

УДК 616-056.52-053.2+616-007.7+575.112+616-085-07+615.8+001.891.53

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА ТЕЛА У ДЕТЕЙ С ОЖИРЕНИЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОМОРБИДНОЙ ПАТОЛОГИИ

© Елена Вячеславовна Павловская¹, Татьяна Викторовна Строкова^{1,2},
Наталья Николаевна Таран^{1,2}, Андрей Игоревич Zubovich¹, Мария Игоревна Шавкина¹

¹ Федеральное исследовательское учреждение питания, биотехнологии и безопасности пищи. 115446, Москва, Каширское шоссе, д. 21

² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова. 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1

Контактная информация:

Елена Вячеславовна Павловская — д.м.н., ведущий научный сотрудник отделения педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетотерапии. E-mail: elena_pavlovsky@rambler.ru ORCID: 0000-0002-4505-397X

Поступила: 20.10.2021

Одобрена: 23.12.2021

Принята к печати: 07.02.2022

Резюме: Оценка нутритивного статуса у детей с ожирением является одним из ключевых диагностических методов, позволяющих выбрать оптимальную терапевтическую стратегию и контролировать ее эффективность в динамике. Характер состава тела у детей с ожирением и различной коморбидной патологией к настоящему времени изучен недостаточно. *Цель исследования* — изучить особенности состава тела у детей с ожирением в зависимости от наличия основной коморбидной патологии. *Пациенты и методы.* В исследование включены 537 детей (322 девочки, 60%; 215 мальчиков, 40%) с ожирением в возрасте от 3 до 17 лет. Медиана возраста детей составила 13 [11; 15] лет. По результатам обследования сформировано 4 группы пациентов: 1 группа — дети без неалкогольной жировой болезни печени (НАЖБП), артериальной гипертензии (АГ) и метаболического синдрома (МС) (n=168); 2 группа — дети, имевшие только НАЖБП (n=147); 3 группа — дети с АГ, в том числе в сочетании с НАЖБП (n=98); 4 группа — дети с МС при наличии либо отсутствии других коморбидных заболеваний (n=124). Исследование состава тела проводилось методом биоимпедансометрии на стационарном анализаторе состава тела InBody 520, определялись абсолютное и относительное количество жировой (ЖМ) и тощей массы (ТМ), массы скелетной мускулатуры (МСМ), общей воды организма. *Результаты.* Все изучаемые показатели состава тела были максимальными в группе детей с МС. Количество ЖМ достоверно превышало норму во всех группах, при этом в группе МС также выявлено превышение нормы по ТМ. Процент превышения индивидуальной нормы по ЖМ значительно возрастал по мере присоединения коморбидной патологии у детей с ожирением, достигая максимума в группе с МС. Процент превышения индивидуальной нормы МСМ возрастал от 5,45 [2,8; 8,0]% среди детей с неосложненным ожирением до 7,2 [3,4; 11,6]% у детей с НАЖБП, 8,6 [4,8; 13,6]% у детей с АГ и 10,45 [4,6; 17,3]% — 3 группы ($p_{1-3}=0,0001$, $p_{2-3}=0,014$). *Заключение.* Композиционный состав тела у детей с ожирением характеризуется не только повышением ЖМ, но и ростом безжировых компонентов по мере прогрессирования степени избытка массы тела. Дальнейшее изучение роли увеличения МСМ при прогрессировании ожирения у детей позволит разработать новые подходы к лечению.

Ключевые слова: ожирение; дети; состав тела; биоимпедансометрия; коморбидная патология.

CHARACTERIZATION OF BODY COMPOSITION IN OBESE CHILDREN DEPENDING ON COMORBID PATHOLOGY

© Elena V. Pavlovskaya¹, Tatyana V. Strokovaya^{1,2}, Natalia N. Taran^{1,2},
Andrey I. Zubovich¹, Maria I. Shavkina¹

¹ Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety. 115446, Moscow, Kashirskoe highway, 21

² Pirogov Russian National Research Medical University. 117997, Moscow, Ostrovitianov str., 1

Contact information:

Elena V. Pavlovskaya — Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher of the Department of Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Diet Therapy. E-mail: elena_pavlovsky@rambler.ru ORCID: 0000-0002-4505-397X

Received: 20.10.2021

Revised: 23.12.2021

Accepted: 07.02.2022

Summary: Assessment of nutritional status in obese children is one of the key diagnostic methods that allows you to choose the optimal therapeutic strategy and monitor its effectiveness over time. The nature of the body

composition in children with obesity and various comorbid pathologies has not been sufficiently studied to date. *Objective of the study:* to study the characteristics of the body composition in obese children, depending on the presence of an underlying comorbid pathology. *Patients and methods.* The study included 537 obese children aged 3 to 17 years. The median age of children was 13 [11; 15] years, among them there were 322 girls (60%). Based on the examination results, 4 groups of patients were formed: group 1 — children without non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD), arterial hypertension (AH) and metabolic syndrome (MS) ($n = 168$); group 2 — children with only NAFLD ($n = 147$); group 3 — children with hypertension, including in combination with NAFLD ($n = 98$); group 4 — children with MS in the presence or absence of other comorbid diseases ($n = 124$). The study of body composition was carried out by the method of bioimpedance measurement on a stationary body composition analyzer "InBody 520", the absolute and relative amounts of fat (FM) and lean mass (TM), skeletal muscle mass (MSM), total body water were determined. *Results.* All the studied indicators of body composition were maximum in the group of children with MS. The amount of FM significantly exceeded the norm in all groups, while in the MS group, an excess of the norm for TM was also revealed. The percentage of exceeding the individual norm for FM significantly increased with the addition of comorbid pathology in obese children, reaching a maximum in the group with MS. The percentage of MSM exceeding the individual norm increased from 5.45 [2.8; 8.0]% among children with uncomplicated obesity up to 7.2 [3.4; 11.6]% in children with NAFLD, 8.6 [4.8; 13.6]% in children with hypertension and 10.45 [4.6; 17.3]% — 3 groups ($p_{1-3} = 0.0001$, $p_{2-3} = 0.014$). *Conclusion.* The body composition of obese children is characterized not only by an increase in body fat, but also by an increase in fat-free components as the degree of excess body weight progresses. Further study of the role of increased MSM in the progression of obesity in children will allow the development of new approaches to treatment.

Key words: obesity; children; body composition; bioimpedance measurement; comorbid pathology.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема ожирения во всех возрастных группах признана неинфекционной пандемией. Клинико-социальная значимость ожирения в детском и подростковом возрасте обусловлена высокой распространенностью, быстро прогрессирующим течением с формированием широкого спектра коморбидной патологии и недостатком эффективных и безопасных методов лечения. В общемировой детской популяции распространенность избыточной массы тела и ожирения увеличилась с 4% в 1975 году до 18% в 2016 году [1]. С распространением ожирения у детей и подростков увеличивается частота формирования неалкогольной жировой болезни печени (НАЖБП), метаболического синдрома (МС), артериальной гипертензии (АГ) и другой коморбидной патологии, что изменяет структуру детской заболеваемости, приближая ее к структуре заболеваемости лиц старшего возраста [2, 3]. Не менее 30–50% детей, страдающих ожирением, сохраняют симптомы этого заболевания в юношеском возрасте и последующих возрастных периодах [4–7]. По данным Богалузского исследования, у 77% пациентов, имевших ожирение в молодом возрасте, при обследовании через 17 лет ожирение сохранялось [8]. Кроме того, ожирение в детском возрасте связано со значительным ухудшением качества жизни [9–12], высоким риском депрессии, социальной стигматизации, буллинга со стороны сверстников [13].

Диагностика ожирения в детском возрасте имеет свои особенности. Так же, как у взрослых, для установления диагноза используют индекс массы

тела (ИМТ), однако его необходимо сопоставлять с возрастом и полом конкретного пациента. Критерии избыточной массы тела и ожирения у детей определяются по данным стандартных отклонений ИМТ (SDS, Z-score). Согласно рекомендациям ВОЗ, у детей в возрасте от 5 до 19 лет ожирение диагностируют при значении $SDS \text{ ИМТ} \geq +2,0$, у детей в возрасте до 5 лет $\geq +3,0 \text{ SDS ИМТ}$. В России, согласно Федеральным клиническим рекомендациям, ожирение у детей любого возраста диагностируют при $SDS \text{ ИМТ} \geq +2,0$ [14].

Оценка массы тела с помощью ИМТ обладает высокой надежностью и коррелирует с параметрами оценки ожирения у взрослых [15]. Однако диагностика ожирения при повышенных значениях ИМТ может быть ошибочной у атлетически сложенных подростков, если проводится без оценки состава тела. Для объективной оценки нутритивного статуса необходимо исследование состава тела. В настоящее время существует несколько методов для определения состава тела, количества и характера распределения жировой массы (ЖМ) в организме: калиперометрия, биоимпедансометрия, воздушная плетизмография, рентгеновская абсорбциометрия, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография и их разновидности. В реальной клинической практике отдают предпочтение наиболее доступным и эффективным методам, обладающим высокой разрешающей способностью [16].

Наиболее доступным и информативным методом оценки состава тела является биоимпедансный анализ, основанный на оценке биоэлектрического сопротивления тканей организма [17, 18]. Это

современный, быстрый, простой в использовании метод. Проведение биоимпедансного анализа позволяет измерить количество жировой и безжировой (тощей) массы тела (ТМ), общей воды организма (ОВО), массы скелетной мускулатуры (МСМ). ТМ обозначает количество массы тела за исключением жира. Компонентами ТМ являются ОВО, мышечная масса, масса скелета и другие составляющие [19]. Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография позволяют более точно оценить объем жировых депо, но являются менее доступными на практике в связи с высокой стоимостью исследования и большими затратами времени на его выполнение [20].

Исследование компонентного состава тела — важная часть оценки нутритивного статуса у пациентов с алиментарно-зависимой патологией. Состав тела пациента имеет прямую связь с его пищевым поведением, двигательной активностью и резервными возможностями организма. У детей с ожирением информация о количестве и распределении жировой массы тела, мышечной массы и общей жидкости позволяет выявить индивидуальные факторы метаболического риска и выбрать оптимальную терапевтическую стратегию. В большинстве работ, посвященных оценке нутритивного статуса у детей с ожирением, внимание акцентируется на жировой массе тела, в то время как характеристика безжировых компонентов представлена лишь в небольшом числе исследований. Показано, что состав тела у детей с ожирением характеризуется повышением ЖМ, при этом у каждого третьего пациента отмечается избыточное содержание МСМ, а у каждого четвертого — повышение ОВО [21]. Характер состава тела у детей с ожирением на фоне развития метаболического синдрома, НАЖБП, артериальной гипертензии к настоящему времени практически не изучен.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить особенности состава тела у детей с ожирением в зависимости от наличия основной коморбидной патологии.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в отделении педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетологии Клиники ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи». В исследование были включены 537 детей (322 девочки, 60%; 215 мальчиков, 40%) с ожирением в возрасте от 3 до 17 лет. Медиана возраста детей составила 13 лет [11; 15].

Критерии включения в исследование: SDS ИМТ $\geq +2,0$, наличие информированного согласия пациентов и/или их законных представителей. Критерии

невключения: генетически обусловленное ожирение, сахарный диабет 1-го типа, семейная гиперхолестеринемия, отказ пациентов и/или родителей от обследования.

По результатам скрининга для выявления ведущей коморбидной патологии МС был диагностирован у 124 детей (27,3% детей в возрасте ≥ 10 лет), НАЖБП — у 312 детей (58,1%), АГ — у 194 детей (36,1%). С целью изучения особенностей состава тела у детей с коморбидной патологией было выделено 4 группы пациентов. В 1 группу были включены дети, не имевшие НАЖБП, АГ и МС, обозначенные как «неосложненное ожирение» (НО) ($n=168$); во 2 группу — дети, имевшие только НАЖБП ($n=147$); в 3 группу — дети с АГ, в том числе в сочетании с НАЖБП ($n=98$); в 4 группу — дети с МС при наличии либо отсутствии других коморбидных заболеваний ($n=124$). Возраст пациентов различался во всех группах и составил 11 [9; 13], 12 [11; 14], 13 [10; 15] и 14 [13; 16] лет в 1, 2, 3 и 4 группах соответственно; доля девочек в указанных группах — 66,7, 59,2, 61,2 и 51,6% соответственно ($p_{1-3}=0,01$).

НАЖБП у обследованных детей регистрировалась при наличии характерных ультразвуковых изменений (гепатомегалия, гиперэхогенность и неоднородность паренхимы печени, периферическое ослабление ультразвукового сигнала) и отсутствии других причин стеатоза (вирусные, наследственные, метаболические заболевания печени) [22]. Для исключения наиболее частых метаболических заболеваний печени всем детям определяли уровень церулоплазмина и α_1 -антитрипсина в сыворотке крови. Диагноз АГ выставлялся детям в соответствии с российскими рекомендациями по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний в детском и подростковом возрасте (2012), разработанными Комитетом экспертов Всероссийского научного общества кардиологов и Ассоциации детских кардиологов России [23]. Метаболический синдром у детей диагностировался в соответствии с действующими критериями, утвержденными Международной федерацией диабета (IDF — International Diabetes Federation) в 2007 году [24].

Исследование состава тела проводилось методом биоимпедансометрии на стационарном анализаторе состава тела InBody 520 (Biospace Co. Ltd., Корея) в утренние часы, после периода 12-часового голодания. Определялось абсолютное и относительное количество ЖМ, ТМ, МСМ, ОВО. Полученные результаты измерений сравнивали с индивидуальными нормативами, разработанными с учетом возраста и пола пациентов.

Статистическая обработка данных выполнена с помощью программ Statistica for Windows 6.1 (StatSoft Inc., США) и Microsoft Office Excel for Windows. Качественные признаки описывались с помощью абсолютных и относительных показателей.

Проверка нормальности распределения количественных признаков производилась с применением критерия Колмогорова–Смирнова. Большинство количественных признаков имели распределение, отличное от нормального, в связи с чем они представлены в виде медианы (Me), 1-й и 3-й квартили [Q1 и Q3]. Для оценки статистической значимости различий между группами определялись следующие параметры: количественные показатели, две независимые группы — метод Манна–Уитни; качественные показатели, две независимые группы — метод хи-квадрат, двусторонний критерий Фишера. Уровень статистической значимости был принят как достаточный при $p < 0,05$, при сравнении трех групп применялась поправка Бонферрони.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительная характеристика состава тела у детей с ожирением в зависимости от наличия коморбидной патологии представлена в таблице 1.

Полученные результаты продемонстрировали, что все изучаемые показатели состава тела были максимальными в группе детей с МС. Количество ЖМ достоверно превышало норму во всех группах, при этом в группе МС также выявлено превышение нормы по тощей массе тела. Процентная доля ЖМ и абсолютное количество ТМ в группе детей с неосложненным ожирением были статистически значимо ниже, чем во всех группах с коморбидной патологией. Процент превышения индивидуальной

нормы по ЖМ возрастал по мере присоединения коморбидной патологии у детей с ожирением, достигая максимума в группе с МС, все межгрупповые различия этого показателя статистически значимы. Медиана ЖМ, МСМ и ОВО в группах АГ и НАЖБП была сопоставимой.

Относительное содержание ЖМ у детей с ожирением в зависимости от наличия коморбидной патологии представлено на рисунке 1.

У большинства детей с коморбидной патологией ЖМ превышала норму в 2 раза и более. Доля детей с показателями ЖМ не выше 1,5 норм в группе неосложненного ожирения была статистически значимо выше.

На рисунке 2 показана сравнительная частота выявления нормального, повышенного и сниженного уровня МСМ у детей с ожирением и различной коморбидной патологией.

Минимальная частота повышения МСМ отмечена в группе детей с неосложненным ожирением. В группе детей с МС превышение нормы по данному показателю встречалось достоверно чаще, чем при неосложненном ожирении.

Процент превышения индивидуальной нормы МСМ возрастал от 5,45 [2,8; 8,0]% среди детей с НО до 7,2 [3,4; 11,6]% у детей с НАЖБП, 8,6 [4,8; 13,6]% у детей с АГ и 10,45 [4,6; 17,3]% — 3 группы ($p_{1-3} = 0,0001$, $p_{2-3} = 0,014$). Снижение количества МСМ на 1,2–8,6% отмечалось в единичных случаях, межгрупповые различия частоты и степени снижения МСМ недостоверны.

Таблица 1. Показатели состава тела у детей с различной коморбидной патологией, Me [Q1; Q3]

Показатель	НО (n = 168)	НАЖБП (n = 147)	АГ (n = 98)	МС (n = 124)
ЖМ, кг ²	28,0 [20,05; 34,25]*	36,7 [28,9; 45,1]*	36,9 [30,1; 46,9]*	44,45 [36,15; 54,55]*
– нижняя граница нормы	6,8 [5,2; 9,95]	8,0 [6,4; 10,6]	8,6 [6,7; 10,7]	9,7 [8,5; 11,1]
– верхняя граница нормы	13,6 [10,45; 20,0]	15,9 [12,7; 21,1]	16,3 [13,1; 21,5]	19,4 [17,0; 22,2]
ЖМ, % превышения нормы ¹	85,8 [56,7; 123,0]	117,0 [82,3; 170,0]	130,9 [98,6; 198,7]	144,7 [85,3; 191,0]
Доля ЖМ, % ³	40,35 [36,2; 44,3]*	44,6 [40,5; 47,8]*	43,8 [39,2; 50]*	44,1 [40,1; 49,5]*
Тощая масса, кг ³	38,15 [28,5; 46,1]	46,45 [40,2; 54,2]	47,0 [36,9; 55,2]	54,0 [48,3; 63,9]
– нижняя граница нормы	35,0 [29,0; 40,0]	39,5 [34,0; 45,0]	40,0 [34,0; 45,0]	45,0 [41,0; 54,0]
– верхняя граница нормы	43,0 [36,5; 49,5]	48,75 [43,0; 55,07]	50,0 [42,0; 55,8]	55,0 [49,5; 66,2]
МСМ, кг ²	22,15 [18,1; 26,4]	26,3 [22,0; 31,2]	28,1 [23,9; 32,4]	31,9 [28,3; 38,2]*
– нижняя граница нормы	19,2 [15,3; 22,2]	21,3 [18,5; 24,7]	21,2 [17,9; 24,8]	24,9 [22,2; 29,8]
– верхняя граница нормы	23,7 [19,6; 27,2]	26,85 [22,9; 30,4]	27,5 [23,4; 30,5]	30,5 [27,2; 37,0]
ОВО, кг ²	29,3 [24,55; 34,65]	34,2 [29,6; 39,8]	35,8 [29,8; 41,3]	40,9 [36,75; 48,8]
– нижняя граница нормы	26,1 [21,1; 29,8]	28,7 [25,2; 32,7]	28,8 [25,0; 33,1]	33,1 [29,8; 39,1]
– верхняя граница нормы	31,9 [27,3; 36,4]	36,0 [31,0; 40,2]	36,6 [31,5; 41,2]	40,5 [36,4; 48,4]

Примечание: группа 1 — НО — неосложненное ожирение; группа 2 — НАЖБП; группа 3 — АГ; группа 4 — МС; * — отличие от нормы статистически значимо; ¹ — все межгрупповые различия статистически значимы; ² — все межгрупповые различия статистически значимы, кроме p_{2-3} ; ³ — $p_{1-2} < 0,001$, $p_{1-3} < 0,001$, $p_{1-4} < 0,001$.

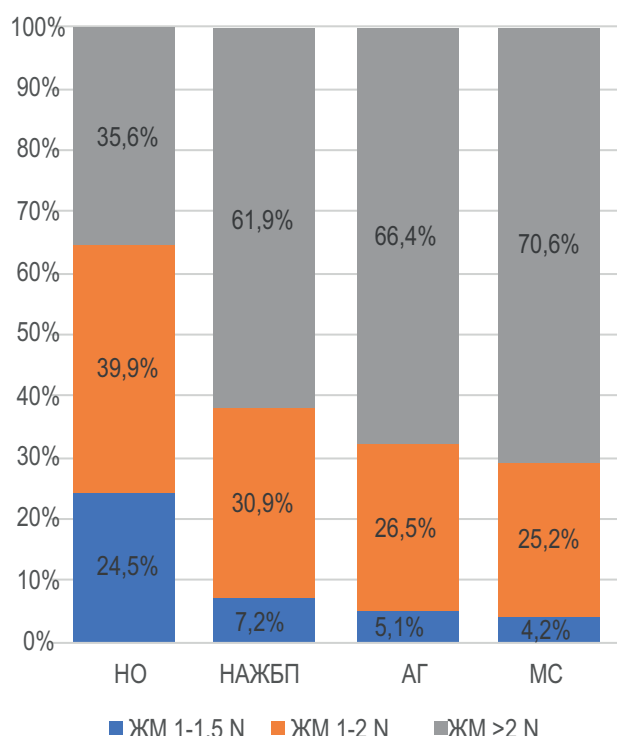


Рис. 1. Относительное количество ЖМ у детей с различной коморбидной патологией

Сравнительная частота выявления нормально-го, повышенного и сниженного уровня ОВО у детей с ожирением и различной коморбидной патологией представлена на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что частота выявления повышенного количества ОВО при ожирении у детей нарастала по мере присоединения коморбидной патологии, межгрупповые различия частоты статистически значимы.

Процент превышения нормы ОВО изменялся от 5,65 [1,4; 7,4] % у детей с неосложненным ожирением; 5,4 [3,4; 10,2] % у детей с НАЖБП и увеличивался до 6,9 % у детей с АГ и 9,7 [5,8; 15,9] % в группе детей с МС ($p_{1-4} = 0,0004$, $p_{2-4} = 0,004$). Снижение данного показателя на 1,3–14,4% выявлялось в единичных случаях, $p > 0,05$.

Таким образом, у детей с различной коморбидной патологией при ожирении отмечена сходная характеристика состава тела с повышением абсолютных значений всех компонентов по мере присоединения НАЖБП, АГ и МС. Вместе с тем доля ЖМ в составе тела в группах детей с изолированной НАЖБП, с АГ и с МС не различалась. Частота выявления повышения МСМ и ОВО была максимальной среди пациентов с ожирением, отягощенным МС.

Повышение количества висцеральной ЖМ тесно связано с развитием НАЖБП. По данным М. Li и соавт., обследовавших 1350 младших школьников в Китае, размер висцерального жирового депо, полученный при оценке состава тела, является важным предиктором НАЖБП [25].

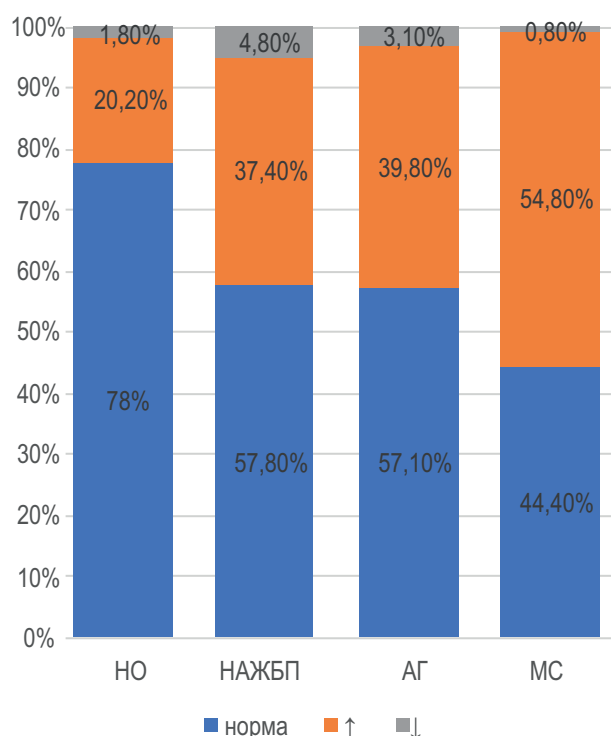


Рис. 2. Относительное количество МСМ у детей с коморбидной патологией (%)

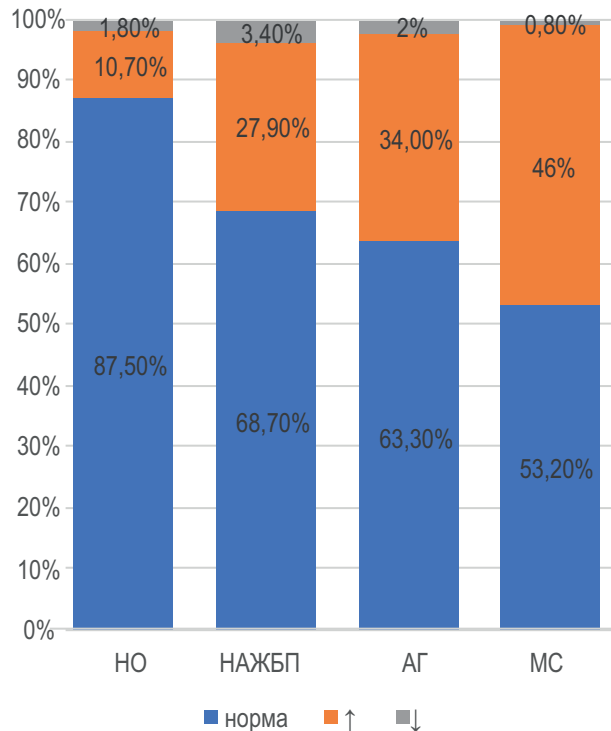


Рис. 3. Относительное количество ОВО у детей с различной коморбидной патологией

В работе N. Salton и соавт. показано, что коэффициент отношения мышечной массы к жировой (МСМ/ЖМ) у детей с ожирением отрицательно коррелирует с показателем SDS ИМТ. Риск развития метаболи-

ческого синдрома при высоких значениях индекса МСМ/ЖМ статистически значимо снижается [26].

В крупном кросс-секционном исследовании авторов из Китая (2021) подтвержден факт взаимосвязи повышения ЖМ у детей с повышением АД. Данный эффект более выражен у девочек и лиц старшего подросткового возраста [27]. Показано, что бессимптомная (маскированная) АГ с повышением АД преимущественно в ночное время ассоциирована с повышением процентного содержания ЖМ [28]. Указанные факты делают возможным использование биоимпедансометрии для выявления детей с высоким риском АГ.

Увеличение количества МСМ при ожирении высокой степени в настоящее время является предметом научного интереса. Несмотря на традиционную точку зрения, согласно которой прогрессирование ожирения происходит за счет увеличения ЖМ, использование современных точных методов оценки композиционного состава тела позволило получить новые знания по изучаемой проблеме. Полученные нами данные подтверждены в недавних исследованиях, показавших, что морбидное ожирение в подростковом возрасте сопровождается повышением не только жировой, но и тощей массы, что обеспечивает повышение основного обмена энергии. Увеличение ТМ происходит преимущественно за счет МСМ [29]. Продemonстрирована обратная ассоциация количества МСМ с тяжестью стеатоза печени у детей с НАЖБП [30], а снижение индекса МСМ/ЖМ сопровождается повышением уровня АЛТ [31].

Таким образом, повышение количества мышечной массы при осложненном ожирении у детей способно оказывать протективное действие в отношении прогрессирования коморбидной патологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Композиционный состав тела у детей с ожирением характеризуется не только повышением жировой массы, но и ростом безжировых компонентов по мере прогрессирования степени избытка массы тела. Этот факт отчасти может объясняться увеличением стажа ожирения и возраста пациентов. Дальнейшее изучение роли увеличения мышечной массы тела при прогрессировании ожирения у детей и подтверждение ее протективной роли в отношении коморбидной патологии позволит разработать новые подходы к лечению, направленные на сохранение и увеличение безжировых компонентов при помощи целевой физической активности в сочетании с диетотерапией.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ожирение и избыточный вес. Информационный бюллетень ВОЗ. 9.06.2021. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (дата доступа 05.11.2021).
2. Weihe P., Weihrauch-Blüher S. Metabolic Syndrome in Children and Adolescents: Diagnostic Criteria, Therapeutic Options and Perspectives. *Curr. Obes. Rep.* 2019; 8(4): 472–9.
3. Fornari E., Maffei C. Treatment of Metabolic Syndrome in Children. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019; 10: 702. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6803446/>
4. Мультидисциплинарные проблемы ожирения у детей. СПб.: Спецлит; 2018.
5. Karam J.G., El-Sayegh S., Nessim F. et al. Medical management of obesity: an update. *Minerva Endocrinol.* 2007; 32(3): 185–207.
6. Prevention of pediatric overweight and obesity. American academy of pediatrics policy statement. Committee on nutrition. *Pediatrics*. 2003; 112(2): 424–30.
7. Tsiros M.D., Sinn N., Coates A.M. et al. Treatment of adolescent overweight and obesity. *Eur. J. Pediatr.* 2008; 167(1): 9–16.
8. Freedman D.S., Khan L.K., Serdula M.K. et al. The relation of menarcheal age to obesity in childhood and adulthood: the Bogalusa heart study. *BMC Pediatr.* 2003. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC156622/>.
9. Калашникова В.А., Новикова В.П., Смирнова Н.Н. и др. Качество жизни у подростков с ожирением и сопутствующими заболеваниями. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2018; 66(1): 38–43.
10. Мартынова И.Н., Винярская И.В., Терлецкая Р.Н. Изменения качества жизни при ожирении у детей. *Российский педиатрический журнал*. 2018; 21(5): 285–9.
11. Мартынова И.Н., Винярская И.В., Черников В.В. Качество жизни детей с ожирением на амбулаторно-поликлиническом этапе. *Вопросы современной педиатрии*. 2015; 14(51): 139.
12. Tsiros M.D., Buckley J.D., Grimshaw P. et al. Health-related quality of life in obese children and adolescents. *Int. J. Obes. (Lond)*. 2009; 33: 387–400.
13. Lobstein T., Baur L., Uauy R. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obes. Rev.* 2004; 1: 4–104.
14. Ожирение у детей. Клинические рекомендации. 2021. https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/229_2 (дата доступа 05.11.2021).
15. Скрининг для выявления детей и подростков с избыточной массой тела и медицинские вмешательства. Рекомендации Американской рабочей группы по профилактическим мероприятиям. *Международный журнал медицинской практики*. 2006; 4: 31–4.
16. Гирш Я.В., Герасимчик О.А. Роль и место биоимпедансного анализа в оценке состава тела детей и

- подростков с различной массой тела. Бюллетень сибирской медицины. 2018; 17(2): 121–32.
17. Кедринская А.Г., Образцова Г.И., Леонова И.А. Компонентный состав тела у детей с избыточной массой тела и ожирением. Российский педиатрический журнал 2018; 21(2): 73–7.
18. Погожева А.В., Шарафетдинов Х.Х., Плотникова О.А. и др. Определение пищевого статуса пациентов с метаболическим синдромом с помощью современных методов нутриметабомики. Вопросы питания. 2010; 79(3): 30–5.
19. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука; 2006.
20. Рекомендации по диагностике, лечению и профилактике ожирения у детей и подростков. М.: Практика; 2015.
21. Павловская Е.В. Коморбидная патология при ожирении у детей: клинико-метаболическая характеристика, оценка эффективности диетотерапии. Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. М.; 2020.
22. Павловская Е.В., Строкова Т.В., Пырьева Е.А., Шилина Н.М. Неалкогольная жировая болезнь печени у детей: современные аспекты диагностики и лечения. Вопросы детской диетологии. 2021; 19(2): 53–61. DOI: 10.20953/1727-5784-2021-2-53-61.
23. Александров А.А., Бубнова М.Г., Кисляк О.А. и др. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний в детском и подростковом возрасте. Российские рекомендации. Российский кардиологический журнал. 2012; 6 (98) S1: 1–40.
24. Zimmet P., Alberti K.G., Kaufman F. et al. The metabolic syndrome in children and adolescents — an IDF consensus report. *Pediatr. Diabetes*. 2007; 8 (5): 299–306.
25. Li M., Shu W., Zunong J. et al. Predictors of non-alcoholic fatty liver disease in children. *Pediatr Res*. 2021. DOI: 10.1038/s41390-021-01754-6. Epub ahead of print. PMID: 34580427.
26. Salton N., Kern S., Interator H. et al. Muscle-to-Fat Ratio for Predicting Metabolic Syndrome Components in Children with Overweight and Obesity. *Child Obes*. 2021. DOI: 10.1089/chi.2021.0157. Epub ahead of print. PMID: 34550798.
27. Chen M., Liu J., Ma Y. et al. Association between Body Fat and Elevated Blood Pressure among Children and Adolescents Aged 7–17 Years: Using Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) and Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) from a Cross-Sectional Study in China. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(17): 9254. DOI: 10.3390/ijerph18179254.
28. Rujirakan P., Siwarom S., Paksi W. et al. Masked hypertension and correlation between body composition and nighttime blood pressure parameters in children and adolescents with obesity. *Blood Press Monit*. 2021. DOI: 10.1097/MBP.0000000000000555. Epub ahead of print. PMID: 34231537.
29. Окорочков П.Л., Васюкова О.В. Особенности композиционного состава тела и основного обмена у подростков с морбидным ожирением. *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. 2021; 100(4): 216–21.
30. Yodoshi T., Orkin S., Romantic E. et al. Impedance-based measures of muscle mass can be used to predict severity of hepatic steatosis in pediatric non-alcoholic fatty liver disease. *Nutrition*. 2021; 91–92: 111447. DOI: 10.1016/j.nut.2021.111447.
31. Ushio K., Mikami Y., Obayashi H. et al. Decreased Muscle-to-Fat Mass Ratio Is Associated with Low Muscular Fitness and High Alanine Aminotransferase in Children and Adolescent Boys in Organized Sports Clubs. *J Clin Med*. 2021; 10(11): 2272. DOI: 10.3390/jcm10112272.

REFERENCES

1. Ozhireniye i izbytochnyy ves [Obesity and overweight]. *Informatsionnyy byulleten' VOZ*. 9.06.2021. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (data dostupa 05.11.2021). (in Russian).
2. Weihe P., Weihrauch-Blüher S. Metabolic Syndrome in Children and Adolescents: Diagnostic Criteria, Therapeutic Options and Perspectives. *Curr. Obes. Rep*. 2019; 8(4): 472–9.
3. Fornari E., Maffei C. Treatment of Metabolic Syndrome in Children. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019; 10: 702. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6803446/>
4. Mul'tidistsiplinarnyye problemy ozhireniya u detey. [Multidisciplinary problems of obesity in children]. Sankt-Peterburg: Spetslit Pibl.; 2018. (in Russian).
5. Karam J.G., El-Sayegh S., Nessim F. et al. Medical management of obesity: an update. *Minerva Endocrinol*. 2007; 32(3): 185–207.
6. Prevention of pediatric overweight and obesity. American academy of pediatrics policy statement. Committee on nutrition. *Pediatrics*. 2003; 112(2): 424–30.
7. Tsiros M.D., Sinn N., Coates A.M. et al. Treatment of adolescent overweight and obesity. *Eur. J. Pediatr*. 2008; 167(1): 9–16.
8. Freedman D.S., Khan L.K., Serdula M.K. et al. The relation of menarcheal age to obesity in childhood and adulthood: the Bogalusa heart study. *BMC Pediatr*. 2003. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC156622/>
9. Kalashnikova V.A., Novikova V.P., Smirnova N.N. i dr. Kachestvo zhizni u podrostkov s ozhireniyem i soputstvuyushchimi zabolevaniyami. [Quality of life in adolescents with obesity and concomitant diseases]. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*. 2018; 66(1): 38–43. (in Russian).
10. Martynova I.N., Vinyarskaya I.V., Terletskaya R.N. Izmeneniya kachestva zhizni pri ozhireнии u detey. [Changes in the quality of life in obesity in children].

- Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal. 2018; 21(5): 285–9. (in Russian).
11. Martynova I.N., Vinyarskaya I.V., Chernikov V.V. Kachestvo zhizni detey s ozhireniyem na ambulatorno-poliklinicheskom etape. [The quality of life of children with obesity at the outpatient stage]. Voprosy sovremennoy pediatrii. 2015; 14(S1): 139. (in Russian).
 12. Tsiros M.D., Buckley J.D., Grimshaw P. et al. Health-related quality of life in obese children and adolescents. *Int. J. Obes. (Lond)*. 2009; 33: 387–400.
 13. Lobstein T., Baur L., Uauy R. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obes. Rev*. 2004; 1: 4–104.
 14. Ozhireniye u detey. [Obesity in children]. Klinicheskiye rekomendatsii. 2021. https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/229_2 (data dostupa 05.11.2021). (in Russian).
 15. Skринing dlya vyyavleniya detey i podrostkov s izbytochnoy massoy tela i meditsinskiye vmeshatel'stva. [Screening for overweight children and adolescents and medical interventions]. Rekomendatsii Amerikanskoy rabochey gruppy po profilakticheskim meropriyatiyam. Mezhdunarodnyy zhurnal meditsinskoй praktiki. 2006; 4: 31–4. (in Russian).
 16. Girsh YA.V., Gerasimchik O.A. Rol' i mesto bioimpedatsionnogo analiza v otsenke sostava tela detey i podrostkov s razlichnoy massoy tela. [The role and place of bioimpedance analysis in assessing the body composition of children and adolescents with different body weights]. *Byulleten' sibirskoy meditsiny*. 2018; 17(2): 121–32.
 17. Kedrinskaya A.G., Obraztsova G.I., Leonova I.A. Komponentnyy sostav tela u detey s izbytochnoy massoy tela i ozhireniyem. [Body composition in overweight and obese children]. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*. 2018; 21(2): 73–7. (in Russian).
 18. Pogozheva A.V., Sharafetdinov KH.KH., Plotnikova O.A. i dr. Opredeleniye pishchevogo statusa patsiyentov s metabolicheskim sindromom s pomoshch'yu sovremennykh metodov nutrimetabolomiki. [Determination of the nutritional status of patients with metabolic syndrome using modern methods of nutrimetabolomics]. *Voprosy pitaniya*. 2010; 79(3): 30–5. (in Russian).
 19. Martirosov E.G., Nikolayev D.V., Rudnev S.G. Tekhnologii i metody opredeleniya sostava tela cheloveka. [Technologies and methods for determining the composition of the human body]. Moskva: Nauka Publ.; 2006. (in Russian).
 20. Rekomendatsii po diagnostike, lecheniyu i profilaktike ozhireniya u detey i podrostkov. [Recommendations for the diagnosis, treatment and prevention of obesity in children and adolescents]. Moskva: Praktika Publ.; 2015. (in Russian).
 21. Pavlovskaya Ye.V. Komorbidnaya patologiya pri ozhirenii u detey: kliniko-metabolicheskaya kharakteristika, otsenka effektivnosti diyetoterapii. [Comorbid pathology in obesity in children: clinical and metabolic characteristics, evaluation of the effectiveness of diet therapy]. Avtoref. diss. ... dokt. med. nauk. Moskva; 2020. (in Russian).
 22. Pavlovskaya Ye.V., Strokova T.V., Pyr'yeva Ye.A., Shilina N.M. Nealkogol'naya zhirovaya bolezni' pecheni u detey: sovremennyye aspekty diagnostiki i lecheniya. [Non-alcoholic fatty liver disease in children: current aspects of diagnosis and treatment]. *Voprosy detskoy diyetologii*. 2021; 19(2): 53–61. DOI: 10.20953/1727-5784-2021-2-53-61. (in Russian).
 23. Aleksandrov A.A., Bubnova M.G., Kislyak O.A. i dr. Profilaktika serdechno-sosudistikh zabolevaniy v detskom i podrostkovom vozraste. [Prevention of cardiovascular diseases in childhood and adolescence]. *Rossiyskiye rekomendatsii. Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2012; 6 (98) S1: 1–40. (in Russian).
 24. Zimmet P., Alberti K.G., Kaufman F. et al. The metabolic syndrome in children and adolescents — an IDF consensus report. *Pediatr. Diabetes*. 2007; 8 (5): 299–306.
 25. Li M., Shu W., Zunong J. et al. Predictors of non-alcoholic fatty liver disease in children. *Pediatr Res*. 2021. DOI: 10.1038/s41390-021-01754-6. Epub ahead of print. PMID: 34580427.
 26. Salton N., Kern S., Interator H. et al. Muscle-to-Fat Ratio for Predicting Metabolic Syndrome Components in Children with Overweight and Obesity. *Child Obes*. 2021. DOI: 10.1089/chi.2021.0157. Epub ahead of print. PMID: 34550798.
 27. Chen M., Liu J., Ma Y. et al. Association between Body Fat and Elevated Blood Pressure among Children and Adolescents Aged 7–17 Years: Using Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) and Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) from a Cross-Sectional Study in China. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(17): 9254. DOI: 10.3390/ijerph18179254.
 28. Rujirakan P., Siwarom S., Paksi W. et al. Masked hypertension and correlation between body composition and nighttime blood pressure parameters in children and adolescents with obesity. *Blood Press Monit*. 2021. DOI: 10.1097/MBP.0000000000000555. Epub ahead of print. PMID: 34231537.
 29. Okorokov P.L., Vasyukova O.V. Osobennosti kompozitsionnogo sostava tela i osnovnogo obmena u podrostkov s morbidnym ozhireniyem. [Features of body composition and basal metabolism in adolescents with morbid obesity]. *Pediatrics. Zhurnal im. G.N. Speranskogo*. 2021; 100(4): 216–21. (in Russian).
 30. Yodoshi T., Orkin S., Romantic E. et al. Impedance-based measures of muscle mass can be used to predict severity of hepatic steatosis in pediatric non-alcoholic fatty liver disease. *Nutrition*. 2021; 91–92: 111447. DOI: 10.1016/j.nut.2021.111447.
 31. Ushio K., Mikami Y., Obayashi H. et al. Decreased Muscle-to-Fat Mass Ratio Is Associated with Low Muscular Fitness and High Alanine Aminotransferase in Children and Adolescent Boys in Organized Sports Clubs. *J Clin Med*. 2021; 10(11): 2272. DOI: 10.3390/jcm10112272.