

<https://doi.org/10.29296/25877305-2021-07-05>

Биоимпедансный анализ как перспективная скрининговая технология у детей

Ю.Г. Самойлова¹, доктор медицинских наук, профессор,
Д.В. Подчиненова¹, кандидат медицинских наук,
Д.А. Кудлай^{2,3}, доктор медицинских наук, профессор,
О.А. Олейник¹, кандидат медицинских наук, доцент,
М.В. Матвеева¹, доктор медицинских наук, доцент,
М.А. Коваренко¹, кандидат медицинских наук,
Е.В. Саган¹,
Н.М. Диравева¹,
Н.С. Денисов¹

¹Сибирский государственный медицинский университет
Минздрава России, Томск

²Государственный научный центр «Институт иммунологии»
Федерального медико-биологического агентства России,
Москва

³Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет)

E-mail: darvas_42@mail.ru

Цель. Разработка метода ранней неинвазивной диагностики инсулинорезистентности (ИР) в педиатрической практике.

Материал и методы. В исследовании приняли участие 1939 детей и подростков, которые были поделены на 2 возрастные страты: до 10 лет ($n=625$) и от 10 лет и старше ($n=1314$). У каждого обследуемого проведен комплекс клинико-метаболического исследования, включавший измерение антропометрических показателей с расчетом Standard Deviation Score, индекса массы тела, биоимпедансометрию (БИМ) с определением основных показателей композиционного состава тела. У лиц, составивших случайную выборку ($n=1859$), проведено определение уровней инсулина и глюкозы сыворотки крови с расчетом индекса ИР (НОМА), С-пептида, лептина и липидного спектра. Для поиска зависимостей проведен корреляционный анализ между исследуемыми параметрами БИМ и метаболического статуса. С использованием ROC-анализа вычислены пороговые значения для площади висцерального жира, ассоциированные с высоким риском развития ИР.

Результаты. С помощью проведенного статистического анализа выявлены пороговые значения площади висцерального жира для БИМ, ассоциированные с риском ИР. Полученная методика обладает чувствительностью и специфичностью, сопоставимой с индексом НОМА.

Заключение. Использование БИМ в качестве скринингового метода выявления группы риска среди детей и подростков с различной массой тела позволит своевременно проводить лечебно-профилактические мероприятия.

Ключевые слова: педиатрия, детское ожирение, инсулинорезистентность, биоимпедансометрия, висцеральное ожирение.

Для цитирования: Самойлова Ю.Г., Подчиненова Д.В., Кудлай Д.А. и др. Биоимпедансный анализ как перспективная скрининговая технология у детей. Врач. 2021; 32 (7): 32–38. <https://doi.org/10.29296/25877305-2021-07-05>

В современном мире проблема детского ожирения стоит крайне остро. По последним оценкам ВОЗ, >38 млн детей в возрасте до 5 лет и 340 млн детей и подростков в возрасте 5–19 лет страдают от избыточной массы тела [1, 2]. По данным Nutrition: Global Targets (2025), одной из целей ВОЗ является «стабилизация распространенности избыточной массы тела среди детей» [3], что так же верно и для Глобального плана действий ВОЗ по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними на 2013–2020 гг. [4].

Ожирение – хроническое, рецидивирующее заболевание, влияющее практически на все сферы жизни человека [5]. Случаи, начавшиеся в детстве, во-первых, часто ассоциированы с депрессией, поведенческими и эмоциональными расстройствами [6], а во-вторых, имеют долгосрочные последствия, такие как сердечно-сосудистые [7], онкологические заболевания [8], метаболические нарушения [9], поражения опорно-двигательного аппарата [10], что приводит к инвалидизации и преждевременной смерти [11, 12].

Обладая широким спектром влияния на физическое и ментальное здоровье населения, ожирение связано также с экономическими и социальными потерями [13].

Сложившаяся ситуация, рецидивирующее течение ожирения и стойкость его симптомов [14, 15] требует новых решений и поиска инструментов скрининга ожирения и метаболических нарушений в педиатрической практике на самых ранних этапах формирования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (СибГМУ). Обследованы дети и подростки в возрасте от 3 до 18 лет с различной массой тела. До проведения каких-либо процедур протокола исследования законным представителем ребенка или самостоятельно после достижения 15-летнего возраста подписано информированное согласие. Группа исследования включала 1939 детей и подростков, которые были поделены на 2 возрастные страты с учетом особенностей физического развития детей, ассоциированные с полом и возрастом: до 10 лет ($n=625$) и от 10 лет и старше ($n=1314$) согласно классификации ВОЗ (1977).

Критерии исключения:

- моногенные формы ожирения;
- сахарный диабет типа 1 и 2;
- тяжелые или нестабильные соматические заболевания;
- черепно-мозговые травмы в анамнезе;
- злоупотребление алкоголем или наркотическими/лекарственными препаратами в анамнезе;
- критерии исключения, применимые к проведению биоимпедансометрии (БИМ) (установленный кардиостимулятор; большие металлические имплантаты; беременность).

При первичном обращении пациентов проведен анализ анамнестических данных на предмет наличия факторов риска развития метаболических нарушений, проведена оценка данных объективного статуса (исследование роста и массы тела, расчет индекса массы тела – ИМТ). Для измерения роста использовали ростомер МСК-233 (точность до 0,1 см), массу тела исследовали в легкой одежде, без обуви, после опорожнения мочевого пузыря на весах, встроенных в аппарат Inbody 770 (точность 0,1 кг). Расчет ИМТ и Standard Deviation Score (SDS) ИМТ проводился с применением программного обеспечения, разработанного ВОЗ: Anthro WHO (для детей до 5 лет) и Anthroplus WHO (для детей от 6 до 19 лет).

Определение композиционного состава тела проводилось с использованием БИМ на аппарате Inbody 770 после опорожнения мочевого пузыря, в легкой одежде. Во время проведения процедуры обследуемый должен стоять неподвижно с оголенными стопами и кистями рук для беспрепятственного прохождения тока в течение 1 мин.

Для оценки предикторов метаболического синдрома проводилось исследование показателей жирового (общий холестерин [ОХС], липопротеиды низкой [ЛПНП], очень низкой [ЛПОНП], высокой [ЛПВП] плотности и триглицериды [ТГ]) и углеводного (глюкоза крови, инсулин, С-пептид, лептин) обмена с расчетом индекса инсулинорезистентности (ИР) НОМА.

Для финальной статистической обработки данных площади висцерального жира, характеристик жировой и мышечной массы, полученных с помощью БИМ, проведен сравнительный и описательный анализ количественных данных. Для количественных данных, не подчиняющихся нормальному закону распределения, рассчитывались медианы (Ме) и квартили (Ме [Q25; Q75]). Проверка на нормальность распределения признаков осуществлялась с использованием критерия Шапиро–Уилка. Для оценки взаимосвязи между количественными признаками использовался ранговый коэффициент корреляции Спирмена. Различия считались достоверными (статистически значимыми) при уровне значимости $p < 0,05$ [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Группа детей в возрасте до 10 лет ($n=625$), средний возраст – 8,7 [7,9; 9,4] года характеризовалась массой тела 32,40 [27,75; 39,30] кг, ростом 135,0 [127,0; 140,0] см, ИМТ 18,6 [16,2; 20,7] кг/м² и SDS ИМТ 1,3 [0,2; 2,3].

В группе подростков (10 лет и старше) ($n=1314$) возраст обследуемых составил 13,0 [11,3; 14,4] лет, масса тела – 54,8 [43,2; 65,8] кг, рост – 161,0 [149,0; 168,0] см, ИМТ – 21,3 [18,6; 23,8] кг/м² и SDS ИМТ – 0,9 [0,1; 1,8].

Структура возрастных и гендерных подгрупп с точки зрения распределения массы тела представлена на рис. 1.

Среди мальчиков в возрастной группе до 10 лет выявлены значимые корреляционные связи умеренной силы между площадью висцерального жира и уровнем инсулина ($r=0,323$; $p < 0,01$) и ЛПНП ($r=0,302$; $p < 0,01$). Такой параметр композиционного состава тела, как жировая масса тела (%) имел достоверные корреляции с такими показателями метаболического статуса, как инсулин ($r=0,393$; $p < 0,01$), индекс НОМА ($r=0,333$; $p < 0,01$), лептин ($r=0,387$; $p < 0,01$) соответственно. При анализе аналогичных параметров с жировой массой в абсо-

лютном значении (кг) достоверные взаимосвязи достаточной силы выявлены только с уровнем С-пептида ($r=-0,324$; $p < 0,01$). Как активная клеточная масса, так и масса скелетной мускулатуры имели корреляции умеренной силы с уровнем лептина крови ($r=0,305$; $p < 0,01$ и $r=0,306$; $p < 0,01$ соответственно). Такой параметр композиционного состава тела, как протеин не обладал достоверными корреляциями ни с одним из исследуемых параметров метаболического статуса. Подробные результаты корреляционного анализа приведены в табл. 1.

В группе девочек в возрасте до 10 лет площадь висцерального жира отрицательно коррелировала с уровнем С-пептида в сыворотке крови ($r=-0,610$; $p < 0,01$), достоверных взаимосвязей с другими параметрами метаболического статуса не выявлено. Между показателем процентной жировой массы и уровнем инсулина ($r=0,478$; $p < 0,01$), индексом НОМА ($r=-0,379$; $p < 0,01$), лептина ($r=0,426$; $p < 0,01$) выявлена положительная корреляционная связь, тогда как она была отрицательной для уровня С-пептида ($r=-0,447$; $p < 0,01$) и ЛПВП ($r=-0,385$; $p < 0,01$). При анализе аналогичных показателей метаболического статуса с жировой массой тела в абсолютном значении (кг) сохранялась отрицательная корреляция с С-пептидом ($r=-0,593$; $p < 0,01$). Такие параметры композиционного состава тела, как масса скелетной мускулатуры и активная клеточная масса обладали аналогичными корреляционными взаимосвязями с уровнем лептина в крови ($r=-0,396$; $p < 0,01$ и $r=-0,396$; $p < 0,01$ соответственно). Осталь-

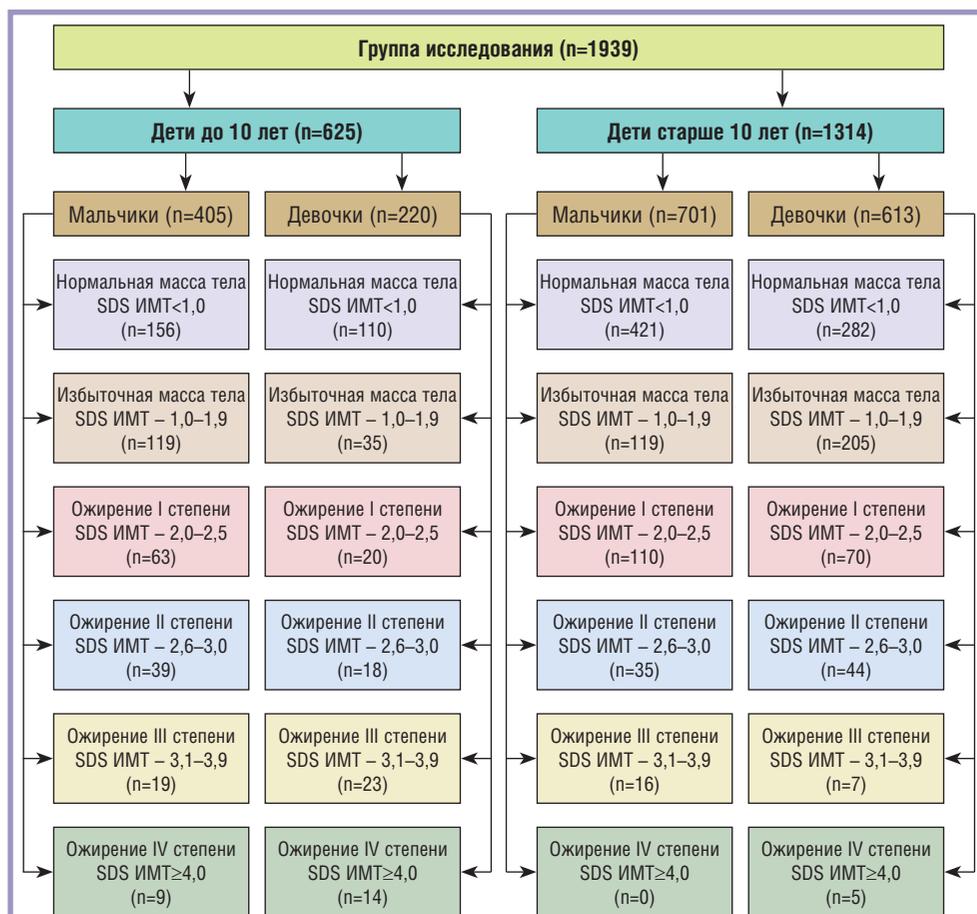


Рис. 1. Структура распределения массы тела в гендерных и возрастных подгруппах
Fig. 1. The pattern of body weight distribution in gender and age subgroups

Корреляции между параметрами метаболического статуса и показателями БИМ среди мальчиков младше 10 лет

Таблица 1

Correlations between metabolic parameters and bioimpedance indexes among the boys under 10 years of age

Table 1

Показатель	Площадь висцерального жира, см ²	Жировая масса тела, %	Жировая масса тела, кг	Активная клеточная масса, кг	Масса скелетной мускулатуры, кг	Протеин, кг
Глюкоза натощак, ммоль/л	r=-0,133; p=0,02	r=-0,157; p<0,01*	r=0,023; p=0,70	r=0,249; p=0,01*	r=0,248; p=0,01*	r=0,239; p<0,01*
Индекс НОМА	r=0,253; p<0,01*	r=0,333; p<0,01*	r=0,210; p<0,01*	r=0,027; p=0,65	r=0,029; p=0,62	r=0,024; p=0,68
Инсулин, МкЕд/мл	r=0,323; p<0,01*	r=0,393; p<0,01*	r=0,260; p<0,01*	r=0,025; p=0,68	r=-0,027; p=0,65	r=0,023; p=0,70
Лептин, нг/мл	r=0,297; p<0,01*	r=0,387; p<0,01*	r=0,111; p=0,06	r=-0,305; p<0,01*	r=-0,306; p<0,01*	r=-0,310; p<0,01*
С-пептид, нг/мл	r=-0,282; p<0,01*	r=-0,240; p<0,01*	r=-0,324; p<0,01*	r=-0,158; p=0,01	r=-0,154; p<0,01*	r=-0,148; p=0,01*
ОХС, ммоль/л	r=0,188; p<0,01*	r=0,186; p<0,01*	r=0,132; p=0,03*	r=-0,112; p=0,06	r=0,111; p=0,06	r=-0,113; p=0,06
ТГ, ммоль/л	r=0,008; p=0,17	r=0,079; p=0,18	r=0,034; p=0,57	r=-0,024; p<0,01*	r=-0,239; p<0,01*	r=-0,244; p<0,01*
ЛПВП, ммоль/л	r=-0,066; p=0,26	r=-0,170; p<0,01*	r=-0,115; p=0,05	r=0,058; p=0,32	r=0,060; p=0,31	r=0,082; p=0,16
ЛПНП, ммоль/л	r=0,302; p<0,01*	r=0,280; p<0,01*	r=0,253; p<0,01*	r=-0,049; p<0,41	r=-0,052; p=0,38	r=-0,058; p=0,32
ЛПОНП, ммоль/л	r=0,288; p<0,01*	r=0,203; p<0,01*	r=0,205; p<0,01*	r=-0,122; p=0,04	r=-0,120; p=0,04*	r=0,015; p=0,05

Примечание. Здесь и в табл. 2–5: * – значимость корреляции при p<0,05.

Note. Here and in Tables 2–5: * the significance of the correlation at p<0.05.

ные параметры метаболического статуса не показали достоверных корреляционных связей с показателями композиционного состава тела (табл. 2).

При анализе корреляции для группы мальчиков-подростков уровни инсулина и индекса НОМА обладали достоверными взаимосвязями с таким параметром композиционного состава тела, как площадь висцерального жира (r=0,515; p<0,01 и r=0,530; p<0,01 соответственно), аналогичные результаты были получены при сравнении данных параметров с абсолютным и процентным количеством жировой массы тела. Уровни глюкозы, ОХС, ТГ, ЛПВП и ЛПНОП не показали достоверных корреляций достаточной силы с параметрами, характеризующими жировую и мышечную массу. Сводные результаты приведены в табл. 3.

Процент жировой массы тела коррелировал с уровнем инсулина и индексом НОМА (r=0,340; p<0,01 и r=0,334; p<0,01 соответственно) в группе девочек-подростков. В данной группе также отмечались достоверные взаимосвязи между уровнем С-пептида, площадью висцерального жира (r=-0,351; p<0,01) и жировой массой тела в абсолютном значении (r=-0,383; p<0,01). Уровни глюкозы, лептина, ТГ, ОХС, ЛПВП, ЛПНП, ЛПОНП не коррелировали с исследуемыми параметрами композиционного состава тела (табл. 4).

При расчете показателей площади висцерального жира с использованием разработанного нейросетевого алгоритма [17] выявлены достоверные корреляции с индексом НОМА и уровнем инсулина (табл. 5).

Корреляции между параметрами метаболического статуса и показателями БИМ среди девочек младше 10 лет

Таблица 2

Correlations between metabolic parameters and bioimpedance indexes among the girls under 10 years of age

Table 2

Показатель	Площадь висцерального жира, см ²	Жировая масса тела, %	Жировая масса тела, кг	Активная клеточная масса, кг	Масса скелетной мускулатуры, кг	Протеин, кг
Глюкоза натощак, ммоль/л	r=-0,212; p=0,01*	r=-0,159; p=0,06	r=-0,194; p=0,02*	r=-0,237; p<0,01*	r=-0,239; p<0,01*	r=-0,244; p<0,01*
Индекс НОМА	r=0,152; p=0,07	r=0,379; p<0,01*	r=0,174; p=0,04*	r=-0,275; p<0,01*	r=-0,278; p<0,01*	r=-0,284; p<0,01*
Инсулин, МкЕд/мл	r=0,235; p=0,01*	r=0,478; p<0,01*	r=0,252; p=0,02*	r=-0,224; p<0,01*	r=-0,226; p=0,24	r=-0,230; p<0,01*
Лептин, нг/мл	r=0,237; p<0,01*	r=0,426; p<0,01*	r=0,271; p<0,01*	r=-0,023; p=0,78	r=-0,024; p=0,77	r=-0,029; p=0,73
С-пептид, нг/мл	r=-0,610; p<0,01*	r=-0,447; p<0,01*	r=-0,593; p<0,01*	r=-0,396; p<0,01*	r=-0,396; p<0,01*	r=-0,411; p<0,01*
ОХС, ммоль/л	r=0,099; p=0,24	r=0,004; p=0,96	r=0,125; p=0,14	r=0,267; p<0,01*	r=0,263; p<0,01*	r=0,256; p<0,01*
ТГ, ммоль/л	r=0,200; p=0,06*	r=0,280; p<0,01*	r=0,146; p=0,08	r=-0,083; p=0,32	r=-0,084; p=0,31	r=0,093; p=0,27
ЛПВП, ммоль/л	r=-0,236; p=0,01*	r=-0,385; p<0,01*	r=-0,172; p=0,04	r=0,219; p<0,01*	r=0,215; p=0,01*	r=0,213; p=0,01*
ЛПНП, ммоль/л	r=-0,045; p=0,60	r=0,036; p=0,66	r=0,027; p=0,75	r=-0,027; p=0,75	r=-0,027; p=0,75	r=-0,038; p=0,65
ЛПОНП, ммоль/л	r=0,232; p<0,01*	r=0,056; p=0,50	r=0,239; p<0,01*	r=0,262; p<0,01*	r=0,259; p<0,01*	r=0,263; p=0,01*

Корреляции между параметрами метаболического статуса и показателями БИМ среди мальчиков 10 лет и старше

Таблица 3

Table 3

Correlations between metabolic parameters and bioimpedance indexes among the boys aged 10 years and older

Показатель	Площадь висцерального жира, см ²	Жировая масса тела, %	Жировая масса тела, кг	Активная клеточная масса, кг	Масса скелетной мускулатуры, кг	Протеин, кг
Глюкоза натощак, ммоль/л	r=0,064; p=0,19	r=0,047; p=0,33	r=0,088; p=0,07	r=0,044; p=0,37	r=0,045; p=0,35	r=0,040; p=0,40
Индекс НОМА	r=0,515; p<0,01*	r=0,450; p<0,01*	r=0,520; p<0,01*	r=0,122; p=0,01*	r=0,121; p=0,01*	r=0,122; p=0,01*
Инсулин, МкЕд/мл	r=0,530; p<0,01*	r=0,470; p<0,01*	r=0,531; p<0,01*	r=0,115; p=0,02*	r=0,115; p=0,02*	r=0,116; p=0,02*
Лептин, нг/мл	r=0,398; p<0,01*	r=0,413; p<0,01*	r=0,391; p<0,01*	r=0,002; p=0,99	r=0,001; p=0,99	r=0,003; p=0,95
С-пептид, нг/мл	r=-0,559; p<0,01*	r=-0,515; p<0,01*	r=-0,576; p<0,01*	r=-0,151; p<0,01*	r=-0,153; p<0,01*	r=-0,147; p<0,01*
ОХС, ммоль/л	r=0,014; p=0,78	r=0,059; p=0,23	r=0,008; p=0,87	r=-0,133; p=0,01*	r=-0,132; p<0,01*	r=-0,133; p=0,01*
ТГ, ммоль/л	r=0,187; p=0,01	r=0,129; p<0,01*	r=0,193; p<0,01*	r=0,091; p=0,06	r=0,091; p=0,06	r=0,091; p=0,06
ЛПВП, ммоль/л	r=-0,083; p=0,09	r=-0,069; p=0,15	r=-0,072; p=0,14	r=-0,062; p=0,20	r=-0,061; p=0,21	r=-0,066; p=0,17
ЛПНП, ммоль/л	r=0,297; p<0,01*	r=0,334; p<0,01*	r=0,309; p<0,01*	r=-0,062; p=0,20	r=-0,059; p=0,22	r=-0,058; p=0,23
ЛПОНП, ммоль/л	r=0,108; p=0,03*	r=0,153; p<0,01*	r=0,087; p=0,09	r=-0,142; p<0,01*	r=-0,140; p<0,01*	r=-0,141; p<0,01*

Учитывая доказанную взаимосвязь между висцеральным ожирением и формированием ИР, предпринята попытка вычисления значений площади абдоминального жира по результатам БИМ, ассоциированных с риском развития ИР у детей. Для решения данной задачи проведен ROC-анализ возрастных и гендерных подгрупп обследуемых детей и подростков.

Согласно полученным данным, в группе девочек в возрасте до 10 лет площадь висцерального жира $\geq 35,9$ см² ассоциирована с высоким риском наличия ИР (специфичность – 62%, чувствительность – 78%), в группе мальчиков аналогичный риск возникал при значениях площади абдоминального жира $\geq 37,3$ см² (специфичность – 68%, чувствительность – 76,1%). Результаты анализа представлены на рис. 2.

В группе от 10 лет и старше у девочек риск ИР был высоким при площади висцерального жира $\geq 67,5$ см² (специ-

фичность – 72,3%, чувствительность – 75,6%), а в группе мальчиков-подростков $\geq 45,9$ см² (специфичность – 72,9%, чувствительность – 93,3%) (рис. 3).

При анализе обследованных с использованием полученных нормативов среди детей и подростков с нормальной массой тела также выявлены случаи висцерального ожирения – у 2% девочек до 10 лет и 1,6% мальчиков в той же возрастной группы; у 6,7% девочек-подростков и 8,5% обследованных мальчиков в группе 10 лет и старше.

Вероятно, полученные слабые корреляции между площадью висцерального жира, индексом НОМА и инсулином обусловлены тем, что расчеты площади висцерального жира по данным БИМ не предназначены для использования в педиатрической практике и не отражают реальную картину. При перерасчете с использованием нейросетевого алгоритма прогнозирования площади висцерального жира по данным БИМ

Корреляции между параметрами метаболического статуса и показателями БИМ среди девочек 10 лет и старше

Таблица 4

Table 4

Correlations between metabolic parameters and bioimpedance indexes among the girls aged 10 years and older

Показатель	Площадь висцерального жира, см ²	Жировая масса тела, %	Жировая масса тела, кг	Активная клеточная масса, кг	Масса скелетной мускулатуры, кг	Протеин, кг
Глюкоза натощак, ммоль/л	r=0,141; p<0,01*	r=0,002; p=0,97	r=0,166; p<0,01*	r=0,284; p<0,01*	r=0,285; p<0,01*	r=0,280; p<0,01*
Индекс НОМА	r=0,254; p<0,01*	r=0,340; p<0,01*	r=0,205; p<0,01*	r=-0,112; p=0,02*	r=-0,110; p=0,02*	r=-0,114; p=0,02*
Инсулин, МкЕд/мл	r=0,234; p<0,01*	r=0,334; p<0,01*	r=0,184; p<0,01*	r=-0,140; p<0,01*	r=-0,138; p<0,01*	r=-0,141; p<0,01*
Лептин, нг/мл	r=0,134; p<0,01*	r=0,122; p=0,01*	r=0,147; p<0,01*	r=0,056; p=0,25	r=0,058; p=0,24	r=0,051; p=0,30
С-пептид, нг/мл	r=-0,351; p<0,01*	r=-0,289; p<0,01*	r=-0,383; p<0,01*	r=-0,271; p<0,01*	r=-0,271; p<0,01*	r=-0,275; p<0,01*
ОХС, ммоль/л	r=0,094; p=0,05*	r=0,056; p=0,25	r=0,074; p=0,13	r=-0,025; p=0,61	r=0,025; p=0,61	r=0,023; p=0,64
ТГ, ммоль/л	r=-0,022; p=0,65	r=-0,046; p=0,35	r=0,014; p=0,77	r=0,125; p=0,01*	r=0,125; p=0,01*	r=0,122; p=0,01*
ЛПВП, ммоль/л	r=-0,210; p<0,01*	r=-0,079; p=0,11	r=-0,194; p<0,01*	r=-0,215; p<0,01*	r=-0,215; p<0,01*	r=-0,217; p<0,01*
ЛПНП, ммоль/л	r=0,181; p<0,01*	r=0,242; p<0,01*	r=0,152; p<0,01*	r=-0,099; p=0,04*	r=-0,099; p=0,04*	r=-0,098; p=0,05
ЛПОНП, ммоль/л	r=0,046; p=0,35	r=0,104; p=0,03*	r=0,067; p=0,17	r=-0,025; p=0,61	r=-0,026; p=0,59	r=-0,026; p=0,59

[17] выявлены взаимосвязи, более сильные в группах подростков обоих полов (для девочек $r=0,812$; $p<0,01$; для мальчиков $r=0,712$; $p=0,03$). Данные результаты, вероятно, обусловлены изменениями, обусловленными половым созреванием. Процент жировой массы тела в большей степени коррелировал с показателями метаболического статуса по сравнению с абсолютными показателями данного параметра.

Уровень глюкозы крови не показал взаимосвязей с параметрами, характеризующими жировую и мышечную массу ни в одной из групп, в том числе с площадью висцерального жира после перерасчета, что согласуется с данными ряда исследователей [18, 19].

Независимо от пола и возраста, процент жировой массы тела коррелировал с уровнем инсулина и индексом НОМА, тогда как данные корреляции были не достоверны для параметра жировой массы в абсолютном значении (кг) у девочек-подростков, что вероятно, обусловлено физиологическими особенностями периода полового созревания и особенностями топографии жировой ткани.

Полученные корреляционные связи свидетельствуют о возможности использования данных БИМ для прогнозирования изменений в метаболическом статусе, а значит персонализации проводимых лечебно-профилактических мероприятий (ЛПМ).

Однако важной проблемой, которая серьезно ограничивает использование метода определения композиционного состава тела у детей и подростков, является отсутствие нормативных показателей.

В настоящее время вектор современной медицины можно охарактеризовать принципом «4 П» (Персонализация, Предикция, Превентивность и Партиципативность) [20]. Адаптация показателей БИМ для использования в педиатрической практике позволит реализовать данные принципы в полной мере, предотвращая развитие ожирения и метаболического синдрома.

Разработанные нормативы площади висцерального жира для детей и подростков обладают достаточной специфичностью и чувствительной для использования в практическом здравоохранении и позволяют выявить лиц с высоким риском развития ИР даже при нормальной массе тела, а значит – проводить ЛПМ целенаправленно. Использование БИМ в рамках лечебного процесса позволяет повысить эффективность проводимых мероприятий на 76,3% по сравнению со стандартными методами диспансерного наблюдения [21].

На основе изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Использование БИМ позволяет выявить повышенный риск развития ИР не только у детей с избыточной массой тела, но и с нормальным ИМТ.

2. Нормативы площади висцерального жира, разработанные для БИМ, не учитывают физиологические особенности периода детства и не могут быть использованы без дополнительной обработки для исключения абдоминального ожирения у детей и подростков.

Таблица 5
Корреляции между параметрами метаболического статуса и рассчитанной величиной площади висцерального жира среди обследованных

Table 5
Correlations between metabolic parameters and calculated visceral fat area value among the examinees

Показатель	Площадь висцерального жира, см ²			
	девочки до 10 лет	мальчики до 10 лет	девочки 10 лет и старше	мальчики 10 лет и старше
	n=220	n=405	n=613	n=701
Глюкоза, ммоль/л	$r=0,148$; $p<0,01^*$	$r=0,098$; $p=0,23$	$r=0,266$; $p<0,01^*$	$r=0,173$; $p<0,01^*$
Индекс НОМА	$r=0,763$; $p<0,01^*$	$r=0,732$; $p<0,01^*$	$r=0,812$; $p<0,01^*$	$r=0,712$; $p=0,03^*$
Инсулин, МкЕд/мл	$r=0,724$; $p<0,01^*$	$r=0,714$; $p<0,01^*$	$r=0,804$; $p<0,01^*$	$r=0,699$; $p<0,01^*$

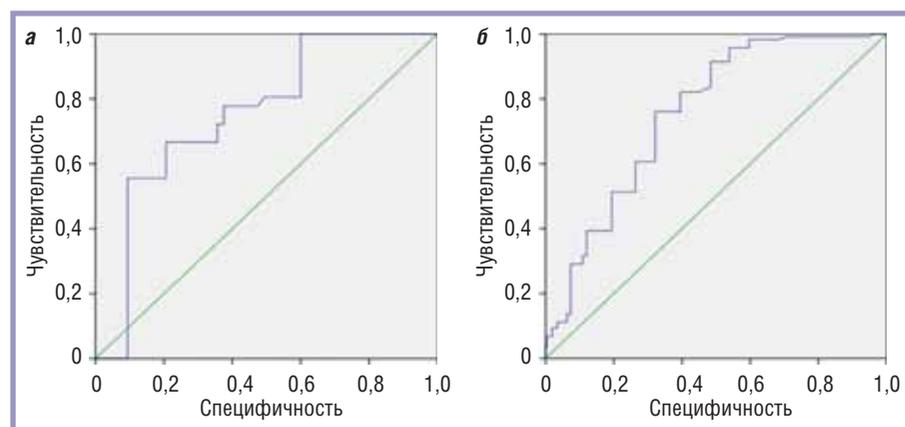


Рис. 2. Результаты ROC-анализа в группах девочек (а) и мальчиков (б) в возрасте до 10 лет
Fig. 2. Results of ROC analysis in the groups of girls (a) and boys (b) under the age of 10 years

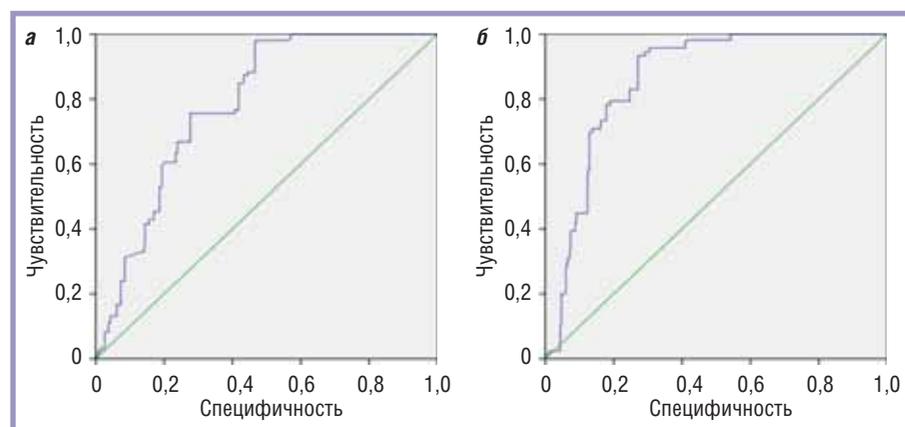


Рис. 3. Результаты ROC-анализа в группах девочек (а) и мальчиков (б) в возрасте 10 лет и старше
Fig. 3. Results of ROC analysis in the groups of girls (a) and boys (b) aged 10 years and older

3. Раннее выявление группы риска по развитию ИР позволяет проводить ЛПМ с большей эффективностью, что необходимо в связи со сложившейся эпидемиологической обстановкой.

4. Использование процедуры БИМ позволяет следовать принципам «4 П», что делает данную методику перспективной для скрининга метаболических нарушений в педиатрической практике и повышения эффективности ЛПМ.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Работа не имела спонсорской поддержки.

Литература/Reference

- Di Cesare M., Sorici M., Bovet P. et al. The epidemiological burden of obesity in childhood: a worldwide epidemic requiring urgent action. *BMC Med.* 2019; 17 (1): 212. DOI: 10.1186/s12916-019-1449-8
- World Health Organization (WHO). Obesity and overweight. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- World Health Organization (WHO). Nutrition: Global Targets 2025. Geneva: WHO, 2018. URL: <http://www.who.int/nutrition/global-target-2025/en/>
- World Health Organization (WHO). Global Action Plan for the Prevention and Control of NCDs 2013–2020. Geneva: WHO, 2015. URL: http://www.who.int/nmh/events/ncd_action_plan/en/
- Дахкильгова Х.Т. Детское ожирение: современное состояние проблемы. *Вопросы детской диетологии.* 2019; 17 (5): 47–53 [Dakhkilgova Kh.T. Childhood obesity: the current state of the problem. *Vopr det dietol. (Pediatric Nutrition).* 2019; 17 (5): 47–53 (in Russ.)]. DOI: 10.20953/1727-5784-2019-5-47-53
- Quek Y.-H., Tam W.W.S., Zhang M.W.B. et al. Exploring the association between childhood and adolescent obesity and depression: a meta-analysis. *Obes Rev.* 2017; 18: 742–54. DOI: 10.1111/obr.12535
- Faienza M.F., Chiarito M., Molina-Molina E. et al. Childhood obesity, cardiovascular and liver health: a growing epidemic with age. *World J Pediatr.* 2020; 16 (5): 438–45. DOI: 10.1007/s12519-020-00341-9
- Weihrauch-Blüher S., Schwarz P., Klusmann J.-H. Childhood obesity: increased risk for cardiometabolic disease and cancer in adulthood. *Metabolism.* 2019; 92: 147–52. DOI: 10.1016/j.metabol.2018.12.001
- Отто Н.Ю., Сагитова Г.Р., Никулина Н.Ю. и др. Частота метаболического синдрома и других осложнений ожирения в практике детского эндокринолога. *Вестник волгоградского государственного медицинского университета.* 2018; 67 (3): 93–8 [Otto N.YU., Sagitova G.R., Nikulina N.YU. et al. Frequency of metabolic syndrome and other complications of obesity in practice of a child endocrinologist. *Vestnik volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta.* 2018; 67 (3): 93–8 (in Russ.)]. DOI: 10.19163/1994-9480-2018-3(67)-93-98
- Merder-Coşkun D., Uzuner A., Keniş-Coşkun Ö. et al. Relationship between obesity and musculoskeletal system findings among children and adolescents. *Turk J Phys Med Rehabil.* 2017; 63 (3): 207–14. DOI: 10.5606/tftrd.2017.422
- Abdullah A., Wolfe R., Stoelwinder J.U. et al. The number of years lived with obesity and the risk of all-cause and cause-specific mortality. *Int J Epidemiol.* 2011; 40: 985–96. DOI: 10.1093/ije/dyr018
- Park M.H., Falconer C., Viner R.M. et al. The impact of childhood obesity on morbidity and mortality in adulthood: a systematic review. *Obes Rev.* 2012; 13: 985–1000. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2012.01015.x
- Tremmel M., Gerdttham U.-G., Nilsson P.M. et al. Economic burden of obesity: a systematic literature review. *Int J Environ Res Public Health.* 2017; 14: 435. DOI: 10.3390/ijerph14040435
- Simmonds M., Burch J., Llewellyn A. et al. The use of measures of obesity in childhood for predicting obesity and the development of obesity-related diseases in adulthood: a systematic review and meta-analysis. *Health Technol Assess.* 2015; 19 (43): 1–336. DOI: 10.3310/hta19430
- Simmonds M., Llewellyn A., Owen C.G. et al. Predicting adult obesity from childhood obesity: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev.* 2016; 17: 95–107. DOI: 10.1111/obr.12334
- Мамаев А.Н., Кудлай Д.А. Статистические методы в медицине. М.: Практическая медицина, 2021; 136 с. [Мамаев А.Н., Кудлай Д.А. Statisticheskie metody v meditsine. M.: Prakticheskaya meditsina, 2021; 136 p. (in Russ.)].

17.Самойлова Ю.Г., Кудлай Д.А., Подчиненова Д.В. и др. Биоимпедансметрия как метод диагностики висцерального ожирения в педиатрической практике. *Молекулярная медицина.* 2019; 6: 26–31 [Samoilova Yu.G., Kudlay D.A., Podchinenova D.V. et al. Bioimpedancemetry as a method for diagnosis of visceral obesity in pediatric practice. *Molekulyarnaya meditsina.* 2019; 6: 26–31 (in Russ.)]. DOI: 10.29296/24999490-2019-06-05

18. Graf C., Ferrari N. Metabolic Syndrome in Children and Adolescents. *Visc Med.* 2016; 32 (5): 357–62. DOI: 10.1159/000449268

19. Harrell J.S., Jessup A., Greene N. Changing our future: obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *J Cardiovasc Nurs.* 2006; 21: 322–30. DOI: 10.1097/00005082-200607000-00014

20. Османов Э.М., Маньяков Р.Р., Османов Р.Э. и др. Медицина 4 «П» как основа новой системы здравоохранения. *Вестник российских университетов. Математика.* 2017; 22 (6–2): 1680–5 [Osmanov E.M., Manyakov R.R., Osmanov R.E. et al. 4 «P» medicine as a basis of new system of public health. *Vestnik Rossiiskikh universitetov. Matematika.* 2017; 22 (6–2): 1680–5 (in Russ.)]. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-6-1680-1685

21. Подчиненова Д.В., Самойлова Ю.Г., Кобыкова О.С. и др. Оптимизация алгоритма профилактики и ранней диагностики метаболического синдрома и его предикторов. *Уральский медицинский журнал.* 2019; 11 (179): 51–5 [Podchinenova D.V., Samoilova Yu.G., Kobyakova O.S. et al. Optimization of the algorithm for the prevention and early diagnosis of metabolic syndrome and its predictors. *Ural'skii meditsinskii zhurnal.* 2019; 11 (179): 51–5 (in Russ.)]. DOI: 10.25694/URMJ.2019.12.11

BIOIMPEDANCE ANALYSIS AS A PROMISING SCREENING TECHNOLOGY IN CHILDREN

Professor **Yu. Samoilova**¹, MD; **D. Podchinenova**¹, Candidate of Medical Sciences; Professor **D. Kudlay**^{2,3}, MD; Associate Professor **O. Oleynik**¹, Candidate of Medical Sciences; Associate Professor **M. Matveeva**¹, MD; **M. Kovarenko**¹, Candidate of Medical Sciences; **E. Sagan**¹; **N. Diraeva**¹; **N. Denisov**¹

¹Siberian State Medical University, Ministry of Health of Russia, Tomsk

²State Research Center «Institute of Immunology», Federal Biomedical Agency of Russia, Moscow

³I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Ministry of Health of Russia

Objective: to develop a method for early non-invasive diagnosis of insulin resistance (IR) in pediatric practice.

Subjects and methods. The investigation involved 1,939 children and adolescents who were divided into 2 age strata: under 10 years (n=625) and 10 years and older (n=1314). Each examinee underwent a set of clinical and metabolic studies, which included anthropometric measurements, by calculating the body mass index standard deviation score, bioimpedancemetry with the determination of the main indicators of the body composition. In a random sample of 1859 examinees, serum insulin and glucose levels were determined, by estimating the homeostasis model assessment index of IR (HOMA-IR), C-peptide, leptin, and lipid spectrum. A correlation analysis was carried out to search for relationships between the studied bioimpedancemetric parameters and metabolic status. ROC analysis was used to calculate the threshold visceral fat area values associated with a high risk for IR.

Results. The statistical analysis revealed the threshold values of visceral fat area for bioimpedancemetry, which were associated with the risk of IR. The obtained procedure had the sensitivity and specificity, which were comparable to those of the HOME index.

Conclusion. Application of bioimpedancemetry as a screening method for identifying a risk group among children and adolescents with different body weights will be able to implement timely therapeutic and preventive measures.

Key words: pediatric, childhood obesity, insulin resistance, bioimpedancemetry, visceral obesity.

For citation: Samoilova Yu., Podchinenova D., Kudlay D. et al. Bioimpedance analysis as a promising screening technology in children. *Vrach.* 2021; 32 (7): 32–38. <https://doi.org/10.29296/25877305-2021-07-05>

Об авторах/About the authors: Samoilova Yu.G. ORCID: 0000-0002-2667-4842; Podchinenova D.V. ORCID: 0000-0001-6212-4568; Kudlay D.A. ORCID: 0000-0003-1878-4467; Oleynik O.A. ORCID: 0000-0002-2915-384X; ORCID: Matveeva M.V. ORCID: 0000-0001-9966-6686; Kovarenko M.A. ORCID: 0000-0002-5012-0364; Sagan E.V. ORCID: 0000-0002-5434-4429; Diraeva N.M. ORCID: 0000-0003-3829-1176; Denisov N.S. ORCID: 0000-0003-1025-1674