesity, obesity, muscle mass, muscle strength, muscle function, sarcopenia, anthropometry, pediatrics

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

Саркопеническое ожирение (СО) представляет собой развивающееся клиническое и функциональное состояние, которое характеризуется сочетанием ожирения и саркопении [1, 2]. Другими словами, саркопеническое ожирение – это «относительное увеличение жировой массы по отношению к мышечной массе (или безжировой массе тела)» [3]. Как ожирение, так и саркопения могут самостоятельно, независимо друг от друга повышать риски негативных последствий для здоровья. Однако при сосуществовании двух состояний у одного человека саркопения и ожирение взаимно усиливают вероятность неблагоприятных исходов [4]. В обзоре рассматриваются эпидемиология и механизм саркопенического ожирения, методы исследования и связь данного состояния с другими заболеваниями.

Саркопения – это термин, состоящий из греческих корней *sarco* (плоть) и *penia* (недостаток). Ранее считалось, что саркопения – это возрастная потеря мышц. Такое определение было выдвинуто Розенбергом в 1989 году. Позже это состояние стали рассматривать за пределами гериатрической группы населения, без привязки к возрасту [5, 6, 7]. Недавно термин саркопения стал применяться

и в педиатрической практике [8, 9], так как было выявлено, что низкая мышечная сила типична для больных детей с детским церебральным параличом, центральным ожирением и при хронической болезни почек в продвинутых стадиях [10].

В 1998 году Баумгартнер и соавторы определили саркопению как отношение массы аппендикулярных скелетных мышц (ASM) (кг) к росту² (м²), которое менее чем на два стандартных отклонения (SDs) ниже среднего значения для молодой контрольной группы. Janssen и соавторы использовали индекс массы скелетных мышц (SMI = отношение массы скелетных мышц к массе тела, умноженное на 100), чтобы определить распространенность саркопении у пожилых американцев. Они считали, что субъекты с индексом массы скелетных мышц в пределах от одного до двух SDs значений для молодых взрослых имеют саркопению I класса, а те, у кого индекс ниже двух SDs значений, имеют саркопению II класса.

Health ABC Newman и соавторы для определения саркопении используют аппендикулярную безжировую массу (ALM) по отношению к росту и жировой массе тела. По их мнению, определение Баумгартнера взаимосвязано с индексом массы тела (ИМТ), это, таким образом, уменьшает круг

людей с ожирением как саркопенических. Фонд проекта Национального института здравоохранения (FNIH) по борьбе с саркопенией предложил использовать отношение аппендикулярной безжировой массы (ALM) на ИМТ для определения низкой мышечной массы.

Были установлены предельные значения такого отношения: у мужчин – менее 0,789, у женщин – менее 0,512. Эти данные были предоставлены по окончании исследования саркопении на более чем 25000 участников [11].

Существует два вида саркопении в зависимости от причины: первичная, вызванная самим старением, и вторичная, связанная со снижением активности (постельный режим, невесомость), нарушением питания (мальабсорбция, нарушение поступления белка и энергии с пищей, ЖКТ нарушения, приём лекарственных средств) и болезнями (воспалительные процессы, злокачественные новообразования, органные недостаточности, эндокринные нарушения) [12].

В 2010 году Европейская рабочая группа по саркопении у пожилых людей (EWGSOP) для диагностики саркопении предложили использовать низкую мышечную массу и функцию (производительность, сила) одновременно. В 2019 году EWGSOP2 пересмотрели диагностику саркопении и установили основным параметром саркопении мышечную силу [13].

Ожирение независимо от состояния саркопении широко распространено среди взрослой и детской популяций [14, 15, 9, 16, 17, 18, 19] во всем мире и в.ч. в РФ. По данным ВОЗ более 155 млн детей в мире имеют избыточную массу тела, при этом детей, страдающих ожирением в возрасте младше 5 лет насчитывают около 20 млн [20]. Рассматривая

актуальность проблемы саркопенического ожирения в педиатрии, следует сравнить распространенность заболевания среди взрослых и детей. Было выяснено, что среди женщин и мужчин распространенность саркопенического ожирения составляет 1,4% и 0,9% соответственно. У лиц в возрасте 20–29,9 лет распространенность заболевания составила 0,4%, у лиц в возрасте 60–69,9 лет – 2,6%, у лиц в возрасте 80–89,9 лет – 12,2% [21]. Отсюда можно сделать вывод, что распространенность саркопенического ожирения увеличивается с возрастом и в педиатрии проблема саркопенического ожирения не так актуальна, как у лиц старшего поколения. Однако, в исследовании Michal Steffl и соавт. наблюдались 353 девочки и 377 мальчика, средний возраст которых 8 лет. Анализируя ИМТ, SMM, процентное содержание жира в организме, жировую массу тела и мышечную силу, были получены следующие результаты: саркопеническое ожирение наблюдалось у 9,3% мальчиков и 7,2% девочек [22]. В исследовании Ji Hyun Moon и соавт. приняли участие 662 мальчика и 571 девочка. Пороговое значение LMM (низкой мышечной массы) составило 28,43% и 21,94% у мальчиков и девочек соответственно. Из группы с LMM показатель WHtR (отношение талии к росту человека) превышал 0,47 у 81,3% мальчиков и 62,6% девочек. Другими словами, большинство детей, страдающих от ожирения, находились в группе с LMM [23]. В исследовании Carolin Sack и соавт. из 119 участников (средний возраст 12,2 года), страдающих ожирением, включенных в анализ (47,1% девушек), у 83 (69,7%) была саркопения [24]. Таким образом, можно сделать вывод, что на сегодняшний день проблема саркопенического ожирения в педиатрии актуальна и требует большего изучения и исследований.

Механизм саркопенического ожирения

В основе саркопенического ожирения лежит взаимодействие множества факторов и механизмов. Сюда относятся эндокринные расстройства (изменение уровня фактора роста, витамина Д, резистентность к инсулину), образ жизни (снижение физической активности, диета, злоупотребление курением), нервно-мышечные и сосудистые изменения, окислительный стресс, повышение уровня воспалительных цитокинов, потерю входного сигнала α-моторных нейронов и другие [11, 25, 26]. Причины, перечисленные выше, являются этиологическими факторами как для саркопении, так и для ожирения. Именно поэтому эти два состояния объединяют общим термином «саркопеническое ожирение». Как было описано выше, одним из факторов развития саркопенического ожирения является воспалительная реакция, опосредованная цитокинами и окислительным стрессом [26]. Различные эндогенные и экзогенные факторы провоцируют образование окислительного стресса. Окислительный стресс, в свою очередь, вызывает модуляцию факторов транскрипции и киназ, митохондриальную дисфункцию. Всё это за счёт белков FOX, сигнальных путей MAPK, транскрипционного фактора

NF-κB приводит к распаду белка и апоптозу клеток, в результате чего развивается атрофия и потеря мышечных волокон [27]. Адипоциты в жировой ткани у человека, страдающего ожирением, увеличиваются в размерах и активируются, в результате чего происходит накопление провоспалительных макрофагов и нарушение регуляции адипокинов. Адипокины совместно с цитокинами и хемокинами вызывают местную воспалительную реакцию [28]. В исследованиях Alexander Kalinkovich Gregory Livshits было отмечено, что такой провоспалительный статус возникает при совместном действии перечисленных выше молекул со стареющими клетками [28], следовательно, мы не можем точно утверждать, будет ли такой механизм возникновения саркопении у пациентов педиатрической популяции. Однако следует отметить, что дети с различными заболеваниями часто страдают от хронического или острого воспаления, что может являться одним из главных звеньев патогенеза саркопении у детей [29]. Таким образом, в результате воспаления анаболизм мышечных волокон замедляется, а катаболизм усиливается. На клеточном уровне это проявляется в уменьшении площади поперечного сечения мышечных волокон,

снижении иннервации, изменении пропорции быстрых и медленных двигательных единиц [30]. Помимо патологических процессов в адипоцитах, описанных выше, у пациентов с ожирением в жировой ткани нарушается накопление липидов. В таком случае липиды накапливаются в скелетных мышцах, что приводит к митохондриальной дисфункции (повышается образование активных форм кислорода), резистентности к инсулину и секреции миокинов, что усугубляет воспаление жировой ткани. Воспаление жировой ткани преобладает над воспалением скелетных мышц [28]. Миостатин и иризин, которые являются миокинами, образуются в скелетной мышечной ткани [30, 31]. Изменения в их метаболизме играют немаловажную роль в патогенезе саркопенического ожирения. В своём исследовании Н. Robert Bergen III и соавт. показывают, что уровень миостатина, подавляющего рост и дифференцировку мышечной ткани, у пациентов с саркопенией значительно выше, чем у людей, не страдающих данным заболеванием [32, 33]. В исследовании Jae Seung Chang и соавт. отмечено, что уровень иризина, положительно влияющего на катаболизм жировой ткани, у людей с саркопенией снижается [34]. Сопоставляя результаты двух исследований, можно сделать следующий вывод: повышение уровня миостатина приводит к снижению количества мышечных волокон, снижение уровня иризина – к накоплению жировой ткани в организме человека. Таким образом, оба миокина лежат в основе механизма формирования саркопенического ожирения. Если рассматривать патогенез саркопенического ожирения с точки зрения гормональных нарушений, то здесь следует отметить, что гормон роста, инсулиноподобный фактор роста, кортикостероиды, андрогены, эстрогены, инсулин и другие

молекулы могут влиять на анаболизм и катаболизм мышечного белка. Исследуя показатели пожилых людей, было выявлено, что снижение уровня гормона роста и инсулиноподобного фактора роста сопровождалось снижением мышечной массы и увеличением висцерального жира [35]. Снижение уровней эстрогена и тестостерона могут привести к уменьшению массы мышечной ткани [36]. Такие эндокринные патологии как гипогонадизм, гипертиреоз, гипотиреоз, синдром Кушинга играют роль в патогенезе как ожирения, так и саркопении [3]. Влияние гормональных нарушений на процесс развития саркопенического ожирения исследовалось на взрослых и пожилых пациентах, следовательно, нам следует только предположить, что у детей механизм развития СО схож с таковым у взрослых. Однако необходимы дальнейшие исследования для доказательства роли эндокринных патологий в формировании СО в педиатрической популяции. Подытоживая, хочется подчеркнуть, что между саркопенией и накоплением жировой ткани существует порочный круг через взаимодействие различных факторов (цитокины, митохондриальная дисфункция, резистентность к инсулину, компоненты пищи, окислительный стресс, физическая активность) [37]. Снижение силы и массы мышц при саркопении приводит к снижению физической активности. Это, в свою очередь, снижает затраты энергии и приводит к увеличению веса за счёт накопления эктопического жира [38]. При употреблении пищи с высоким содержанием жиров и углеводов в крови появляются признаки активных форм кислорода и активируется NF-κB. При аккумуляции питательных веществ (в случае накопления эктопического жира) воспалительная реакция будет значительно серьезнее, что способствует прогрессированию саркопении [39].

Методы исследования

Индексы

Аппендикулярная скелетная мускулатура (АСМ) (сумма мышечной массы верхних и нижних конечностей) используют для определения индекса массы скелетных мышц. Для оценки мышечной массы используют следующие отношения: АСМ/рост², АСМ/масса, АСМ/ИМТ, так как, измеряя только АСМ, мы не учитываем корреляцию между мышечной массой и размером тела человека [40]. В исследовании Alexander Kalinkovich Gregory Livshits указано, что при проведении Национального обследования здоровья и питания (1999–2004) безжировую массу конечностей (ALM) использовали

для определения саркопении (мужчины <19,75 кг, женщины <15,02 кг). Также использовали отношение ALM/ИМТ (мужчины <0,789 кг/м², женщины <0,512 кг/м²). Диагноз саркопенического ожирения ставился в случае совместного соблюдения критериев саркопении и ожирения по проценту жировой массы в организме (BF%) (мужчины ≥25%, женщины ≥35%) [28]. Однако данные принципы постановки диагноза характерны для взрослых и пожилых, следовательно, в педиатрии следует изучить соответствие вышеперечисленных критериев и норм для определения СО у детей.

Антропометрия

Для диагностики саркопении не рекомендуется использовать антропометрические методы, так как часто результаты оказываются ошибочными.

Особенно этого следует избегать у детей с высоким риском перегрузки жидкостью (болезни почек, сердца, печени) [12, 29].

Мышечная сила

Для того, чтобы измерить мышечную силу, использовать недорогой и надежный метод – исследование силы хвата с помощью рукоятки [41]. Для этих целей также измеряют силы разгибания и сгибания колена с по-

мощью специальных современных динамометров [42]. В исследовании Michal Steffl и соавт. у 730 детей (4–14 лет) измеряли отношение силы захвата к ИМТ, с помощью биоэлектрического импеданса оцени-

вали массу жира и скелетных мышц в организме. В результате, частота саркопенического ожирения составила 9,918 (4,243–23,186, $p < 0,001$) у девочек

и 11,515 (4,280–30,982, $p < 0,001$) у мальчиков. Таким образом, соотношение силы захвата и ИМТ можно использовать для прогнозирования СО у детей [22].

Физическая работоспособность / Мышечная функция

Для измерения физической работоспособности и мышечной функции пользуются SPPB (краткая батарея тестов физического функционирования). Она в себя включает следующее: измерение времени прохождения 8 футов, времени подъема со стула и возвращение в сидячее положение 5 раз, баланса и устойчивости в стойке на двух ногах и других позициях [43]. Также для исследования работоспособности измеряют скорость походки – недорогой и надежный показатель [44]. У подростков для оценки мышечной функции и работоспособности используют те же тесты, что и у взрослых. Для детей младшего возраста (2–12 лет) используются тест Брюинкса-Озерского на моторные навыки (BOT-2), батарея оценки движения для детей (MABC-2), моторные шкалы развития Пибоди (PDMS-2), тест общего моторного развития

(TGMD-2) [45]. Однако не существует «золотого стандарта» оценки мышечной функции и двигательной активности в педиатрической популяции, поэтому важно проводить связь между показателями разных методов исследования, чтобы сравнивать результаты и обобщать выводы [45]. Также важно знать, что различные заболевания могут усложнить задачу исследования и измерения мышечной функции у детей. Например, гипераммониемия при циррозе печени приводит к нарушению нейрокognитивного развития и, как вывод, к сложности оценивания мышечных тестов [29, 46]. Таким образом, диагноз саркопении и саркопенического ожирения у детей младшего возраста определить достаточно трудно из-за отсутствия стандартизированных и усовершенствованных исследований мышечных силы и функции.

Мышечная масса

Мышечную массу исследуют с помощью следующих методов: антропометрия, КТ, МРТ, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, биоимпедансный анализ. КТ и МРТ являются золотым стандартом исследования мышечной массы, так как эти методы визуализации позволяют отделить жир от других мягких тканей [12]. КТ в области поясничной мышцы является одним из главных способов исследования саркопении у взрослых с циррозом печени, так как на этот метод не будет влиять асцит [6]. Однако высокая стоимость, радиационное облучение, недоступность оборудования ограничивают использование этих методов [47]. МРТ не содержит радиации, однако из-за большей дороговизны этот метод используют не часто [48]. Сейчас ДХА – наиболее широко используемый метод оценки мышечной массы благодаря высокой точности

и безопасности в применении [49]. ДХА у детей младше 2 лет тяжело проводить без седации [29]. Биоимпедансный анализ (BIA) – это недорогой и несложный метод, который является альтернативой ДХА для исследования состава тела, особенно при ожирении [11, 50]. Однако ни ДХА, ни BIA не могут различить внутриклеточную и внеклеточную воду, что делает эти методы неудобными в определении саркопении у пациентов со статусом повышенной гидратации. Существует биоэлектрическая импедансная спектроскопия, которая в отличие от BIA способна различать внутриклеточную и внеклеточную жидкости [49]. Хочется отметить, что распознавание саркопении у младенцев и маленьких детей с использованием ДХА, КТ, МРТ, BIA может быть затруднено из-за недостатка нормативных педиатрических данных [29, 51].

УЗИ

Исследования Catheeja Ismail и соавт. показывают, что ультразвуковая диагностика может использоваться для постановки и оценки диагноза саркопении [52]. У детей этот метод является многообещающим, однако требует дальнейшей валидации [53]. Разбавление изотопами (гидрометрия) Дейтерированную, тритированную или меченую кислородом воду используют для изучения общего количества воды в организме и обезжиренной массы тела [54]. Этот метод оказался

наиболее удобным при проведении исследований у младенцев и детей младшего возраста [55]. Однако высокая стоимость и трудоемкость метода являются его недостатками [29]. Во время полового созревания девушки набирают больше жировой массы, в то время как мужчины приобретают большее количество обезжиренной массы и скелетной массы тела [56]. Именно поэтому при оценке состава тела в педиатрической популяции очень важно учитывать особенности пола в пубертатном периоде.

Исходы, связь с другими болезнями

Исследования, проводимые у детей с саркопеническим ожирением, показали связь СО с неалкогольной жировой болезнью печени, кардиометаболическими заболеваниями, воспалением, психическим здоровьем, частыми госпитализациями, остеопорозом, ограниченной подвижностью, диабетом 2 типа [1, 49, 57, 58]. Саркопении даже без сопутствующего ожирения, сама по

себе, связана с резистентностью к инсулину [59]. СО также имеет прямое влияние на заболевания сердечно-сосудистой системы: повышение артериального давления и увеличение жесткости стенок артерий [60, 61]. При этом саркопении и ожирение в совокупности оказывают значительно большее влияние, чем по отдельности [62]. Также есть предположение, что саркопе-

ния (поражение мышц) и остеопороз (поражение костей) – почти одно и то же заболевание. Это согласуется с вероятным существованием синдрома «остеосаркопенического ожирения» [28]. У маленьких детей СО в большей степени влияет на нейрокогнитивное развитие [63], приводит к задержке общей и мелкой моторики [29]. В ис-

следовании Diana R. Mager и соавт. было определено, что у детей с саркопенией после трансплантации печени наблюдалось снижение линейного роста и прибавки в весе [64]. Если рассматривать СО людей пожилого возраста, риск смертности у таких пациентов гораздо выше, чем у людей, не страдающих данной патологией [65].

Заключение

Рост числа детей, страдающих ожирением, «омоложение» взрослых болезней, закономерно будет приводить к увеличению распространенности саркопенического ожирения в детском возрасте.

Необходимы дальнейшие исследования, направленные на раннее выявление, лечение и профилактику осложнений саркопенического ожирения у детей.

Литература | References

1. Zembura Marcela, Paweł Matusik. Sarcopenic Obesity in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Frontiers in endocrinology* vol. 2022;13:914740. doi: 10.3389/fendo.2022.914740.
2. Donini L.M., Busetto L., Bischoff S.C., Cederholm T., Ballesteros-Pomar M.D., et al. Definition and Diagnostic Criteria for Sarcopenic Obesity: ESPEN and EASO Consensus Statement. *Obesity Facts*. 2022;15(3):321–335. doi: 10.1159/000521241.
3. Polyzos S.A., Margioris A.N. Sarcopenic obesity. *Hormones (Athens)*. 2018 Sep;17(3):321–331. doi: 10.1007/s42000-018-0049-x.
4. Koliaki C., Liatis S., Dalamaga M., Kokkinos A. Sarcopenic Obesity: Epidemiologic Evidence, Pathophysiology, and Therapeutic Perspectives. *Current Obesity Reports*. 2019;8(4):458–471. doi: 10.1007/s13679-019-00359-9.
5. Safer U., Kaplan M., Binay Safer V. Evaluation of Sarcopenia in Children. *J Surg Res*. 2019 May;237:112. doi: 10.1016/j.jss.2018.03.008.
6. Woolfson J.P., Kamath B.M., Ng V.L. Reply. *Liver Transpl*. 2021 Jul;27(7):1073–1074. doi: 10.1002/lt.26051.
7. Carey E.J., Lai J.C., Sonnenday C., et al. A North American Expert Opinion Statement on Sarcopenia in Liver Transplantation. *Hepatology*. 2019;70(5):1816–1829. doi: 10.1002/hep.30828.
8. Zavyalova A.N., Khavkin A.I., Novikova V.P. Causes and prevention options for sarcopenia in children. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii (Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics)*. 2022;67(2):34–42. (In Russ.) doi: 10.21508/1027-4065-2022-67-2-34-42.
Завьялова А.Н., Хавкин А.И., Новикова В.П. Причины и варианты профилактики саркопении у детей. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. – 2022. – Т. 67. – N 2. – С. 34–42. doi: 10.21508/1027-4065-2022-67-2-34-42
9. Zavyalova A.N., Novikova V.P., Klikunova K.A. Juvenile sarcopenia in patients with cerebral palsy and predictors of its development. *Forcipe*. 2022;5(S2):207–208. (in Russ.)
Завьялова А.Н., Новикова В.П., Кликунова К.А. Юношеская саркопения у пациентов с детским церебральным параличом и предикторы ее развития. *Forcipe*. – 2022. – Т. 5. – N S2. – С. 207–208.
10. Benson A.C., Torode M.E., Singh M.A. Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. *International Journal of Pediatric Obesity*. 2006;1(4):222–31. doi: 10.1080/17477160600962864.
11. Choi K.M. Sarcopenia and sarcopenic obesity. *Korean J Intern Med*. 2016 Nov;31(6):1054–1060. doi: 10.3904/kjim.2016.193.
12. Cruz-Jentoft A.J., Baeyens J.P., Bauer J.M., et al. European Working Group on Sarcopenia in Older People. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing*. 2010;39(4):412–23. doi: 10.1093/ageing/afq034.
13. Cruz-Jentoft A.J., Bahat G., Bauer J., et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16–31. doi: 10.1093/ageing/afy169.
14. Petrenko Yu.V., Novikova V.P., Polunina A.V. Obesity in mothers and the health of children of different ages. *Pediatrician*. 2018;9(3):24–27. (in Russ.) doi: 10.17816/PED9324-27.
Петренко Ю.В., Новикова В.П., Полунина А.В. Ожирение у матерей и здоровье детей разного возраста. // *Педиатр*. – 2018. – Т. 9. – N 3. – С. 24–27. doi: 10.17816/PED9324-27.
15. Gritsinskaya V.L., Novikova V.P., Khavkin A.I. Epidemiology of obesity in children and adolescents (systematic review and meta-analysis of publications over a 15-year period). *Vopr. prakt. pediatri. (Clinical Practice in Pediatrics)*. 2022; 17(2): 126–135. (In Russ.) doi: 10.20953/1817-7646-2022-2-126-135.
Грицинская В.Л., Новикова В.П., Хавкин А.И. К вопросу об эпидемиологии ожирения у детей и подростков (систематический обзор и мета-анализ научных публикаций за 15-летний период. *Вопросы практической педиатрии*. – 2022. – Т. 17. – N 2. – С. 126–135. doi: 10.20953/1817-7646-2022-2-126-135.
16. Gritsinskaya V.L., Novikova V.P. Obesity in children in the regions of Russia. *Archives of Disease in Childhood*. 2021;106(S2): A87. doi: 10.1136/archdischild-2021-europaediatrics.205
17. Novikova V.P., Gritsinskaya V.L., Klikunova K.A. Children overweight and obesity prevalence in the Russian Federation. *Journal of Childhood Obesity*. 2021;6(9): in Rrint/
18. Gritsinskaya V.L., Novikova V.P., Gurova M.M. Prevalence of obesity among schoolchildren in St. Petersburg. *Archives of Disease in Childhood*. 2019;104(S3): A366.
19. Gurova M.M. Epidemiology of obesity in children at the present stage. *Questions of children's dietetics*. 2014;12(3):36–45. (in Russ.)

- Гурова М. М. Эпидемиология ожирения у детей на современном этапе. Вопросы детской диетологии. – 2014. – Т. 12. – № 3. – С. 36–45.
20. Nastusheva T. L., Boeva E. E., Volosovets G. G., Minakova O. V. Clinical and laboratory features and blood pressure in children of preschool and primary school age with obesity. *Pediatrician*. 2020;11(1):19–26. (in Russ.) doi: 10.17816/PED11119–26.
Насташева Т. Л., Боева Е. Е., Волосовец Г. Г., Минакова О. В. Клинико-лабораторные особенности и артериальное давление у детей дошкольного и младшего школьного возраста с ожирением. *Педиатр*. – 2020. – Т. 11. – № 1. – С. 19–26. doi: 10.17816/PED11119–26.
 21. Wagenaar C. A., Dekker L. H., Navis G. J. Prevalence of sarcopenic obesity and sarcopenic overweight in the general population: The lifelines cohort study. *Clinical Nutrition*. 2021;40(6):4422–4429. doi: 10.1016/j.clnu.2021.01.005.
 22. Steffl M., Chrudimsky J., Tufano J. J. Using relative hand-grip strength to identify children at risk of sarcopenic obesity. *PLoS One*. 2017;12(5): e0177006. doi: 10.1371/journal.pone.0177006.
 23. Moon J. H., Kong M. H., Kim H. J. Low Muscle Mass and Depressed Mood in Korean Adolescents: a Cross-Sectional Analysis of the Fourth and Fifth Korea National Health and Nutrition Examination Surveys. *Journal of Korean Medical Science*. 2018;33(50): e320. doi: 10.3346/jkms.2018.33.e320.
 24. Sack C., Ferrari N., Friesen D., et al. Health Risks of Sarcopenic Obesity in Overweight Children and Adolescents: Data from the CHILT III Programme (Cologne). *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(1):277. doi: 10.3390/jcm11010277.
 25. Molino S., Dossena M., Buonocore D., Verri M. Sarcopenic Obesity: An Appraisal of the Current Status of Knowledge and Management in Elderly People. *Journal of Nutrition, Health, Aging*. 2016;20(7):780–8. doi: 10.1007/s12603-015-0631-8.
 26. Jensen G. L. Inflammation: roles in aging and sarcopenia. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2008;32(6):656–9. doi: 10.1177/0148607108324585.
 27. Meng S. J., Yu L. J. Oxidative stress, molecular inflammation and sarcopenia. *International Journal of Molecular Sciences*. 2010;11(4):1509–26. doi: 10.3390/ijms11041509.
 28. Kalinkovich A., Livshits G. Sarcopenic obesity or obese sarcopenia: A cross talk between age-associated adipose tissue and skeletal muscle inflammation as a main mechanism of the pathogenesis. *Ageing Res Rev*. 2017 May;35:200–221. doi: 10.1016/j.arr.2016.09.008.
 29. Ooi P. H., Thompson-Hodgetts S., Pritchard-Wiart L., Gilmour S. M., Mager D. R. Pediatric Sarcopenia: A Paradigm in the Overall Definition of Malnutrition in Children? *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2020 Mar;44(3):407–418. doi: 10.1002/jpen.1681.
 30. Lang T., Streeter T., Cawthon P., et al. Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporosis International*. 2010;21(4):543–59. doi: 10.1007/s00198-009-1059-y.
 31. Polyzos S. A., Mathew H., Mantzoros C. S. Irisin: A true, circulating hormone. *Metabolism journal*. 2015;64(12):1611–8. doi: 10.1016/j.metabol.2015.09.001.
 32. Bergen H. R. 3rd, Farr J. N., Vanderboom P. M., et al. Myostatin as a mediator of sarcopenia versus homeostatic regulator of muscle mass: insights using a new mass spectrometry-based assay. *Skeletal Muscle*. 2015;5:21. doi: 10.1186/s13395-015-0047-5.
 33. Tsoriev T. T., Belaya Zh. E., Rozhinskaya L. Ya., Melnichenko G. A., Grebennikova T. A., Nikankina L. V., Ilyin A. V., Dedov I. I. The content of myokines in blood serum in patients with endogenous hypercorticism and acromegaly: a single case-control study. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2016;71(3):40–247. (in Russ.) doi: 10.15690/vramn659.
Цориев Т. Т., Белая Ж. Е., Рожинская Л. Я., Мельниченко Г. А., Гребенникова Т. А., Никанкина Л. В., Ильин А. В., Дедов И. И. Содержание миокинов в сыворотке крови у пациентов с эндогенным гиперкортицизмом и акромегалией: одномерное исследование «случай–контроль». *Вестник РАМН*. – 2016. – Т. 71 – № 3. – С. 40–247. doi: 10.15690/vramn659.
 34. Chang J. S., Kim T. H., Nguyen T. T. Circulating irisin levels as a predictive biomarker for sarcopenia: A cross-sectional community-based study. *Geriatric and Gerontology International*. 2017;17(11):2266–2273. doi: 10.1111/ggi.13030.
 35. Wang C., Bai L. Sarcopenia in the elderly: basic and clinical issues. *Geriatric and Gerontology International*. 2012;12(3):388–96. doi: 10.1111/j.1447-0594.2012.00851.x.
 35. Choi K. M. Sarcopenia and sarcopenic obesity. *Endocrinology and Metabolism*. 2013;28(2):86–9. doi: 10.3803/EnM.2013.28.2.86.
 36. Kim T. N., Choi K. M. The implications of sarcopenia and sarcopenic obesity on cardiometabolic disease. *Journal of Cellular Biochemistry*. 2015;116(7):1171–8. doi: 10.1002/jcb.25077. PMID: 25545054.
 37. Zamboni M., Mazzali G., Fantin F., Rossi A., Di Francesco V. Sarcopenic obesity: a new category of obesity in the elderly. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2008;18(5):388–95. doi: 10.1016/j.numecd.2007.10.002.
 38. Gregor M. F., Hotamisligil G. S. Inflammatory mechanisms in obesity. *Annual Review of Immunology*. 2011;29:415–45. doi: 10.1146/annurev-immunol-031210-101322.
 39. Kim K. M., Jang H. C., Lim S. Differences among skeletal muscle mass indices derived from height-, weight-, and body mass index-adjusted models in assessing sarcopenia. *The Korean Journal of Internal Medicine*. 2016;31(4):643–50. doi: 10.3904/kjim.2016.015.
 40. Al Snih S., Markides K. S., Ottenbacher K. J., Raji M. A. Hand grip strength and incident ADL disability in elderly Mexican Americans over a seven-year period. *Ageing Clinical and Experimental Research*. 2004;16(6):481–6. doi: 10.1007/BF03327406.
 41. Šarabon N., Kozinc Ž., Perman M. Establishing Reference Values for Isometric Knee Extension and Flexion Strength. *Frontiers in Physiology*. 2021;12:767941. doi: 10.3389/fphys.2021.767941.
 42. Guralnik J. M., Simonsick E. M., Ferrucci L., Glynn R. J., Berkman L. F., Blazer D. G., Scherr P. A., Wallace R. B. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *The Journal of Gerontology*. 1994;49(2): M85–94. doi: 10.1093/geronj/49.2.m85.
 43. Peel N. M., Kuys S. S., Klein K. Gait speed as a measure in geriatric assessment in clinical settings: a systematic review. *The Journal of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*. 2013;68(1):39–46. doi: 10.1093/gerona/gls174.
 44. Griffiths A., Toovey R., Morgan P. E., Spittle A. J. Psychometric properties of gross motor assessment tools for

- children: a systematic review. *BMJ Open*. 2018;8(10): e021734. doi: 10.1136/bmjopen-2018-021734.
45. Dara N., Sayyari A. A., Imanzadeh F. Hepatic encephalopathy: early diagnosis in pediatric patients with cirrhosis. *Iranian Journal of Child Neurology*. 2014;8(1):1–11. PMID: 24665321; PMCID: PMC3943054.
46. Chien M. Y., Huang T. Y., Wu Y. T. Prevalence of sarcopenia estimated using a bioelectrical impedance analysis prediction equation in community-dwelling elderly people in Taiwan. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2008;56(9):1710–5. doi: 10.1111/j.1532-5415.2008.01854.x.
47. Sottier D., Petit J. M., Guiu S., Hamza S., Benhamiche H., Hillon P., Cercueil J. P., Krausé D., Guiu B. Quantification of the visceral and subcutaneous fat by computed tomography: interobserver correlation of a single slice technique. *Diagnostic and Interventional Imaging*. 2013;94(9):879–84. doi: 10.1016/j.diii.2013.04.006.
48. Edwards M. H., Buehring B. Novel Approaches to the Diagnosis of Sarcopenia. *Journal of Clinical Densitometry*. 2015;18(4):472–7. doi: 10.1016/j.jocd.2015.04.010.
49. Safarova G., Milner E., Zavyalova A. Et al. Body Composition in Children with Morbid Obesity EAP2021 CONGRESS AND MASTERCOURSE. European Academy of Paediatrics (EAP). 2021:292–293.
50. Alyoshina E. I., Andriyanov A. I., Bogdanova N. M., Edleeva A. G., et al. Methods of nutritional status research in children and adolescents. Saint Petersburg. SpecLit Publ., 2014. (In Russ.)
Алешина Е. И., Андриянов А. И., Богданова Н. М., Эдлеева А. Г. и соавт. Методы исследования нутритивного статуса у детей и подростков. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2014.
51. Ismail C., Zabal J., Hernandez H. J., et al. Diagnostic ultrasound estimates of muscle mass and muscle quality discriminate between women with and without sarcopenia. *Frontiers in Physiology*. 2015;6:302. doi: 10.3389/fphys.2015.00302.
52. Horan M., Gibney E., Molloy E., McAuliffe F. Methodologies to assess paediatric adiposity. *Irish Journal of Medical Science*. 2015;184(1):53–68. doi: 10.1007/s11845-014-1124-1.
53. Lee S. Y., Gallagher D. Assessment methods in human body composition. *Current Opinion Clinical Nutrition Metabolic Care*. 2008;11(5):566–72. doi: 10.1097/MCO.0b013e32830b5f23.
54. Wells J. C., Fewtrell M. S. Measuring body composition. *Archives Disease in Childhood*. 2006;91(7):612–7. doi: 10.1136/adc.2005.085522.
55. Loomba-Albrecht L. A., Styne D. M. Effect of puberty on body composition. *Current Opinion in Endocrinology Diabetes and Obesity*. 2009;16(1):10–5. doi: 10.1097/med.0b013e328320d54c.
56. Hong H. C., Hwang S. Y., Choi H. Y., et al. Relationship between sarcopenia and nonalcoholic fatty liver disease: the Korean Sarcopenic Obesity Study. *Hepatology*. 2014;59(5):1772–8. doi: 10.1002/hep.26716.
57. Novikova V. P., Gurova M. M., Komissarova M. Y. Multidisciplinary problems of obesity in children. Saint Petersburg. SpetsLit Publ., 2018. (in Russ.)
Новикова В. П., Гурова М. М., Комиссарова М. Ю. Мультидисциплинарные проблемы ожирения у детей. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2018.
58. Srikanthan P., Hevener A. L., Karlamangla A. S. Sarcopenia exacerbates obesity-associated insulin resistance and dysglycemia: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey III. *PLoS One*. 2010;5(5): e10805. doi: 10.1371/journal.pone.0010805.
59. Han K., Park Y. M., Kwon H. S., et al. Sarcopenia as a determinant of blood pressure in older Koreans: findings from the Korea National Health and Nutrition Examination Surveys (KNHANES) 2008–2010. *PLoS One*. 2014;9(1): e86902. doi: 10.1371/journal.pone.0086902.
60. Snijder M. B., Henry R. M., Visser M., et al. Regional body composition as a determinant of arterial stiffness in the elderly: The Hoorn Study. *Journal Hypertension*. 2004;22(12):2339–47. doi: 10.1097/00004872-200412000-00016.
61. Wannamethee S. G., Atkins J. L. Muscle loss and obesity: the health implications of sarcopenia and sarcopenic obesity. *Proceeding of Nutrition Society*. 2015;74(4):405–12. doi: 10.1017/S002966511500169X.
62. Mehta N. M., Corkins M. R., Lyman B., Malone A., Goday P. S., Carney L. N., Monczka J. L., Plogsted S. W., Schwenk W. F.; American Society for Parenteral and Enteral Nutrition Board of Directors. Defining pediatric malnutrition: a paradigm shift toward etiology-related definitions. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2013;37(4):460–81. doi: 10.1177/0148607113479972.
63. Mager D. R., Hager A., Ooi P. H., Siminoski K., Gilmour S. M., Yap J. Y. K. Persistence of Sarcopenia After Pediatric Liver Transplantation Is Associated With Poorer Growth and Recurrent Hospital Admissions. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2019;43(2):271–280. doi: 10.1002/jpen.1414.
64. Wannamethee S. G., Shaper A. G., Lennon L., Whincup P. H. Decreased muscle mass and increased central adiposity are independently related to mortality in older men. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2007;86(5):1339–46. doi: 10.1093/ajcn/86.5.1339.