DOI: 10.47407/krped2026.1.1.00105

Оригинальная статья

Биоимпедансные показатели мышечного статуса и спирометрические параметры у детей и подростков с бронхиальной астмой: пилотное исследование

С.А. Теремова[1], А.В. Шабаршова[1], О.С. Борискина[2], Р.Н. Храмова[3], К.В. Горбунова[1], О.В. Халецкая[1], Т.И. Елисеева[✉1]

[1] ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет», Нижний Новгород, Россия;
[2] ГБУЗ Нижегородской области «Детская городская клиническая больница №1», Нижний Новгород, Россия;
[3] АНО ДПО «Сибирский институт непрерывного медицинского образования “Сибирь. Наука. Интеллект”», Новосибирск, Россия
✉*eliseevati@yandex.ru*

Аннотация
Бронхиальная астма (БА) у детей характеризуется вариабельным ограничением экспираторного воздушного потока, выраженность которого потенциально может быть связана с составом тела пациента. Индекс массы тела (ИМТ) не разграничивает жировой и мышечный компоненты, тогда как биоимпедансный анализ позволяет оценить мышечную массу, индекс аппендикулярной скелетной мышечной массы (appendicular skeletal muscle mass index, ASMI) и фазовый угол (ФУ). Сопоставление этих показателей с Z-score спирометрических параметров может быть полезно для характеристики функционального фенотипа БА.
Цель. Оценить взаимосвязь показателей состава тела с параметрами спирометрии у детей и подростков с БА с акцентом на Z-score соотношения объема форсированного выдоха за 1 с и форсированной жизненной емкости легких (ОФВ1/ФЖЕЛ) как основного спирометрического маркера бронхиальной проходимости.
Материалы и методы. Проведено пилотное одноцентровое поперечное исследование 45 детей и подростков 8–17 лет с установленным диагнозом БА. Состав тела оценивался методом биоэлектрического импедансного анализа (Tanita MC-780, Япония): Z-score ИМТ, жировая и мышечная масса, расчетный ASMI, Z-score ASMI и ФУ. Проведен анализ показателей Z-score ФЖЕЛ, ОФВ1 и ОФВ1/ФЖЕЛ, а также корреляционный анализ, непараметрическое сравнение групп с наличием и отсутствием спирометрических признаков бронхиальной обструкции (БО) и линейная регрессия с поправкой на возраст, пол и Z-score ИМТ.
Результаты. Включены 31 мальчик и 14 девочек, медиана возраста 14 [11; 16] лет. Спирометрические признаки БО выявлены у 22 (48,9%) пациентов. Z-score ASMI положительно коррелировал с Z-score ОФВ1 (r=0,47; *p*=0,001) и слабее – с Z-score ФЖЕЛ (r=0,32; *p*=0,032). Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ положительно коррелировал с мышечной массой (r=0,35; *p*=0,019) и ФУ (r=0,39; *p*=0,010). При наличии признаков БО были ниже ASMI – 5,71 кг/м² [4,98; 6,62] против 6,86 кг/м² [6,35; 7,47] (*p*=0,041) и ФУ – 5,4° [5,2; 5,7] против 6,2° [5,45; 6,4] (*p*=0,035). Связь ФУ с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ сохранялась после поправки на возраст, пол и Z-score ИМТ (β=0,53; *p*=0,015).
Заключение. У детей и подростков с БА показатели мышечного компонента состава тела и ФУ статистически значимо ассоциированы с параметрами функции внешнего дыхания. Результаты носят гипотезообразующий характер и требуют подтверждения в исследовании на большей выборке детей.
Ключевые слова: бронхиальная астма, дети, подростки, биоимпедансный анализ, состав тела, скелетная мышечная масса, фазовый угол, спирометрия.
Для цитирования: Теремова С.А., Шабаршова А.В., Борискина О.С., Храмова Р.Н., Горбунова К.В., Халецкая О.В., Елисеева Т.И. Биоимпедансные показатели мышечного статуса и спирометрические параметры у детей и подростков с бронхиальной астмой: пилотное исследование. *Клинический разбор в педиатрии*. 2026; 1 (1): 15–21. DOI: 10.47407/krped2026.1.1.00105

Original Article

Bioimpedance indices of muscle status and spirometric parameters in children and adolescents with bronchial asthma: a pilot study

Sofya A. Teremova[1], Alena V. Shabarshova[1], Olga S. Boriskina[2], Regina N. Khramova[3], Ksenia V. Gorbunova[1], Olga V. Khaletskaya[1], Tatyana I. Eliseeva[✉1]

[1] Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia;
[2] Children’s City Clinical Hospital No. 1, Nizhny Novgorod, Russia;
[3] Siberian Institute of Continuing Medical Education “Sibir. Nauka. Intellekt”, Novosibirsk, Russia
✉*eliseevati@yandex.ru*

Abstract
Background. Bronchial asthma (BA) in children is characterised by variable expiratory airflow limitation, whose severity may be related to body composition. Body mass index (BMI) does not separate the fat and muscle compartments, whereas bioelectrical impedance analysis assesses muscle mass, the appendicular skeletal muscle mass index (ASMI) and the phase angle. Relating these indices to spirometric Z-scores may help characterise the functional phenotype of BA.
Aim. To assess the relationship between body composition and spirometric parameters in children and adolescents with BA, focusing on the FEV1/FVC Z-score as the principal spirometric marker of airway patency.
Materials and methods. A pilot single-centre cross-sectional study included 45 children and adolescents aged 8–17 years with established BA. Body composition was assessed by bioelectrical impedance analysis (Tanita MC-780, Japan): BMI Z-score, fat and muscle mass, calculated ASMI, ASMI Z-score and phase angle. Z-scores of FVC, FEV1 and FEV1/FVC were analysed. Correlation analysis, non-parametric group comparison and linear regression adjusted for age, sex and BMI Z-score were used.

Results. 31 boys and 14 girls were included; median age 14 [11; 16] years. Spirometric signs of obstruction were found in 22 (48.9%) patients. The ASMI Z-score correlated positively with the FEV1 Z-score (r=0.47; *p*=0.001) and more weakly with the FVC Z-score (r=0.32; *p*=0.032). The FEV1/FVC Z-score correlated positively with muscle mass (r=0.35; *p*=0.019) and phase angle (r=0.39; *p*=0.010). In patients with obstruction, ASMI was lower: 5.71 kg/m² [4.98; 6.62] vs 6.86 kg/m² [6.35; 7.47] (*p*=0.041), as was the phase angle: 5.4° [5.2; 5.7] vs 6.2° [5.45; 6.4] (*p*=0.035). The phase angle–FEV1/FVC Z-score association persisted after adjustment for age, sex and BMI Z-score (β=0.53; *p*=0.015).
Conclusion. In children and adolescents with BA, muscle compartment indices and the phase angle are significantly associated with pulmonary function. The findings are hypothesis-generating and require confirmation in an adequately powered study.
Keywords: asthma, child, adolescent, electric impedance, body composition, muscle, skeletal, phase angle, spirometry.
For citation: Teremova S.A., Shabarshova A.V., Boriskina O.S., Khramova R.N., Gorbunova K.V., Khaletskaya O.V., Eliseeva T.I. Bioimpedance indices of muscle status and spirometric parameters in children and adolescents with bronchial asthma: a pilot study. *Clinical review for pediatrics*. 2026; 1 (1): 15–21 (In Russ.). DOI: 10.47407/krped2026.1.1.00105

Введение

Бронхиальная астма (БА) является гетерогенным хроническим заболеванием дыхательных путей, для которого характерны вариабельные респираторные симптомы и вариабельное ограничение бронхиальной проходимости (БП) [1]. У детей школьного возраста и подростков спирометрия остается одним из основных объективных методов оценки функции внешнего дыхания (ФВД). Особое значение для выявления ограничения воздушного потока имеет отношение объема форсированного выдоха за 1 с к форсированной жизненной емкости легких (ОФВ1/ФЖЕЛ), а современная интерпретация спирометрии основывается на использовании Z-score и сопоставлении показателей с нижней границей нормы [2–4]. Известно, что показатели спирометрии зависят от возраста, роста, пола, стадии биологического созревания и ряда других факторов [3, 5]. При этом потенциально недооцененным фактором, влияющим на параметры внешнего дыхания, является состав тела [6–8].

В клинической практике нутритивный статус ребенка чаще всего характеризуют с помощью индекса массы тела (ИМТ) и его Z-score. Однако ИМТ не позволяет различить жировую и безжировую составляющие [6, 9]. Это особенно важно в детском и подростковом возрасте, когда интенсивность роста и формирования мышечной массы существенно зависит от пола и стадии полового развития [10]. В ранее опубликованном исследовании детей с БА было показано, что безжировая масса ассоциирована с показателями ФВД [11]. В популяционных педиатрических исследованиях также было продемонстрировано, что показатели безжировой и мышечной массы связаны с параметрами спирометрии [7, 8]. Эти данные позволяют предполагать, что оценка мышечного компонента может дополнять традиционную антропометрию и быть полезной при характеристике показателей внешнего дыхания. Отдельного внимания заслуживает фазовый угол (ФУ), непосредственно рассчитываемый при биоэлектрическом импедансном анализе. Он рассматривается как интегральная биоимпедансная характеристика клеточной массы и свойств тканей [12]. В недавно опубликованном исследовании детей с БА снижение ФУ ассоциировалось с неудовлетворительным контролем заболевания [13], что делает этот показатель перспективным для дальнейшего изучения в педиатрической пульмонологии [14]. Вместе с тем взаимосвязи мышечного компонента и ФУ с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ у детей и подростков с БА в настоящее время практически не изучены, что формирует пробел в научных знаниях, поскольку Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ является основным спирометрическим маркером БП [2, 4].

Цель исследования: оценить взаимосвязь показателей состава тела с параметрами спирометрии у детей и подростков с БА с акцентом на Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ как основной спирометрический маркер БП.

Материалы и методы

Дизайн и участники исследования. Проведено пилотное наблюдательное одноцентровое поперечное исследование на основании базы данных детей и подростков с установленным диагнозом БА, обследованных в ГБУЗ Нижегородской области «Детская городская клиническая больница №1» г. Нижнего Новгорода в период 2025–2026 гг. Исследование было одобрено Этическим комитетом Приволжского исследовательского медицинского университета (протокол №8 от 27.05.2022).

В анализ включали пациентов в возрасте 8–17 лет, у которых были выполнены антропометрические, биоимпедансные и спирометрические исследования. При наличии повторных исследований одного пациента использовали последнее обследование, что позволяло исключить статистическую зависимость от повторных измерений. Всего в итоговый анализ включены 45 пациентов; для части биоимпедансных показателей число наблюдений составило 44 вследствие технического невыполнения одного из измерений.

Критерии включения: 1) диагноз БА, установленный в соответствии с действующими международными согласительными документами [1]; 2) возраст от 8 до 17 лет.

Критерии невключения: 1) острые инфекционные заболевания и лихорадка; 2) сахарный диабет, аутоиммунные, онкологические заболевания, первичные иммунодефициты; 3) системное применение глюкокортикостероидов.

Антропометрия и биоимпедансный анализ. Оценивали рост, массу тела, ИМТ и Z-score ИМТ. Состав тела определяли методом многочастотного биоэлектрического импедансного анализа на анализаторе Tanita MC-780 (Tanita Corp., Япония). Для настоящей работы использовали процент жировой массы, общую и скелетную мышечную массу, сегментарную мышечную массу конечностей (аппендикулярную мышечную массу) и ФУ.

Аппендикулярную мышечную массу (appendicular skeletal muscle mass, ASM) рассчитывали как сумму мы-

шечной массы обеих верхних и обеих нижних конечностей [15]. Индекс аппендикулярной скелетной мышечной массы рассчитывали по формуле ASMI=ASM / рост², кг/м².

Дополнительно использовали возрастно-половой Z-score ASMI по референсным данным J. Liu и соавт. [15]. Поскольку референсная база была сформирована с использованием двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии, а в настоящем исследовании мышечная масса определялась биоимпедансным методом, Z-score ASMI рассматривался как исследовательский, а не диагностический показатель [15].

Спирометрия. Спирометрические исследования проводили с использованием пневмоспирометра MasterScreen (Jaeger, Германия). Все тесты ФВД выполнены одним и тем же специалистом, в положении пациента сидя. Анализировали форсированную жизненную емкость легких (ФЖЕЛ, FVC), объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ1, FEV1), отношение ОФВ1/ФЖЕЛ и соответствующие Z-score [3, 5]. Основным спирометрическим параметром БП в настоящем исследовании считали Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ [2, 4]. Спирометрические признаки бронхиальной обструкции (БО) определяли по снижению ОФВ1/ФЖЕЛ ниже нижней границы нормы (Z-score < -1,645) [2, 4, 16].

Статистический анализ. Учитывая пилотный характер исследования и небольшой объем выборки, количественные данные представляли как медиану и межквартильный размах Me [Q1; Q3]. Категориальные данные описывали абсолютными величинами и относительными частотами.

Взаимосвязь параметров состава тела с Z-score спирометрических параметров оценивали с помощью коэффициента корреляции Пирсона; для проверки устойчивости основных результатов дополнительно использовали коэффициент Спирмена. Пациентов со спирометрическими признаками БО и без них сравнивали с помощью критерия Манна–Уитни. Для Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ дополнительно выполняли линейный регрессионный анализ с включением возраста, пола и Z-score ИМТ в качестве ковариат. Для основных корреляционных сравнений оценивали поправку на множественные сравнения методом Benjamini–Hochberg. Уровень статистической значимости принимали равным $p<0,05$.

Результаты

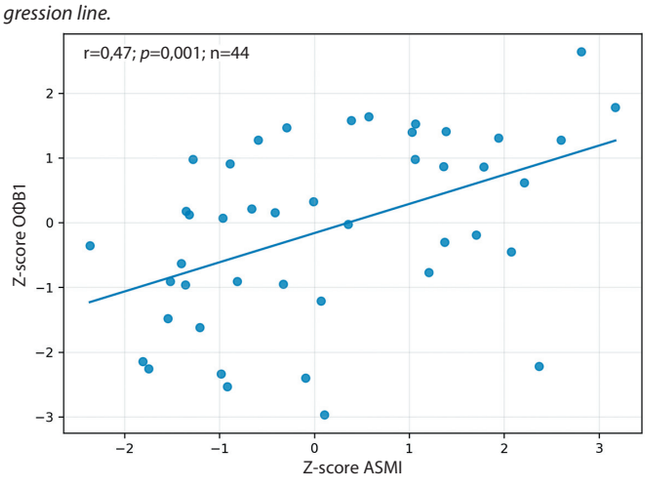
Общая характеристика выборки. В исследование вошли 45 детей и подростков с БА: 31 (68,9%) мальчик и 14 (31,1%) девочек. Возраст пациентов составлял 8–17 лет, медиана – 14 [11; 16] лет. Спирометрические признаки БО выявлены у 22 (48,9%) пациентов, у 23 (51,1%) отношение ОФВ1/ФЖЕЛ находилось выше принятой нижней границы нормы.

Медиана Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ в общей выборке составляла -1,62 [-2,44; -0,78], Z-score ОФВ1 – 0,07 [-0,96; 0,98], Z-score ФЖЕЛ – 0,97 [0,18; 1,70]. Общая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Таблица 1. Общая характеристика пациентов (n=45)
Table 1. General characteristics of the patients (n=45)

Показатель	Значение, Me [Q1; Q3] или n (%)
Мальчики/девочки, n	31/14
Возраст, лет	14 [11; 16]
Рост, см	166 [152; 176]
Z-score ИМТ	0,04 [-0,77; 1,16]
Жировая масса, %*	18,95 [16,28; 23,93]
Мышечная масса, кг*	43,9 [32,18; 52,23]
ASMI, кг/м²	6,42 [5,39; 7,30]
Z-score ASMI*	-0,05 [-1,04; 1,36]
Фазовый угол, градус*	5,65 [5,30; 6,33]
Z-score ФЖЕЛ	0,97 [0,18; 1,70]
Z-score ОФВ1	0,07 [-0,96; 0,98]
Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ	-1,62 [-2,44; -0,78]
Спирометрические признаки обструкции, n (%)	22 (48,9)
*Для указанных биоимпедансных показателей n=44.	

Рис. 1. Взаимосвязь Z-score ASMI и Z-score ОФВ1 у детей и подростков с БА (n=44). Сплошная линия – линия линейной регрессии.
Fig. 1. Relationship between the ASMI Z-score and the FEV1 Z-score in children and adolescents with bronchial asthma (n=44). The solid line is the linear regression line.



Связь состава тела с Z-score ФЖЕЛ и ОФВ1. Наиболее выраженная ассоциация отмечена между Z-score ASMI и Z-score ОФВ1: r=0,47; p=0,001. При ранговом анализе связь была сопоставимой по величине (ρ=0,49; $p<0,001$). Связь Z-score ASMI с Z-score ФЖЕЛ была слабее: r=0,32; p=0,032 (рис. 1).

Расчетный ASMI положительно коррелировал с Z-score ОФВ1 (r=0,37; p=0,013), однако с Z-score ФЖЕЛ статистически значимой связи выявлено не было (r=0,19; p=0,211). ФУ коррелировал с Z-score ОФВ1 (r=0,37; p=0,014), но не с Z-score ФЖЕЛ (r=0,14; p=0,362). Процент жировой массы не был связан ни с Z-score ФЖЕЛ (r=0,18; p=0,233), ни с Z-score ОФВ1 (r=0,18; p=0,235).

Рис. 2. Взаимосвязь расчетного ASMI и Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ (n=44). Показаны коэффициенты Пирсона (r) и Спирмена (ρ). Пунктирная линия соответствует нижней границе нормы Z=-1,645.
Fig. 2. Relationship between calculated ASMI and the FEV1/FVC Z-score (n=44). Pearson (r) and Spearman (ρ) coefficients are shown. The dashed line corresponds to the lower limit of normal, Z=-1.645.

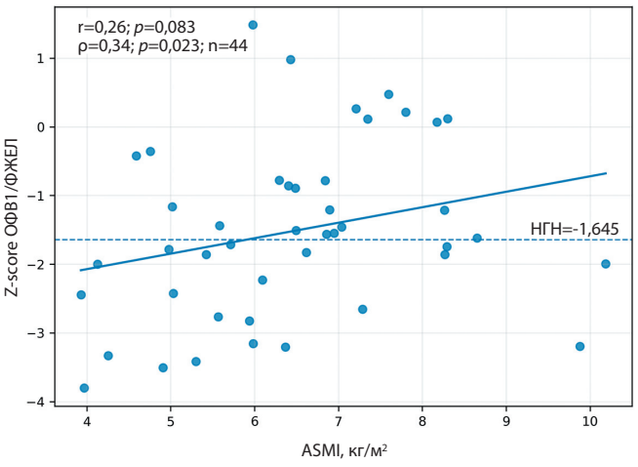


Рис. 3. Взаимосвязь фазового угла и Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ у детей и подростков с БА (n=44). Пунктирная линия соответствует нижней границе нормы Z=-1,645.
Fig. 3. Relationship between the phase angle and the FEV1/FVC Z-score in children and adolescents with bronchial asthma (n=44). The dashed line corresponds to the lower limit of normal, Z=-1.645.

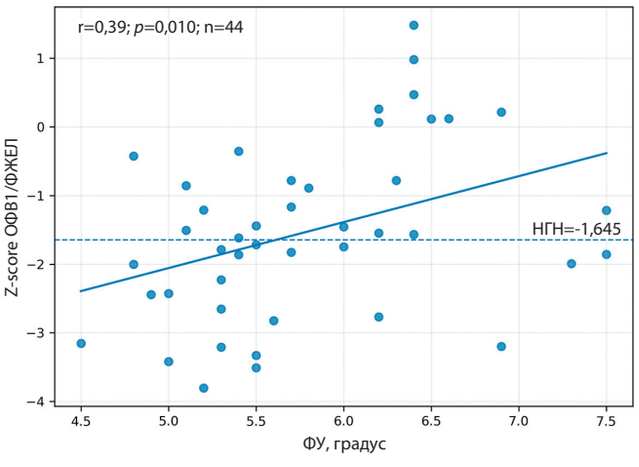


Таблица 2. Корреляции параметров состава тела со спирометрическими Z-score
Table 2. Correlations of body composition parameters with spirometric Z-scores

Показатель состава тела	Z-score ФЖЕЛ, r (*p*)	Z-score ОФВ1, r (*p*)	Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ, r (*p*)
Z-score ASMI	0,32 (0,032)	0,47 (0,001)	0,19 (0,207)
ASMI, кг/м²	0,19 (0,211)	0,37 (0,013)	0,26 (0,083)
Мышечная масса, кг	0,08 (0,623)	0,32 (0,035)	0,35 (0,019)
Фазовый угол, градус	0,14 (0,362)	0,37 (0,014)	0,39 (0,010)
Жировая масса, %	0,18 (0,233)	0,18 (0,235)	-0,04 (0,784)
Z-score ИМТ	0,31 (0,040)	0,29 (0,061)	-0,03 (0,839)
Примечание: r – коэффициент корреляции Пирсона.			

Связь состава тела с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ. С учетом патофизиологии БА и клинического значения ограничения экспираторного воздушного потока Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ анализировали как один из ключевых исходов исследования.

Для расчетного ASMI линейная корреляция с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ была положительной, но в данной выборке имела характер тенденции (r=0,26; *p*=0,083), тогда как ранговая корреляция Спирмена была статистически значимой (ρ=0,34; *p*=0,023); рис. 2. Статистически значимые положительные линейные связи выявлены для общей мышечной массы (r=0,35; *p*=0,019) и скелетной мышечной массы (r=0,35; *p*=0,020).

Наиболее выраженная из исследованных биоимпедансных ассоциаций с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ отмечена для ФУ: r=0,39; *p*=0,010. При ранговом анализе коэффициент составлял ρ=0,43 (*p*=0,004); рис. 3.

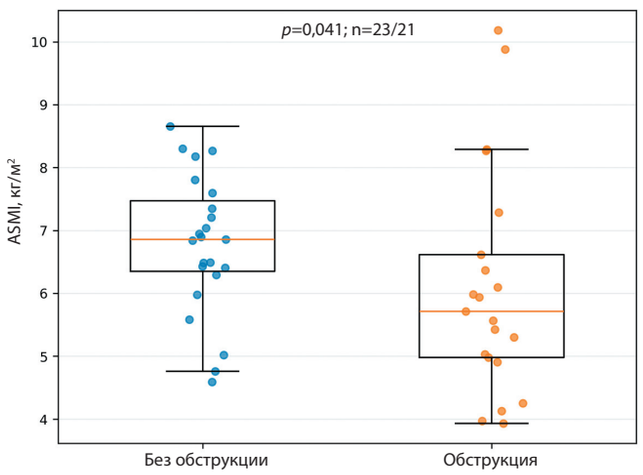
Взаимосвязь Z-score ASMI с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ была положительной, но без статистической значимости в данной выборке (r=0,19; *p*=0,207). Процент жировой массы и Z-score ИМТ имели отрицательную связь с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ, однако также без статистической значимости (r=-0,04; *p*=0,784 и r=-0,03; *p*=0,839 соответственно). Результаты корреляционного анализа суммированы в табл. 2.

В линейной модели связь ФУ с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ сохранялась после включения возраста, пола и Z-score ИМТ (стандартизованный β=0,53; *p*=0,015). Для расчетного ASMI независимая ассоциация в аналогичной модели не подтверждалась (β=0,43; *p*=0,261), что подчеркивает необходимость осторожной интерпретации нескорректированных связей.

При поправке Benjamini–Hochberg на 15 основных корреляционных сравнений статистически значимой сохранялась ассоциация Z-score ASMI с Z-score ОФВ1 (q=0,021). Для связи ФУ с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ и расчетного ASMI с Z-score ОФВ1 значения q составляли около 0,051, т.е. находились непосредственно у границы принятого уровня значимости. Поэтому результаты анализа взаимосвязей с ОФВ1/ФЖЕЛ следует считать на данном этапе поисковыми.

Состав тела у пациентов с наличием и отсутствием спирометрических признаков обструкции. У пациентов со спирометрическими при-

Рис. 4. Расчетный ASMI у пациентов без и со спирометрическими признаками БО. Точки – индивидуальные значения; *p* – по критерию Манна–Уитни. Для биоимпедансных показателей n=23 и n=21 соответственно.
Fig. 4. Calculated ASMI in patients without and with spirometric signs of bronchial obstruction. Dots are individual values; p by the Mann–Whitney test. For bioimpedance indices n=23 and n=21, respectively.



знаками БО расчетный ASMI был ниже, чем у пациентов без БО: 5,71 кг/м² [4,98; 6,62] против 6,86 кг/м² [6,35; 7,47] (p=0,041; рис. 4).

Мышечная масса также была ниже: 34,2 кг [26,0; 50,8] против 45,8 кг [35,85; 54,55] (p=0,047). ФУ составлял соответственно 5,4° [5,2; 5,7] и 6,2° [5,45; 6,4] (p=0,035). Z-score ASMI был ниже у пациентов со спирометрическими признаками БО (медиана -0,89 против 0,39), однако различие не достигло статистической значимости (p=0,067). Процент жировой массы и Z-score ИМТ между группами в данной выборке не различались (табл. 3).

Обсуждение

В настоящем пилотном исследовании у детей и подростков с БА выявлены ассоциации между мышечным компонентом состава тела и показателями ФВД. Результаты позволяют рассматривать два взаимодополняющих аспекта: связь мышечного статуса с ОФВ1 и связь отдельных биоимпедансных показателей с ОФВ1/ФЖЕЛ – параметром, непосредственно характеризующим БП.

Наиболее сильная связь Z-score ASMI выявлена с Z-score ОФВ1. Это важно, поскольку использование Z-score частично снижает влияние возраста, пола и размеров тела, неизбежное при анализе абсолютных спирометрических объемов. В то же время связь Z-score ASMI с Z-score ФЖЕЛ была слабее, а с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ – статистически незначимой. Полученные данные согласуются с результатами M.E. Jensen и соавт. [11], которые в выборке детей с БА показали положительную связь безжировой массы с ОФВ1 и ФЖЕЛ при отсутствии аналогичной связи для жировой массы. Таким образом, в популяции детей с БА общий показатель массы тела может быть менее информативным, чем разделение на жировой и безжировой компоненты [6, 9, 10].

Особый интерес представляет Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ. У пациентов с БА этот параметр имеет прямое отношение к ограничению экспираторного воздушного потока, которое может быть вариабельным и зависеть от текущего состояния заболевания и проводимой терапии. Более высокая общая мышечная масса и ФУ в нашей выборке ассоциировались с более высоким Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ. Для расчетного ASMI отмечалась положительная монотонная ассоциация по Спирмену при отсутствии статистически значимой линейной корреляции по Пирсону. Дополнительно у пациентов со спирометрическими признаками БО были ниже ASMI, мышечная масса и ФУ. При этом процент жировой массы и Z-score ИМТ с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ в данной выборке не были связаны. Такая структура ассоциаций позволяет предполагать, что связь состава тела с функциональным фенотипом астмы не сводится исключительно к ожирению или общей массе тела. Возможными объяснениями могут быть различия в общей физической тренированности, развитии дыхательной мускулатуры, уровне системного воспаления и физической активности [8]. Однако поперечный дизайн не позволяет определить направление причинной связи.

Таблица 3. Показатели состава тела в зависимости от наличия спирометрических признаков БО
Table 3. Body composition indices depending on the presence of spirometric signs of bronchial obstruction

Показатель	Без БО (n=23)	БО (n=22)	*p*
Возраст, лет	15 [12; 17]	13,5 [11; 15,75]	0,183
Z-score ИМТ	0,05 [-0,75; 1,29]	0,04 [-0,80; 0,85]	0,586
Жировая масса, %	18,9 [16,25; 26,55]	19,7 [16,4; 23,3]*	0,972
Мышечная масса, кг	45,8 [35,85; 54,55]	34,2 [26,0; 50,8]*	0,047
ASMI, кг/м²	6,86 [6,35; 7,47]	5,71 [4,98; 6,62]	0,041
Z-score ASMI	0,39 [-0,54; 1,38]	-0,89 [-1,32; 1,03]*	0,067
Фазовый угол, градус	6,2 [5,45; 6,4]	5,4 [5,2; 5,7]*	0,035

Примечание. Данные представлены как Me [Q1; Q3]; *p* – по критерию Манна–Уитни. *Для указанных биоимпедансных показателей n=21 в группе с БО.

В нашей работе ФУ показал наиболее устойчивую ассоциацию с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ и сохранял статистическую значимость в модели с поправкой на возраст, пол и Z-score ИМТ. Эти данные созвучны результатам Z. Wang и соавт. [13], которые обнаружили снижение ФУ у детей с плохо контролируемой БА и показали дополнительную информативность биоимпедансных параметров при оценке контроля заболевания. Прямое сопоставление двух исследований ограничено: в работе Z. Wang и соавт. [13] основным исходом был уровень контроля астмы, тогда как в настоящем исследовании анализировалась спирометрическая БП. Поэтому наши данные скорее дополняют опубликованные результаты.

Отсутствие связи процента жировой массы с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ не исключает роли ожирения в патогенезе и клиническом течении БА [6, 17]. В данной небольшой выборке именно мышечный компонент и ФУ оказались более тесно связаны со спирометрическими параметрами, чем процент жира или Z-score ИМТ.

Важным методологическим вопросом является различие между расчетным ASMI и Z-score ASMI. Расчетный ASMI был непосредственно получен из сегментарных биоимпедансных данных, тогда как стандартизация основывалась на внешних возрастно-половых референсах, полученных методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии [15]. В настоящей выборке связь расчетного ASMI с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ проявлялась преимущественно как ранговая, тогда как для Z-score ASMI убедительной связи с ОФВ1/ФЖЕЛ не выявлено. Это может отражать небольшой размер выборки, возможную нелинейность и методологические различия стандартизации.

С практической точки зрения результаты поддерживают предположение, что детальная характеристика состава тела может дать дополнительную информацию о функциональном состоянии ребенка с астмой, а также что развитие мышечного компонента тела может иметь протективный эффект в отношении течения БА. Механистической предпосылкой служат данные о секреторной функции скелетной мышцы: сокращающаяся мышца продуцирует миокины, участвующие в регуляции системного воспаления [18]. В экспериментальных моделях аллергического воспаления аэробные тренировки уменьшали эозинофилию бронхоальвеолярного лаважа и ремоделирование дыхательных путей [19]. Вместе с тем метаанализ 13 рандомизированных контролируемых исследований у детей с БА не выявил влияния физических тренировок на уровень оксида азота в выдыхаемом воздухе, а улучшение ФЖЕЛ и МОС25–75 носило кратковременный характер [20]. Таким образом, противовоспалительный механизм, показанный экспериментально, в педиатрической популяции пока не подтвержден, и выявленные нами различия мышечного компонента требуют осторожной интерпретации. Биоимпедансный анализ является неинвазивным и доступным методом оценки состава тела [12, 14]. В пилотной выборке пациентов с БА параметры мышечного компонента и ФУ оказались информативнее Z-score ИМТ и процента жировой массы в отношении БП. Эти показатели могут представлять интерес как дополнительные исследовательские маркеры при комплексной оценке детей с БА.

Исследование имеет ряд ограничений. Исследование выполнено на небольшой одноцентровой выборке, поэтому статистическая мощность ограничена, а результаты требуют независимого подтверждения. Поперечный дизайн не позволяет определить причинное направление ассоциаций: более низкая мышечная масса может как способствовать снижению функциональных резервов, так и быть следствием меньшей физической активности либо более тяжелого и хуже контролируемого течения астмы. В использованной базе данных отсутствовали стандартизированные сведения об уровне контроля БА, длительности заболевания, ступени терапии, приверженности лечению и времени последнего использования бронходилататоров. Не учитывались стадия полового развития и уровень физической активности, которые могут существенно влиять на мышечную массу и функциональные показатели в возрасте 8–17 лет. Для стандартизации ASMI использовались внешние референсные данные.

Заключение

У детей и подростков с БА показатели мышечного компонента состава тела и ФУ ассоциированы с параметрами ФВД. Z-score ASMI наиболее тесно связан с Z-score ОФВ1. При анализе БП более высокая мышечная масса и ФУ ассоциированы с более высоким Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ; для расчетного ASMI выявлена положительная ранговая связь с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ и более низкие значения у пациентов со спирометрическими признаками БО. Процент жировой массы и Z-score ИМТ в данной выборке не демонстрировали связи с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ. Наиболее устойчивой после учета возраста, пола и Z-score ИМТ оказалась ассоциация ФУ с Z-score ОФВ1/ФЖЕЛ.

Полученные данные позволяют рассматривать мышечный статус и ФУ как потенциально значимые характеристики функционального фенотипа БА у детей и подростков. Для определения их самостоятельной клинической значимости необходимо исследование большей мощности с учетом контроля заболевания, противоастматической терапии, бронходилатационного ответа, полового созревания и физической активности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interests. The authors declare that there is not conflict of interests.

Финансирование. Анализатор состава тела Tanita MC-780 (Tanita Corp., Япония) приобретен за счет средств ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет».
Funding. Tanita MC-780 body composition analyzer (Tanita Corp., Japan) was purchased using funds from the Privolzhsky Research Medical University.

Литература / References

1. Global Initiative for Asthma. Global Strategy for Asthma Management and Prevention. 2026 update. GINA, 2026.
2. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J* 2022;60(1):2101499. DOI: 10.1183/13993003.01499-2021
3. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR et al. Standardization of spirometry 2019 update. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med* 2019;200(8):e70-e88. DOI: 10.1164/rccm.201908-1590ST
4. Каменева М.Ю., Черняк А.В., Айсанов З.Р. и др. Спирометрия: методическое руководство по проведению исследования и интерпретации результатов. *Пульмонология*. 2023;33(3):307-40. DOI: 10.18093/0869-0189-2023-33-3-307-340
   Kameneva M.Yu., Chernyak A.V., Aisanov Z.R. et al. Spirometry: a methodological guide to conducting the study and interpreting the results. *Pulmonology*. 2023;33(3):307-40. DOI: 10.18093/0869-0189-2023-33-3-307-340 (in Russian).
5. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the Global Lung Function 2012 equations. *Eur Respir J* 2012;40(6):1324-43. DOI: 10.1183/09031936.00080312
6. Forno E, Han YY, Mullen J, CeledÛn JC. Overweight, obesity, and lung function in children and adults: a meta-analysis. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2018;6(2):570-81.e10. DOI: 10.1016/j.jaip.2017.07.010
7. Peralta GP, Fuertes E, Granell R et al. Childhood body composition trajectories and adolescent lung function. Findings from the ALSPAC study. *Am J Respir Crit Care Med* 2019;200(1):75-83. DOI: 10.1164/rccm.201806-1168OC
8. Ofenheimer A, Breyer MK, Wouters EFM et al. The effect of body compartments on lung function in childhood and adolescence. *Clin Nutr* 2024;43(2):476-81. DOI: 10.1016/j.clnu.2023.12.010
9. Елисеева Т.И., Геппе Н.А., Игнатов С.К. и др. Относительный индекс массы тела как новый инструмент оценки нутритивного статуса у детей и подростков с бронхиальной астмой. *Современные технологии в медицине*. 2017;9(1):135-48. DOI: 10.17691/stm2017. 9.1.18
   Eliseeva T.I., Geppe N.A., Ignatov S.K. et al. Relative body mass index as a new tool for nutritional status assessment in children and adolescents with bronchial asthma. *Modern technologies in medicine*. 2017;9(1):135-48. DOI: 10.17691/stm2017.9.1.18 (in Russian).
10. Храмова Р.Н., Туш Е.В., Храмов А.А. и др. Взаимосвязь нутритивного статуса и спирометрических показателей у детей с бронхиальной астмой. *Современные технологии в медицине*. 2020;12(3):12-23. DOI: 10.17691/stm2020.12.3.02
    Khramova R.N., Tush E.V., Khramov A.A. et al. Relationship of nutritional status and spirometric parameters in children with bronchial asthma. *Modern technologies in medicine*. 2020;12(3):12-23. DOI: 10.17691/stm2020.12.3.02 (in Russian).
11. Jensen ME, Gibson PG, Collins CE, Wood LG. Lean mass, not fat mass, is associated with lung function in male and female children with asthma. *Pediatr Res* 2014;75(1):93-8. DOI: 10.1038/pr.2013.181
12. Norman K, Stob‰us N, Pirlich M, Bosy-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis: clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr* 2012;31(6):854-61. DOI: 10.1016/j.clnu.2012.05.008
13. Wang Z, Zhao J, Wang Y et al. Incremental value of body composition indices in discriminating poorly controlled asthma in children: a cross-sectional study. *Transl Pediatr* 2026;15(4):102. DOI: 10.21037/tp-2026-1-0102
14. Hu Q, Long Q, Wang W, Ma M. Bioelectrical impedance analysis for measuring body composition and predicting low muscle mass in apparently healthy pediatric outpatients: a retrospective observational study. *BMC Pediatr* 2025;25(1):181. DOI: 10.1186/s12887-025-05579-8
15. Liu J, Yan Y, Xi B et al.; China Child and Adolescent Cardiovascular Health Study Group. Skeletal muscle reference for Chinese children and adolescents. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2019;10(1):155-64. DOI: 10.1002/jcsm.12361
16. Каменева М.Ю., Кирюхина Л.Д., Стручков П.В. Обновленные отечественные рекомендации по спирометрии. Часть 3. Проведение и оценка результатов бронходилатационного теста. Особенности проведения спирометрии у детей. *Медицинский алфавит*. 2024;(15):8-12. DOI: 10.33667/2078-5631-2024-15-8-12
    Kameneva M.Yu., Kiryukhina L.D., Struchkov P.V. Updated domestic recommendations on spirometry. Part 3. Conducting and evaluating the results of the bronchodilation test. Features of performing spirometry in children. *Medical Alphabet*. 2024;(15):8-12. DOI: 10.33667/2078-5631-2024-15-8-12 (in Russian).
17. Forno E, Weiner DJ, Mullen J et al. Obesity and airway dysanapsis in children with and without asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 2017;195(3):314-23. DOI: 10.1164/rccm.201605-1039OC
18. Severinsen MCK, Pedersen BK. Muscle-organ crosstalk: the emerging roles of myokines. *Endocr Rev* 2020;41(4):594-609. DOI: 10.1210/endrev/bnaa016
19. Vieira RP, Claudino RC, Duarte ACS et al. Aerobic exercise decreases chronic allergic lung inflammation and airway remodeling in mice. *Am J Respir Crit Care Med* 2007;176(9):871-7. DOI: 10.1164/rccm.200610-1567OC
20. Zha Z, Zhang Y, Tian C et al. The effect of exercise on asthma in children: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Curr Allergy Asthma Rep* 2025;25(1):39. DOI: 10.1007/s11882-025-01219-4

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Софья Алексеевна Теремова – клин. ординатор каф. госпитальной педиатрии, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет». E-mail: teremovasa@yandex.ru; ORCID: 0009-0005-2106-9044

Алена Владимировна Шабаршова – ассистент каф. госпитальной педиатрии, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет». E-mail: azaletina03@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1758-8766

Ольга Сергеевна Борискина – врач-педиатр, гастроэнтеролог, ГБУЗ Нижегородской области «ДКГБ №1». E-mail: boriskinaolga@mail.ru; ORCID: 0009-0008-4372-5905

Регина Ниязовна Храмова – канд. мед. наук, доцент, АНО ДПО «Сибирский институт непрерывного медицинского образования "Сибирь. Наука. Интеллект"». E-mail: reg1705@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-2396-5054

Ксения Викторовна Горбунова – ассистент каф. клинической анатомии и оперативной хирургии, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет». E-mail: ksenya.gorbunova@mail.ru; ORCID: 0000-0003-4985-1546

Ольга Владимировна Халецкая – д-р мед. наук, проф., зав. каф. госпитальной педиатрии, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет». E-mail: ovh14@mail.ru; ORCID: 0000-0002-8531-3174

Татьяна Ивановна Елисеева – д-р мед. наук, доц., проф. каф. госпитальной педиатрии, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет». E-mail: eliseevati@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-1769-3670

Вклад авторов. Т.И. Елисеева, О.В. Халецкая – существенный вклад в концепцию или дизайн исследования, внесение в рукопись существенной (важной) правки с целью повышения научной ценности статьи. С.А. Теремова, О.С. Борискина, Р.Н. Храмова, К.В. Горбунова – существенный вклад в формирование баз данных, получение, анализ данных или интерпретацию результатов; написание статьи. А.В. Шабаршова – существенный вклад в получение, анализ данных или интерпретацию результатов; проведение биоимпедансометрии. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Поступила в редакцию: 07.09.2026
Поступила после рецензирования: 12.09.2026
Принята к публикации: 17.09.2026

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sofya A. Teremova – Clinical Resident, Privolzhsky Research Medical University. E-mail: sonyas361w@gmail.com; ORCID: 0009-0005-2106-9044

Alena V. Shabarshova – Assistant, Privolzhsky Research Medical University. E-mail: azaletina03@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1758-8766

Olga S. Boriskina – Pediatrician and Gastroenterologist, Nizhny Novgorod Region Children's Clinical City Hospital No 1. E-mail: boriskinaolga@mail.ru; ORCID: 0009-0008-4372-5905

Regina N. Khramova – Cand. Sci. (Med.), Siberian Institute of Continuing Medical Education "Sibir. Science. Intellect". E-mail: reg1705@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-2396-5054

Kseniya V. Gorbunova – Assistant, Privolzhsky Research Medical University. E-mail: ksenya.gorbunova@mail.ru; ORCID: 0000-0003-4985-1546

Olga V. Khaletskaya – Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department, Privolzhsky Research Medical University. E-mail: ovh14@mail.ru; ORCID: 0000-0002-8531-3174

Tatyana I. Eliseeva – Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Prof. of the Department, Privolzhsky Research Medical University. E-mail: eliseevati@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-1769-3670

Authors' contribution. Tatyana I. Eliseeva, Olga V. Khaletskaya – substantial contribution to the study concept and design, substantial editing aimed at improving the paper scientific value. Sofya A. Teremova, Olga S. Boriskina, Regina N. Khramova, Ksenia V. Gorbunova – substantial contribution to creation of databases, data acquisition and analysis or interpretation of results; manuscript writing. Alena V. Shabarshova – substantial contribution to data acquisition and analysis or interpretation of results; bioelectrical impedance analysis. All authors approved the final version of the paper before publishing, expressed their consent to be responsible for all aspects of the work implying proper examination and resolution of issues concerning the accuracy or integrity of any part of the paper.

Received: 07.09.2026
Revised: 12.09.2026
Accepted: 17.09.2026