

**БИОИМПЕДАНСОМЕТРИЯ В ОЦЕНКЕ НУТРИТИВНОГО СТАТУСА ШКОЛЬНИКОВ  
ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Е.И. БЕЛКИНА, Т.А. КУЗНЕЦОВА

*ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», медицинский институт,  
ул. Комсомольская, д. 39а, Орел, 302026, Россия, e-mail: eereemeva@icloud.com*

**Аннотация.** В статье приведены результаты обследования 319 учащихся средних школ Орловской области выездной бригадой Центра здоровья для детей, которым проводились измерение роста, массы тела, с последующим расчетом индекса массы тела, биоимпедансометрия по тетраполярной методике. По данным биоимпедансометрии высокое содержание жира в организме достоверно чаще выявляется у девочек, чем у мальчиков, при этом у девочек процент содержания жира с возрастом увеличивается, а у мальчиков уменьшается. Мышечная ткань больше развита у мальчиков, чем у девочек. Дефицит белка в питании, по данным биоимпедансометрии, выявлен у каждого десятого школьника. Рассчитана чувствительность (у мальчиков 96,4%, у девочек 85,9%) и специфичность индекса массы тела (у мальчиков 59,0%, у девочек 54,1%). Рассчитаны референтные значения индексов жирового (у мальчиков от 0,38кг/м<sup>2</sup> до 9,29кг/м<sup>2</sup>, медиана 3,31кг/м<sup>2</sup>; у девочек от 1,51кг/м<sup>2</sup> до 14,84кг/м<sup>2</sup>, медиана 4,97кг/м<sup>2</sup>) и безжирового компонентов массы тела (у мальчиков от 11,37кг/м<sup>2</sup> до 22,37кг/м<sup>2</sup>, медиана 16,31кг/м<sup>2</sup>; у девочек от 10,87кг/м<sup>2</sup> до 21,00кг/м<sup>2</sup>, медиана 14,40кг/м<sup>2</sup>) для детей 6-17 лет.

**Ключевые слова:** школьники; нутритивный статус; биоимпедансометрия; индекс массы тела; индекс жирового компонента массы тела; индекс безжирового компонента массы тела.

**BIOIMPEDANCEMETRY IN ASSESSMENT OF NUTRITIVE STATUS OF  
SCHOOLCHILDREN OF OREL REGION**

E.I. BELKINA, T.A. KUZNETSOVA

*FSBOI HE «Orel State University named after I.S. Turgenev», Medical Institute,  
Komsomol'skaya str, 39a, 302026, Orel, Russia, e-mail: eereemeva@icloud.com*

**Abstract.** The article presents the results of a survey of 319 secondary school students in the Orel region by the visiting team of the Health Center for Children, who measured height, weight, followed by the calculation of the body mass index, bioimpedanceometry according to the tetrapolar technique. According to bioimpedanceometry, a high fat content in the body is more often detected in girls than in boys, while in girls the percentage of fat increases with age and in boys decreases. Muscular tissue is more developed in boys than in girls. Deficiency of protein in the diet, according to bioimpedanceometry, is revealed in every tenth pupil. The sensitivity of body mass index was calculated (in boys, 96.4%, in girls 85.9%), and the specificity of the body mass index (in boys 59.0%, in girls 54.1%). The reference values of the fat mass index (for boys from 0.38 kg / m<sup>2</sup> to 9.29 kg / m<sup>2</sup>, median 3.31 kg / m<sup>2</sup>, for girls from 1.51 kg / m<sup>2</sup> to 14.84 kg / m<sup>2</sup>, median 4.97 kg / m<sup>2</sup>) and fat free mass index (in boys from 11.37 kg / m<sup>2</sup> to 22.37 kg / m<sup>2</sup>, median 16.31 kg / m<sup>2</sup>, in girls from 10.87 kg / m<sup>2</sup> to 21.00 kg / m<sup>2</sup>, median 14.40 kg / m<sup>2</sup>) were presented for children 6-17 years old.

**Key words:** schoolchildren; nutritional status; bioimpedanceometry; body mass index; fat mass index; fat free mass index.

**Введение.** Нарушения нутритивного статуса в виде избытка или дефицита массы тела оказывают негативное влияние на здоровье ребенка. Исследования по оценке нутритивного статуса с использованием *индекса массы тела* (ИМТ) в отечественной литературе представлены достаточным количеством работ как педиатрического [7], так и гигиенического профиля [8]. Однако, данный показатель не позволяет определить, за счет каких компонентов он изменен. Дифференцированно и объективно оценить состав тела позволяет биоимпедансный анализ [21], оборудованием для которого оснащены Центры здоровья. В основе биоимпедансометрии лежит измерение электрического сопротивления биологических тканей, различающегося за счет разного содержания в них электролитов с последующим расчетом показателей состава тела с учетом антропометрических данных и использованием регрессионных уравнений. [1-3, 18]. Данный метод позволяет провести анализ состава тела человека в течение 3-5 минут, не требует дорогостоящего оборудования, практически не имеет противопоказаний и может быть использована при массовых исследованиях, в том числе, у детей с 4-6 лет [9, 10, 12, 13]. Биоимпедансный анализ нашел широкое применение в скрининговых исследованиях, проводимых в разных странах мира: в Норвегии

[11], США [15], Новой Зеландии [20], Китае [17, 25]. В Российской Федерации подобные исследования на детском контингенте проведены в Москве [5], Чебоксарах [9].

**Цель исследования:** оценить нутритивный статус школьников Орловской области с помощью индекса массы тела и биоимпедансометрии.

**Материалы и методы исследования.** Исследование проводилось на базе Центра здоровья для детей БУЗ Орловской области «Научно-клинический многопрофильный центр медицинской помощи матерям и детям им. З.И. Круглой» в рамках выездных акций. Были обследованы 319 учащихся средних школ Орловской области в возрасте 6-17 лет (мальчики – 150, девочки – 169), относящихся к I-III группам здоровья, методом одномоментного исследования без рандомизации. Всем школьникам проводились измерение роста, массы тела, окружностей талии и бедер по стандартным методикам с последующим расчетом ИМТ по программе, прилагающейся к биоимпедансометру. Эти данные дополнялись биоимпедансометрией, которая проводилась по тетраполярной методике с использованием биоимпедансометра «ABC-01 МЕДАСС», рекомендованного к применению в медицинской практике Комитетом по новой медицинской технике Министерством здравоохранения Российской Федерации (Протокол №1 от 26.05.1997г.). При этом у обследованных нами детей не было заболеваний, приведенных в списке состояний, которые, оказывая влияние на электропроводимость тканей, могут приводить к ошибкам в заключениях биоимпедансометрии [16].

Оценка композиции тела с помощью биоимпедансометрии проводилась по модели, представляющей жировой, безжировой и жидкостный компоненты состава тела [19, 22].

Первый компонент состава тела – *жировая масса* (ЖМ), представленная в виде абсолютного показателя в кг и процентного содержания жира в организме (%ЖМ). Изменения данных показателей показывают необходимость коррекции питания.

Показатель *безжировой (тощей) массы тела* (ТМ) представляет собой сумму костной ткани, скелетных мышц, внутренних органов и общей жидкости. Данный показатель рассматривается как стабильный, находящийся под жестким генетическим контролем и демонстрирующий конституциональные особенности организма. Снижение его наблюдается при истощении вследствие дефицита питания, тяжелых заболеваний [19, 24].

Показатель *активной клеточной массы* (АКМ) является одним из составных компонентов ТМ, и позволяет оценивать достаточность белкового компонента питания детей и особенности его усвоения. Другим составным компонентом ТМ является показатель *скелетно-мышечной массы* (СММ), характеризующий физическое развитие и уровень тренированности обследованных [19].

*Общая жидкость* (ОЖ), то есть общая вода организма, является третьим компонентом состава тела и состоит из *внутриклеточной* и *внеклеточной жидкости* (ВКЖ). Показатель внутриклеточной жидкости является стабильным и изменяется только при терминальных состояниях. Показатель ВКЖ представлен плазмой крови, интерстициальной жидкостью и жидкостями третьего пространства (желудочный сок, моча, жидкие фракции содержимого кишечника), высокий его уровень может свидетельствовать об отеках. Низкий показатель ВКЖ встречается при стремительном снижении веса, например, вследствие рвоты, диареи [19].

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с помощью компьютерных программ *R-среды* и *Microsoft Excel* [4, 6]. Достоверность различий сравниваемых величин определялась методом вычисления  $\chi^2$ -квadrat (при необходимости вводилась поправка Йетса). Также использовался метод парных корреляций. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05.

**Результаты и их обсуждение.**

Таблица 1

**Индекс массы тела у обследованных школьников**

ИМТ	Мальчики, n=150		Девочки, n=169		$\chi^2, p$
	Абс.	%	Абс.	%	
Норма	73	48,7	63	37,3	<b>4,214, p=0,004</b>
Больше нормы	57	38,0	65	38,5	0,001, p=0,975
Меньше нормы	20	13,3	41	24,2	<b>5,449, p=0,02</b>

Примечание: n – объем выборки, p – достигнутый уровень значимости с помощью распределения  $\chi^2$  Пирсона с поправкой Йетса (при критическом уровне значимости принятым равным  $p>0,05$ )

Нормальные значения ИМТ выявлены у половины мальчиков (48,7%), что оказалось достоверно чаще, чем у девочек (37,3%). В то же время низкие значения ИМТ, свидетельствующие о дефиците

массы тела, достоверно чаще выявлены у девочек, чем у мальчиков (24,2% и 13,3%). Высокие значения ИМТ, свидетельствующие об избытке массы тела, выявлены менее чем у половины обследованных (38,0-38,5%), без достоверных различий по полу.

Таблица 2

**Показатели жировой массы у обследованных школьников по данным биоимпедансометрии**

		Мальчики, n=150		Девочки, n=169		$\chi^2, p$
		Абс.	%	Абс.	%	
ЖМ	Норма	104	69,3	97	57,4	<b>4,360, p=0,037</b>
	Больше нормы	24	16,0	61	36,1	<b>15,405, p=8,68e-05</b>
	Меньше нормы	22	14,7	11	6,5	<b>4,856, p=0,003</b>
%ЖМ	Норма	86	57,3	66	39,9	<b>9,925, p=0,002</b>
	Больше нормы	49	32,7	103	60,1	<b>24,357, p=8,00e-07</b>
	Меньше нормы	15	10,0	-	-	-

Нормальные значения показателей как абсолютного, так и относительного показателей жировой массы (ЖМ и %ЖМ), достоверно чаще выявлены у мальчиков, чем у девочек (69,3% и 57,4%; 57,3% и 39,9% соответственно). Высокие значения показателей жировой массы (ЖМ и %ЖМ) достоверно чаще выявлены у девочек, чем у мальчиков (36,1% и 16,0%; 60,1% и 32,7% соответственно). В то же время низкие значения показателя ЖМ достоверно чаще выявлены у мальчиков, чем у девочек (14,7% и 6,5%), а низкие значения показателя %ЖМ выявлены только у мальчиков (10,0%).

Таблица 3

**Показатель безжировой массы у обследованных школьников по данным биоимпедансометрии**

ТМ	Мальчики, n=150		Девочки, n=169		$\chi^2, p$
	Абс.	%	Абс.	%	
Норма	143	95,4	157	92,9	0,462, p=0,497
Больше нормы	2	1,3	3	1,8	0,018, p=0,893
Меньше нормы	5	3,3	9	5,3	0,352, p=0,553

Практически у всех обследованных детей, вне зависимости от пола, выявлены нормальные значения показателя безжировой массы, что обусловлено стабильностью, генетической детерминированностью данного показателя.

Таблица 4

**Показатель активной клеточной массы у обследованных школьников по данным биоимпедансометрии**

АКМ	Мальчики, n=150		Девочки, n=169		$\chi^2, p$
	Абс.	%	Абс.	%	
Норма	132	88,0	146	86,4	0,068, p=0,794
Больше нормы	3	2,0	5	3,0	0,035, p=0,851
Меньше нормы	15	10,0	18	10,6	0,000, p=1,000

Нормальные значения показателя АКМ выявлены у большинства обследованных детей (86,4-88,0%), что говорит о достаточности белка в питании и нормальном его усвоении. Низкие значения показателя АКМ выявлены у каждого десятого школьника (10,0-10,6%), что свидетельствует о недостаточном количестве белка в их рационе, так как заболеваний, приводящих к нарушениям усвоения белка в организме у обследованных, в ходе нашего исследования не было выявлено.

Показатель скелетно-мышечной массы у обследованных школьников по данным биоимпедансометрии

СММ	Мальчики, n=150		Девочки, n=169		$\chi^2, p$
	Абс.	%	Абс.	%	
Норма	125	83,3	168	99,4	<b>25,325, p=4,844e-07</b>
Больше нормы	25	16,7	-	-	-
Меньше нормы	-	-	1	0,6	-

Нормальные значения показателя СММ достоверно чаще выявлены у девочек, чем у мальчиков (99,4% и 83,3%), а высокие значения СММ выявлены только у мальчиков (16,7%). Эти данные показывают, что мышечная масса у мальчиков развита значительно лучше, чем у девочек.

Показатели жидкостного компонента у обследованных школьников по данным биоимпедансометрии

		Мальчики, n=150		Девочки, n=169		$\chi^2, p$
		Абс.	%	Абс.	%	
ОЖ	Норма	141	94,0	156	92,3	0,140, p=0,708
	Больше нормы	5	3,3	5	3,0	0,017, p=0,896
	Меньше нормы	4	2,7	8	4,7	0,454, p=0,500
ВКЖ	Норма	137	91,3	138	81,7	<b>5,470, p=0,019</b>
	Больше нормы	13	8,7	31	18,3	<b>5,470, p=0,019</b>
	Меньше нормы	-	-	-	-	-

Как у мальчиков, так и у девочек нормальные значения показателя ОЖ выявлены в большинстве случаев (92,3%-94,0%), без достоверных различий по полу. Нормальные значения показателя ВКЖ также выявлены у большинства обследованных, однако, у мальчиков достоверно чаще, чем у девочек (91,3% и 81,7%). Соответственно, высокие значения показателя ВКЖ достоверно чаще выявлены у девочек, чем у мальчиков (18,3% и 8,7%), что может быть обусловлено избытком поваренной соли в питании.

При проведении корреляционного анализа как у мальчиков, так и у девочек выявлены прямые корреляционные связи возраста с показателями:

- ЖМ ( $r=0,27-0,51, p<0,05$ ),
- ТМ ( $r=0,73-0,83, p<0,05$ ),
- АКМ ( $r=0,72-0,82, p<0,05$ ),
- СММ ( $r=0,79-0,87, p<0,05$ ),
- ОЖ ( $r=0,71-0,86, p<0,05$ ),
- ВКЖ ( $r=0,71-0,81, p<0,05$ ).

У мальчиков выявлена обратная корреляционная связь возраста с процентом содержания жира в организме (%ЖМ) ( $r=-0,33, p<0,05$ ), а у девочек – прямая ( $r=0,31, p<0,05$ ). Таким образом, процент содержания жира в организме у мальчиков с возрастом уменьшается, а у девочек увеличивается.

Нами отмечено, что у некоторых детей с отклонениями ИМТ от нормы показатели биоимпедансометрии были в пределах нормы, а у детей с нормальными значениями показателя ИМТ по показателям биоимпедансометрии выявлены отклонения. Высокий показатель ИМТ был обусловлен высокими значениями показателей ЖМ и %ЖМ у 23 мальчиков, 50 девочек. У остальных обследованных высокие значения ИМТ сочетались с нормальными показателями биоимпедансометрии, высокими значениями показателей ТМ, АКМ, СММ, ОЖ, ВКЖ. Низкие значения ИМТ сочетались с низкими значениями показателя ТМ у 4 мальчиков, 11 девочек, у остальных – с нормальными показателями ТМ, ЖМ и %ЖМ.

В этой связи нами рассчитана чувствительность и специфичность ИМТ. Так, чувствительность ИМТ для мальчиков составила 96,4%, для девочек – 85,9%, а специфичность ИМТ у мальчиков – 59,0%, у девочек – 54,1%. Таким образом, показатель ИМТ является чувствительным, то есть позволяет выявить детей с отклонениями массы тела, однако низкоспецифичным, то есть не позволяет дифференцированно оценить, за счет какого компонента этот показатель имеет отклонения.

В этой связи нами рассчитаны референтные значения индексов жирового и безжирового компонентов массы тела – *fat mass index (FMI)* и *fat free mass index (FFMI)* для детей школьного возраста. В

зарубежных исследованиях, проведенных в США, Саудовской Аравии, Швейцарии подтверждена целесообразность использования данных индексов как предикторов ожирения на взрослом и детском контингенте [14, 18, 21, 23, 26]. Индекс жирового компонента массы тела рассчитывался как отношение жировой массы в килограммах к росту в метрах, возведенному в квадрат, а индекс безжирового компонента массы тела как отношение тощей массы в килограммах к росту в метрах, возведенному в квадрат.

Таблица 7

**Референтные значения индексов жирового и безжирового компонентов массы тела**

	<i>FMI</i>		<i>FFMI</i>	
	Мальчики, кг/м <sup>2</sup>	Девочки, кг/м <sup>2</sup>	Мальчики, кг/м <sup>2</sup>	Девочки, кг/м <sup>2</sup>
Минимальное значение (квартиль 0)	0,38	1,51	11,37	10,87
Квартиль 1	2,51	3,62	14,69	13,20
Медиана (квартиль 2)	3,31	4,97	16,31	14,40
Квартиль 3	4,05	6,51	17,96	15,60
Максимальное значение (квартиль 4)	9,29	14,84	22,37	21,00

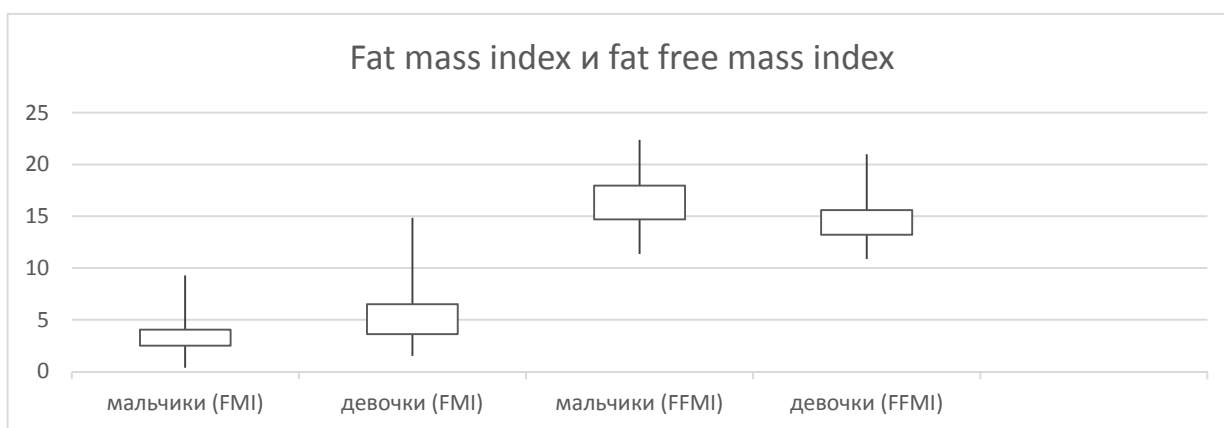


Рис.1. Индекс жирового и безжирового компонента

Медиана *FMI* оказалась больше у девочек, а медиана показателя *FFMI* – у мальчиков, что, по нашему мнению, отражает большую значимость жировой ткани для организма девочек, а мышечной – для мальчиков.

**Выводы:**

1. Биоимпедансометрия позволяет дифференцированно оценивать состав тела детей с учетом половых и возрастных особенностей.
2. При оценке нутритивного статуса детей, с учетом низкой специфичности индекса массы тела, целесообразно дополнять расчеты индексами жирового и безжирового компонентов массы тела.

**Литература**

1. Архангельская А.Н., Самусенков В.О., Самусенкова Е.И., Самусенков О.И., Рогозная Е.В., Игнатов Н.Г., Гуревич К.Г. Влияние различных факторов на распространенность избыточной массы тела и ожирения среди лиц опасных профессий // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №4. Публикация 2-13. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-4/2-13.pdf> (дата обращения: 08.11.2016). DOI: 12737/23042.
2. Архангельская А.Н., Скотникова Ю.В., Бурдюкова Е.В., Игнатов Н.Г., Рогозная Е.В., Самусенков О.И., Гуревич К.Г. Избыточная масса тела и гиподинамия как факторы риска развития патологии сердечно-сосудистой системы у детей и подростков // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т.23, №1. С. 71–76.

3. Архангельская А.Н., Стулина Д.Д., Матосян К.А., Бурдюкова Е.В., Оранская А.Н., Гуревич К.Г. Анализ сходимости значений некоторых оценок компонентного состава тела, полученных на двух приборах для биоимпеданса // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т.23, №1. С. 62–67.
4. Гржибовский А.М., Иванов С.В., Горбатова М.А. Описательная статистика с использованием пакетов статистических программ STATISTICA и SPSS // Наука и здравоохранение. 2016. №1. С.7-23.
5. Ермакова И.В., Бурая Т.И., Сельверова Н.Б. Физическое развитие, компонентный состав тела и уровень ДГЭА у детей 9-15 лет в период полового созревания // Новые исследования. 2013. Т.1, №34. С. 102–111.
6. Еськов К.А., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Живые системы с позиций теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т.22, №3. С. 25–30.
7. Кузнецова Т.А., Рязанцева О.Г. Соматический статус и физическое развитие детей, воспитывающихся в интернатных условиях // Ученые записки Орловского государственного университета. 2009. №2. С. 148–153.
8. Раппопорт И.К., Сергеева А.А., Чубаровский В.В. Состояние здоровья младших школьников и роль гигиенических и социальных факторов в его формировании (на примере сельских школ Вяземского района Смоленской области) // Российский педиатрический журнал. 2011. №6. С. 54–57.
9. Строганова Н.Н., Козлов В.А., Смелова Т.П., Павлов А.А. Распространенность нарушения состава тела детей г. Чебоксары // Медицинские науки. 2012. №11. С. 17–20.
10. Эдлеева А.Г., Хомич М.М., Леонова И.А., Богданов В.А. Биоимпедансометрия как метод оценки компонентного состава тела у детей старше 5 лет // Детская медицина Северо-Запада. 2011. Т.3, №2. С. 30–35.
11. Anders Aandstad, MSc, Kristian Holtberget, MSc, Rune Hageberg, MSc, Ingar Holme, PhD, Sigmund A. Anderssen, PhD. Validity and Reliability of Bioelectrical Impedance Analysis and Skinfold Thickness in Predicting Body Fat in Military Personnel // Military medicine. 2014. №179(2). P. 208–217.
12. Atherton R.R., Williams J.E., Wells J.C.K., Fewtrell M.S. Use of fat mass and fat free mass standard deviation scores obtained using simple measurement methods in healthy children and patients: comparison with the reference 4-component model // PLoS One. 2013. №5(8). P. 62–139.
13. Böhm A., Heitmann B.L. The use of bioelectrical impedance analysis for body composition in epidemiological studies // European Journal of Clinical Nutrition. 2013. №1(67). P. 79–85.
14. Burton R. F. The fat mass index: why its height exponent should be and not // American Society for Nutrition. 2013. №3(50). P. 117–128.
15. Elizabeth M., Gladys Strain Widen, Wendy C. King et al. Validity of Bioelectrical Impedance Analysis for Measuring Changes in Body Water and Percent Fat After Bariatric Surgery // Obese Surgery. 2014. №6(24). P. 847–854.
16. Kylea U.G. Ingvar Bosaeb, Antonio D. De Lorenzoc et al. Bioelectrical impedance analysis—part II: utilization in clinical practice // Clinical Nutrition. 2004. №23. P. 1430–1453.
17. Yi-Chun Li, Chia-Ing Li, Wen-Yuan Lin et al. Percentage of Body Fat Assessment Using Bioelectrical Impedance Analysis and Dual-Energy X-ray Absorptiometry in a Weight Loss Program for Obese or Overweight Chinese Adults // PLoS ONE. 2013. №8(4). e58272. DOI:10.1371/journal.pone.0058272.
18. Mahmoud Mustafa Ali Abulmeaty, Ali Madi Almajwal, Mohammed Abdullah Alsaif, Heba Mohammed Zaher Hassan, Sarah Khalid Almansour. Impedancemetry vs. anthropometry in the prediction of body adiposity and obesity diagnosis // Progress in nutricion. 2016. №18(1). P. 39–45.
19. Mialich M.S., J.M.F.Sicchieri, A.A.J. Junior. Analysis of body composition: A critical review of the use of bioelectrical impedance analysis // International Journal of Clinical Nutrition. 2014. №2. P.1–10.
20. Pamela R. von Hurst, Daniel C.I. Walsh, Cathryn A. Conlon et al. Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis to estimate body fat percentage against air displacement plethysmography and dual-energy X-ray absorptiometry // Nutrients. 2016. №2(73). P. 197–204.
21. Gerson Peltz, Maria Teresa Aguirre, Maureen Sanderson, Mary K. Fadden. The role of fat mass index in determining obesity // Human Biology. 2010. №22(5).P.639–647.
22. Sami F. Khalil, Mas S. Mohktar, Fatimah Ibrahim. The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases // Sensors (Basel). 2014. №14(6). P. 10895–10928.
23. Schutz Y., Kyle U.U.G., Pichard C. Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18–98y // International Journal of Obesity. 2002. №26. P. 953–960.
24. Thibault R., Genton L., Pichard C. Body composition: Why, when and for who? // Clinical Nutrition. 2012. №31. P. 435–447.
25. Ching S Wan, Leigh C. Ward, Jocelyn Halim et al. Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition, and change in adiposity, in overweight and obese adolescents: comparison with dual-energy x-ray absorptiometry // BMC Pediatrics. 2014. №3. P. 14–249.

26. Weber D.R., Moore R.H., Leonard M.B., Zemel B.S. Fat and lean BMI reference curves in children and adolescents and their utility in identifying excess adiposity compared with BMI and percentage body fat // *American Journal of Clinical Nutrition*. 2013. №98(49). P. 56.

### References

1. Arkhangel'skaya AN, Samusenkov VO, Samusenkova EI, Samusenkov OI, Rogoznaya EV, Ignatov NG, Gurevich KG. vliyanie razlichnykh faktorov na rasprostranennost' izbytochnoy massy tela i ozhireniya sredi lits opasnykh professiy [The influence of various factors on the prevalence of overweight and obesity among people in hazardous occupations]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie*. 2016 [cited 2016 Nov 08];4 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-4/2-13.pdf>. DOI: 12737/23042.
2. Arkhangel'skaya AN, Skotnikova YV, Burdyukova EV, Ignatov NG, Rogoznaya EV, Samusenkov OI, Gurevich KG. Izbytochnaya massa tela i gipodinamiya kak faktory riska razvitiya patolo-gii serdechno-sosudistoy sistemy u detey i podrostkov [Overweight and hypodynamia as risk factors for the development of cardiovascular pathology in children and adolescents]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2016;23(1):71-6. Russian.
3. Arkhangel'skaya AN, Stulina DD, Matosyan KA, Burdyukova EV, Oranskaya AN, Gurevich KG. Analiz skhodimosti znacheniy nekotorykh otsenok komponentnogo sostava tela, poluchennykh na dvukh priborakh dlya bioimpedansa [An analysis of the convergence of the values of certain estimates of the component composition of the body obtained on two instruments for bioimpedance]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2016;23(1):62-7. Russian.
4. Grzhibovskij AM, Ivanov SV, Gorbatova MA. Descriptive statistics using statistical software packages STATISTICA and SPSS. *Nauka i zdravoohranenie*. 2016;1:7-23. Russian.
5. Ermakova IV, Buraya TI, Sel'verova NB. Physical development, the component composition of the body and the level of DHEA in children 9-15 years of age during puberty. *Novye issledovaniya*. 2013;1(34):102-11. Russian.
6. Es'kov KA, Hadarcev AA, Filatova OE, Hadarceva KA. Living systems from the standpoint of the theory of chaos-self-organization. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2015;22(3):25-30. Russian.
7. Kuznetsova TA, Ryazantseva OG. Somatic status and physical development of children brought up in boarding conditions. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2009;2:148-53. Russian.
8. Rappoport IK, Sergeeva AA, Chubarovskij VV. State of health of junior schoolchildren and the role of hygiene and social factors in its formation (on the example of rural schools in Vyazemsky district, Smolensk region) *Rossiiskij pediatricheskij zhurnal*. 2011;6:54-7. Russian.
9. Stroganova NN, Kozlov VA, Smelova TP, Pavlov AA. Prevalence of disorders of the body composition of children Cheboksary. *Meditsinskie nauki*. 2012;11:17-20. (In Russian)
10. Jedleeva AG, Khomich MM, Leonov IA, Bogdanov VA.. Bioimpedance as a method of evaluating a component of body composition in children older than 5 years. *Detskaja medicina Severo-Zapada*. 2011;3(3):30-5. Russian.
11. Anders Aandstad, MSc, Kristian Holtberget, MSc, Rune Hageberg, MSc, Ingar Holme, PhD, Sigmund A. Anderssen, PhD. Validity and Reliability of Bioelectrical Impedance Analysis and Skinfold Thickness in Predicting Body Fat in Military Personnel. *Military medicine*. 2014;179(2):208-17.
12. Atherton RR, Williams JE, Wells JCK, Fewtrell MS. Use of fat mass and fat free mass standard deviation scores obtained using simple measurement methods in healthy children and patients: comparison with the reference 4-component model. *PLoS One*. 2013;5(8):62-139.
13. Böhm A, Heitmann BL. The use of bioelectrical impedance analysis for body composition in epidemiological studies. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2013;1(67):79-85.
14. Burton RF. The fat mass index: why its height exponent should be and not. *American Society for Nutrition*. 2013;3(50):117-28.
15. Elizabeth M, Gladys Strain Widen, Wendy C. King . Validity of Bioelectrical Impedance Analysis for Measuring Changes in Body Water and Percent Fat After Bariatric Surgery. *Obese Surgery*. 2014;6(24):847-54.
16. Kylea UG. Ingvar Bosaeusb, Antonio D. De Lorenzoc et al. Bioelectrical impedance analysis—part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*. 2004;23:1430-53.
17. Yi-Chun Li, Chia-Ing Li, Wen-Yuan Lin. Percentage of Body Fat Assessment Using Bioelectrical Impedance Analysis and Dual-Energy X-ray Absorptiometry in a Weight Loss Program for Obese or Overweight Chinese Adults. *PLoS ONE*. 2013;8(4). e58272. DOI:10.1371/journal.pone.0058272.
18. Mahmoud Mustafa Ali Abulmeaty, Ali Madi Almajwal, Mohammed Abdullah Alsaif, Heba Mohammed Zaher Hassan, Sarah Khalid Almansour. Impedancemetry vs. anthropometry in the prediction of body adiposity and obesity diagnosis. *Progress in nutricion*. 2016;18(1):39-45.

19. Mialich MS, Sicchieri JMF, Junior AAJ. Analysis of body composition: A critical review of the use of bioelectrical impedance analysis. *International Journal of Clinical Nutrition*. 2014;2:1-10.

20. Pamela R. von Hurst, Daniel CI. Walsh, Cathryn A. Conlon . Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis to estimate body fat percentage against air displacement plethysmography and dual-energy X-ray absorptiometry. *Nutrients*. 2016;2(73):197-204.

21. Gerson Peltz, Maria Teresa Aguirre, Maureen Sanderson, Mary K. Fadden. The role of fat mass index in determining obesity. *Human Biology*. 2010;22(5):639-47.

22. Sami F. Khalil, Mas S. Mohktar, Fatimah Ibrahim. The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases. *Sensors (Basel)*. 2014;14(6):10895-928.

23. Schutz Y, Kyle UUG, Pichard C. Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18–98y. *International Journal of Obesity*. 2002;26:953-60.

24. Thibault R, Genton L, Pichard C. Body composition: Why, when and for who? *Clinical Nutrition*. 2012;31:435-47.

25. Ching S Wan, Leigh C. Ward, Jocelyn Halim. Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition, and change in adiposity, in overweight and obese adolescents: comparison with dual-energy x-ray absorptiometry. *BMC Pediatrics*. 2014;3:14-249.

26. Weber DR, Moore RH, Leonard MB, Zemel BS. Fat and lean BMI reference curves in children and adolescents and their utility in identifying excess adiposity compared with BMI and percentage body fat. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2013;98(49):56.

---

**Библиографическая ссылка:**

Белкина Е.И., Кузнецова Т.А. Биоимпедансометрия в оценке нутритивного статуса школьников Орловской области // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №3. Публикация 7-1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/7-1.pdf> (дата обращения: 12.07.2017). DOI: 10.12737/article\_596c5cb0422fb8.04230572.