

УДК 316.4
DOI: 10.47619/2713-2617.zm.2024.v.5i4p2;259-271

Разработка критериев оценки нутритивного статуса у московских детей и подростков по данным биоимпедансных измерений

С.Г. Руднев¹, А.Е. Иванова¹, Е.З. Година², А.В. Зубко³, В.И. Стародубов⁵

¹ Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента Департамента здравоохранения города Москвы, 115088, Россия, г. Москва, ул. Шарикоподшипниковская, д. 9

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт и Музей антропологии, 125009, Россия, г. Москва, ул. Моховая, д. 11

³ Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения Минздрава России, 127254, Россия, г. Москва, ул. Добролюбова, д. 11

Аннотация

Введение. Оценка состава тела играет важную роль при характеристике физического развития и мониторинге состояния здоровья, в диагностике нарушений нутритивного статуса и рисков развития заболеваний.

Цель исследования – разработка критериев оценки нутритивного статуса у московских детей и подростков по данным биоимпедансных измерений.

Материалы и методы. Использовались данные неклинического поперечного наблюдательного исследования состава тела детей и подростков 5–17 лет методом биоимпедансометрии в центрах здоровья Москвы за 2010–2019 гг. Общее число обследованных составило 115 200 человек, в том числе 61 430 мальчиков и 53 770 девочек. Измерения проводили с использованием биоимпедансных анализаторов по стандартной четырехэлектродной схеме в положении пациентов лежа на спине с креплением одноразовых биоадгезивных ЭКГ электродов в области лучезапястного и голеностопного суставов. Критерии оценки относительного содержания жира в теле получали на основе оценок процентного содержания жира в массе тела (%ЖМ) и индекса жировой массы (иЖМ) путем расчета отрезных точек в соответствии с центилями пороговых значений ИМТ согласно критериям IOTF в половозрастных группах с последующим полиномиальным сглаживанием. Тем же способом получали критерии оценки относительного содержания тощей массы на основе значений индекса тощей массы (иТМ).

Результаты. Построены таблицы диагностики относительного уровня жираотложения и относительного содержания тощей массы у московских детей и подростков, получена оценка распространенности ожирения нормального веса.

Заключение. Полученные данные могут быть использованы в клинической, профилактической и спортивной медицине для диагностики и коррекции нарушений нутритивного статуса, а также при решении задач мониторинга физического развития.

Ключевые слова: дети и подростки; нутритивный статус; критерии оценки; индекс массы тела; состав тела

Для цитирования: Руднев, С. Г. Разработка критериев оценки нутритивного статуса у московских детей и подростков по данным биоимпедансных измерений / С.Г. Руднев, А.Е. Иванова, Е.З. Година, А.В. Зубко, В.И. Стародубов // Здоровье мегаполиса. – 2024. – Т. 5, вып. 4, ч. 2. – С. 259-271 – doi: 10.47619/2713-2617.zm.2024.v.5i4p2;259-271

© Авторы сохраняют за собой авторские права на эту статью.

© Это произведение доступно по лицензии Creative Commons Attribution-ShareAlike («Атрибуция-СохранениеУсловий») 4.0 Всемирная.

УДК 316.4
DOI: 10.47619/2713-2617.zm.2024.v.5i4p2;259-271

Development of Criteria for Assessing Nutritional Status in Moscow Children and Adolescents Using Bioimpedance Analysis Data

S.G. Rudnev¹, A.E. Ivanova¹, E.Z. Godina², A.V. Zubko³, V.I. Starodubov³

¹ Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management of Moscow Healthcare Department, 9, Sharikopodshipnikovskaya ul., 115088, Moscow, Russian Federation

² Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State University, 11, Mokhovaya str., 125009, Moscow, Russian Federation

³ Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of the Ministry of Health of the Russian Federation, 11, Dobrolyubova ul., 127254, Moscow, Russian Federation

Abstract

Background. Body composition assessment plays an important role in characterizing physical development, monitoring health status, diagnosing nutritional disorders, and assessing disease risks.

Objective. To develop the criteria for assessing nutritional status in Moscow children and adolescents using bioimpedance analysis data.

Materials and methods. The research used data from a non-clinical, cross-sectional, observational study on the body composition of children and adolescents aged 5–17 in Moscow health centers from 2010 to 2019 by the method of bioimpedance analysis. A total of 115,200 persons were assessed, including 61,430 boys and 53,770 girls. Bioimpedance measurements were taken using bioimpedance analyzers according to a standard four-electrode assessment scheme in the supine position with disposable bioadhesive ECG-electrodes placed on the patient's wrists and ankles. The relative fat mass (RFM) was assessed using the percentage of fat mass (%FM) and the fat mass index (FMI). The criteria for assessing RFM were the cut-offs of %FM and FMI calculated based on the centiles of BMI thresholds according to the IOTF age- and sex-specific criteria. Polynomial smoothing was then applied. In the same way, the criteria for assessing the relative fat-free mass (RFFM) were derived based on the cut-offs of the fat-free mass index (FFMI).

Findings. Diagnostic tables were designed to determine the RFM and RFFM in Moscow children and adolescents. The prevalence of normal weight obesity was assessed.

Conclusion. The study results can be used in clinical, preventive, or sports medicine to diagnose and correct nutritional status disorders as well as to monitor physical development.

Keywords: children and adolescents; nutritional status; assessment criteria; body mass index; body composition

For citation: Rudnev S.G., Ivanova A.E., Godina E.Z., Zubko A.V., Starodubov V.I. Development of Criteria for Assessing Nutritional Status in Moscow Children and Adolescents Using Bioimpedance Analysis Data. *City Healthcare*, 2024, vol. 5, iss. 4, part 2, pp. 259-271. doi: 10.47619/2713-2617.zm.2024.v.5i4p2;259-271

Введение

Оценка состава тела играет важную роль при характеристике физического развития и мониторинге состояния здоровья, в диагностике нарушений нутритивного статуса и рисков развития заболеваний [1, 2]. Параметры состава тела, такие как индекс жировой (иЖМ) и тощей массы (иТМ), составляют структуру индекса массы тела, используемого Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и национальными системами здравоохранения для эпидемиологической характеристики распространенности нарушений нутритивного статуса и сопутствующих патологий [3–5]. Отклонения показателей состава тела от нормы ассоциированы с повышенной тяжестью и увеличением частоты неблагоприятных исходов заболеваний [6, 7], а также с увеличением смертности [8]. Поэтому разработка критериев оценки нутритивного статуса на основе данных о составе тела представляет значительный интерес. Наиболее распространенным методом оценки состава тела является биоимпедансный анализ – высокоинформативный, оперативный и неинвазивный метод нутриметаболомики, пригодный для использования в популяционных и клинических исследованиях.

Цель исследования

Разработка критериев оценки нутритивного статуса у московских детей и подростков по данным биоимпедансных измерений.

Материалы и методы

Деперсонифицированные данные биоимпедансных измерений в центрах здоровья Москвы

за 2010–2019 гг. были получены в результате проведения нескольких этапов сбора данных согласно письмам ЦНИИОИЗ Минздрава России №7-5/1020 от 31.08.2020, №7-5/1498 от 17.12.2019, №7-5/1067 от 27.11.2017, №7-5/434 от 02.07.2015 и письму Минздрава России №14-1/10/2-3200 от 24.10.2012, а также выгрузки данных федерального информационного ресурса центров здоровья (ФИР ЦЗ) по состоянию на 7 июля 2014 г., осуществленной согласно договору между ЦНИИОИЗ и компанией «Софттраст» (г. Белгород) [9]. Как описано в статье [10], после объединения данных, удаления дубликатов измерений, неполных записей и повторных измерений пациента в ходе одного визита (за исключением последнего по времени измерения) к полученным данным с целью удаления выбросов и других типов некорректных данных применялся алгоритм экспертной оценки качества, реализованный в программном обеспечении HCViewer [11]. В сформированной таким образом базе данных биоимпедансометрии в центрах здоровья Москвы к возрастному диапазону 5–17 лет относилось 115 200 обследованных, включая 61 430 лиц мужского и 53 770 женского пола. Распределение группы обследованных по возрасту и полу представлено на рис. 1.

Распределение общего количества записей результатов измерений в базе данных по административным округам Москвы было неравномерным: 81,3% записей относились к Юго-Западному, Западному, Зеленоградскому, Южному и Северо-Западному административным округам, остальные 18,7% – к Восточному, Северо-Восточному, Юго-Восточному, Северному и Центральному административным округам (рис. 2). Новомосковский и Троицкий административные округа в рассматриваемом возрастном диапазоне данных представлены не были.

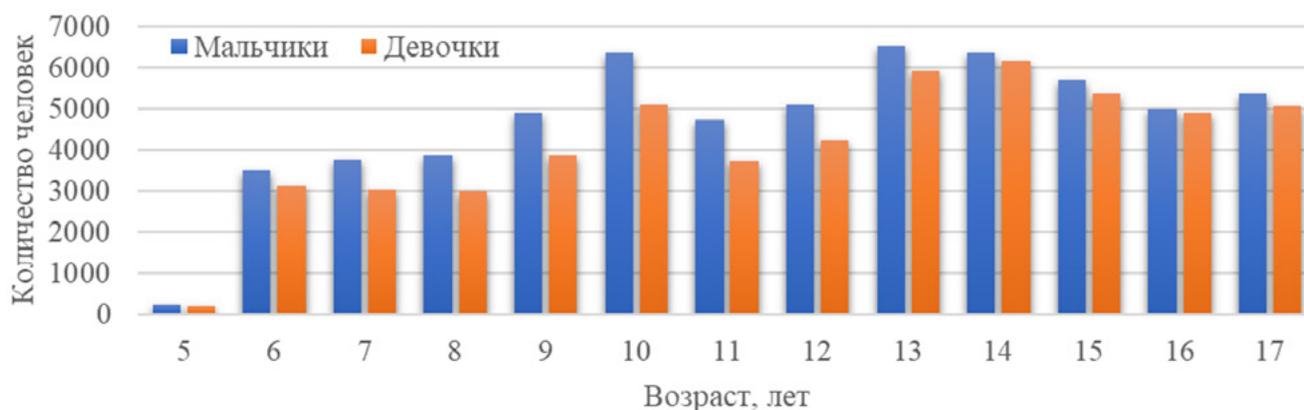


Рисунок 1 – Половозрастная структура группы обследованных (n = 115 200)
Figure 1 – Age-sex distribution of participants (n = 115,200)

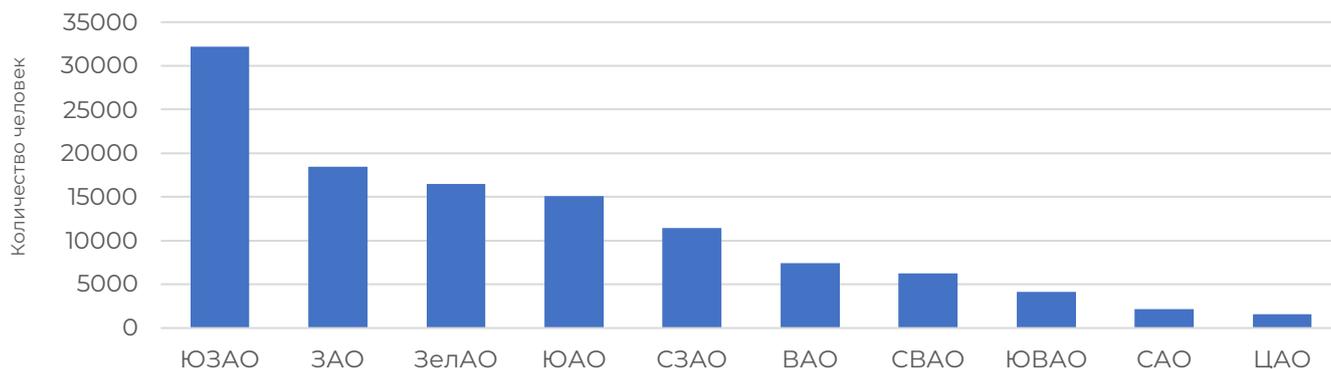


Рисунок 2 – Распределение общего количества обследованных по административным округам Москвы
Figure 2 – Distribution of participants by Moscow administrative okrugs

Все измерения выполнялись с использованием двухчастотных анализаторов состава тела ABC-01 «Медасс» (ООО НТЦ Медасс, г. Москва) по стандартной четырехэлектродной схеме в положении пациентов лежа на спине с креплением одноразовых биоадгезивных ЭКГ электродов в области лучезапястного и голеностопного суставов [12]. Массу (МТ) и длину тела (ДТ), как правило, определяли на автоматизированном аппаратно-программном комплексе «Здоровье-экспресс» (ЗАО МКС, г. Зеленоград): электронным ростомером с дискретностью измерений 0,1 см и на электронных весах с дискретностью измерений 0,1 кг. Тощую массу (ТМ) оценивали по формуле Noutkooper et al. [13]: $TM = 0,61 \times DT^2 / R50 + 0,25 \times MT + 1,31$, где R50 – измеренное значение активного сопротивления на частоте 50 кГц. Жировую массу тела (ЖМ) оценивали как разность между МТ и ТМ, а процентное содержание жира в массе тела (%ЖМ) – как $(ЖМ/МТ) \times 100\%$. Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывали как отношение МТ к квадрату ДТ ($кг/м^2$). Определяли индексы тощей (иТМ) и жировой массы (иЖМ) как отношение ТМ и ЖМ, соответственно, к квадрату ДТ ($кг/м^2$).

Критерии оценки относительного содержания жира в теле на основе значений %ЖМ и иЖМ

получали путем расчета отрезных точек в соответствии с центилями пороговых значений ИМТ в половозрастных группах согласно критериям IOTF [14], см. табл. 1. В сравнении с критериями ВОЗ [15], критерии IOTF классификации значений ИМТ отличаются более широким набором отрезных точек и, следовательно, возможностью более подробной характеристики нутритивного статуса, включая диагностику у детей и подростков морбидного ожирения (определяемого при ИМТ=35 $кг/м^2$ и выше в возрасте 18 лет и при эквивалентных значениях индекса в младших возрастных группах). Тем же способом получали критерии оценки относительного содержания тощей массы на основе значений иТМ. К получившимся зависимостям значений отрезных точек от возраста применялось полиномиальное сглаживание многочленами четвертой и третьей степени. На основе построенных критериев оценки нутритивного статуса оценивали распространенность в группе обследованных скрытого ожирения, характеризуемого высокими значениями %ЖМ при нормальных значениях ИМТ, в зависимости от возраста и пола. Статистическую обработку данных выполняли в пакетах программ Excel 2019 и Minitab 21.

Таблица 1 – Критерии IOTF диагностики избыточной массы тела, ожирения и истощения у детей и подростков на основе значений ИМТ [14]
Table 1 – IOTF criteria for diagnosing underweight, overweight, and obesity in children and adolescents based on BMI values [14]

Возраст, лет	Мальчики						Девочки					
	ИМТ 16*	ИМТ 17*	ИМТ 18,5*	ИМТ 25*	ИМТ 30*	ИМТ 35*	ИМТ 16*	ИМТ 17*	ИМТ 18,5*	ИМТ 25*	ИМТ 30*	ИМТ 35*
5,0	12,80	13,40	14,26	17,39	19,27	20,79	12,59	13,18	14,04	17,23	19,20	20,85
5,5	12,66	13,27	14,15	17,42	19,46	21,15	12,46	13,06	13,93	17,25	19,36	21,16
6,0	12,54	13,16	14,06	17,52	19,76	21,69	12,34	12,96	13,85	17,33	19,62	21,61
6,5	12,44	13,07	14,00	17,67	20,15	22,35	12,26	12,89	13,81	17,48	19,96	22,19
7,0	12,39	13,04	14,00	17,88	20,59	23,08	12,23	12,87	13,85	17,69	20,39	22,88

Таблица 1 (окончание)

Возраст, лет	Мальчики						Девочки					
	ИМТ 16*	ИМТ 17*	ИМТ 18,5*	ИМТ 25*	ИМТ 30*	ИМТ 35*	ИМТ 16*	ИМТ 17*	ИМТ 18,5*	ИМТ 25*	ИМТ 30*	ИМТ 35*
7,5	12,39	13,06	14,05	18,12	21,06	23,83	12,25	12,91	13,90	17,96	20,89	23,65
8,0	12,43	13,11	14,13	18,41	21,56	24,61	12,30	12,98	14,00	18,28	21,44	24,50
8,5	12,48	13,19	14,24	18,73	22,11	25,45	12,37	13,07	14,13	18,63	22,04	25,42
9,0	12,54	13,27	14,36	19,07	22,71	26,40	12,44	13,16	14,26	18,99	22,66	26,39
9,5	12,61	13,36	14,49	19,43	23,34	27,39	12,52	13,27	14,40	19,38	23,31	27,38
10,0	12,70	13,47	14,63	19,80	23,96	28,35	12,63	13,40	14,58	19,78	23,97	28,36
10,5	12,80	13,59	14,79	20,15	24,54	29,22	12,77	13,57	14,78	20,21	24,62	29,28
11,0	12,91	13,73	14,96	20,51	25,07	29,97	12,94	13,77	15,03	20,66	25,25	30,14
11,5	13,05	13,89	15,15	20,85	25,56	30,63	13,15	14,00	15,30	21,12	25,87	30,93
12,0	13,22	14,07	15,36	21,20	26,02	31,21	13,38	14,26	15,59	21,59	26,47	31,66
12,5	13,40	14,27	15,59	21,54	26,45	31,73	13,64	14,54	15,91	22,05	27,04	32,33
13,0	13,61	14,50	15,84	21,89	26,87	32,19	13,92	14,84	16,23	22,49	27,57	32,91
13,5	13,84	14,74	16,11	22,25	27,26	32,61	14,20	15,13	16,55	22,90	28,03	33,39
14,0	14,09	15,01	16,39	22,60	27,64	32,98	14,47	15,43	16,86	23,27	28,42	33,78
14,5	14,35	15,28	16,69	22,95	28,00	33,29	14,74	15,71	17,16	23,60	28,74	34,07
15,0	14,61	15,55	16,98	23,28	28,32	33,56	15,00	15,97	17,43	23,89	29,01	34,28
15,5	14,87	15,82	17,26	23,59	28,61	33,78	15,24	16,21	17,68	24,13	29,22	34,43
16,0	15,12	16,08	17,53	23,89	28,88	33,98	15,45	16,42	17,90	24,34	29,40	34,55
16,5	15,36	16,33	17,79	24,18	29,15	34,19	15,63	16,61	18,08	24,53	29,55	34,64
17,0	15,59	16,57	18,04	24,46	29,43	34,43	15,78	16,76	18,24	24,70	29,70	34,75
17,5	15,80	16,79	18,28	24,73	29,71	34,71	15,90	16,89	18,38	24,85	29,85	34,87

Примечание. * – пороговые значения ИМТ для рассматриваемых половозрастных групп соответствуют тому же центиллю, что и указанное значение ИМТ для возраста 18 лет.

Все обследования в центрах здоровья проводятся с соблюдением правил биомедицинской этики. Перед обследованием ребенка в центре здоровья его родитель или законный представитель подписывают информированное согласие на сбор, использование и обработку персональных данных. Подростки, достигшие возраста 14 лет и старше, заполняют аналогичный документ самостоятельно. В связи с применением стандартных методов диагностики и отсутствием медицинских вмешательств разрешения этического комитета не требовалось.

Результаты

В таблице 2 показаны зависящие от возраста и пола критерии оценки относительного жировоголожения на основе %ЖМ, а в таблице 3 – на основе иЖМ. Высокие и очень высокие значения %ЖМ и иЖМ интерпретированы как ожирение и морбидное ожирение соответственно, а очень низкие значения – как липодистрофия.

Таблица 2 – Критерии диагностики относительного содержания жира в теле на основе значений %ЖМ у детей и подростков
Table 2 – Criteria for diagnosing the relative fat mass based on %FM values in children and adolescents

Возраст, лет	Мальчики						Девочки					
	Липодистрофия	Низкое жиротгл.	Пониж. жиротгл.	Избыт. жиротгл.	Ожирение	Морб. ожирение	Липодистрофия	Низкое жиротгл.	Пониж. жиротгл.	Избыт. жиротгл.	Ожирение	Морб. ожирение
5,0	4,36	7,17	10,30	21,58	24,32	28,48	6,01	7,61	13,79	22,66	25,19	27,83
5,5	4,00	6,42	9,57	21,26	24,88	28,84	5,10	6,83	13,02	23,19	26,51	29,75
6,0	3,67	5,77	9,15	21,32	25,65	29,53	4,34	6,23	12,44	23,69	27,69	31,44
6,5	3,37	5,22	8,97	21,65	26,57	30,47	3,74	5,82	12,05	24,16	28,77	32,93
7,0	3,10	4,76	8,97	22,16	27,57	31,58	3,27	5,56	11,82	24,61	29,74	34,24
7,5	2,86	4,38	9,09	22,80	28,62	32,78	2,93	5,45	11,72	25,06	30,63	35,40
8,0	2,65	4,09	9,28	23,50	29,65	34,01	2,71	5,47	11,76	25,50	31,45	36,42
8,5	2,47	3,87	9,51	24,19	30,64	35,22	2,60	5,62	11,91	25,96	32,20	37,32
9,0	2,32	3,72	9,73	24,84	31,55	36,35	2,59	5,87	12,15	26,42	32,90	38,13
9,5	2,20	3,64	9,93	25,41	32,35	37,38	2,67	6,23	12,47	26,90	33,57	38,85
10,0	2,11	3,62	10,07	25,87	33,03	38,27	2,84	6,66	12,87	27,40	34,19	39,49
10,5	2,05	3,65	10,15	26,20	33,57	39,01	3,07	7,17	13,32	27,91	34,78	40,07
11,0	2,02	3,73	10,15	26,39	33,98	39,59	3,36	7,74	13,82	28,44	35,35	40,60
11,5	2,02	3,86	10,08	26,45	34,24	40,00	3,71	8,35	14,36	28,99	35,89	41,08
12,0	2,04	4,02	9,94	26,38	34,38	40,26	4,09	9,00	14,92	29,54	36,40	41,52
12,5	2,10	4,22	9,75	26,19	34,40	40,37	4,51	9,66	15,51	30,10	36,90	41,92
13,0	2,19	4,44	9,52	25,93	34,33	40,37	4,96	10,33	16,12	30,67	37,36	42,28
13,5	2,30	4,69	9,28	25,61	34,21	40,29	5,41	11,00	16,73	31,23	37,80	42,61
14,0	2,44	4,96	9,07	25,30	34,05	40,17	5,87	11,65	17,35	31,77	38,21	42,89
14,5	2,61	5,24	8,92	25,03	33,92	40,07	6,32	12,27	17,98	32,29	38,57	43,12
15,0	2,81	5,53	8,87	24,88	33,85	40,04	6,76	12,84	18,60	32,77	38,90	43,31
15,5	3,03	5,82	8,99	24,92	33,90	40,16	7,17	13,36	19,22	33,21	39,16	43,43
16,0	3,28	6,10	9,34	25,23	34,14	40,51	7,55	13,80	19,84	33,58	39,37	43,48
16,5	3,56	6,38	9,97	25,90	34,64	41,17	7,88	14,17	20,47	33,88	39,49	43,44
17,0	3,87	6,65	10,97	27,02	35,48	42,24	8,16	14,44	21,09	34,09	39,53	43,31
17,5	4,20	6,89	12,41	28,72	36,73	43,82	8,38	14,60	21,72	34,18	39,47	43,06

Примечание. Пороговые значения %ЖМ для рассматриваемых половозрастных групп соответствуют тому же центиллю, что и пороговое значение ИМТ в табл. 1.

Таблица 3 – Критерии диагностики относительного содержания жира в теле на основе значений ИЖМ у детей и подростков
Table 3 – Criteria for diagnosing the relative fat mass based on FMI values in children and adolescents

Возраст, лет	Мальчики						Девочки					
	Липодистрофия	Низкое жиротл.	Пониж. жиротл.	Избыт. жиротл.	Ожирение	Морб. ожирение	Липодистрофия	Низкое жиротл.	Пониж. жиротл.	Избыт. жиротл.	Ожирение	Морб. ожирение
5,0	0,59	1,05	1,57	3,64	4,55	6,04	0,73	0,95	1,87	3,72	4,87	5,69
5,5	0,56	0,95	1,43	3,58	4,67	6,07	0,63	0,87	1,82	3,85	5,11	6,14
6,0	0,52	0,86	1,35	3,60	4,89	6,29	0,56	0,82	1,78	3,97	5,38	6,62
6,5	0,50	0,79	1,32	3,70	5,18	6,66	0,50	0,78	1,75	4,11	5,67	7,12
7,0	0,47	0,73	1,32	3,86	5,52	7,14	0,45	0,77	1,73	4,25	5,97	7,64
7,5	0,44	0,68	1,34	4,04	5,89	7,70	0,42	0,77	1,73	4,40	6,29	8,17
8,0	0,42	0,64	1,38	4,25	6,28	8,30	0,41	0,80	1,74	4,57	6,63	8,70
8,5	0,40	0,61	1,43	4,46	6,67	8,91	0,41	0,84	1,76	4,74	6,97	9,24
9,0	0,38	0,60	1,49	4,67	7,06	9,51	0,42	0,89	1,81	4,93	7,32	9,77
9,5	0,37	0,59	1,54	4,86	7,42	10,08	0,44	0,96	1,87	5,13	7,67	10,30
10,0	0,36	0,59	1,58	5,04	7,75	10,60	0,48	1,04	1,94	5,34	8,03	10,81
10,5	0,35	0,60	1,62	5,18	8,05	11,07	0,52	1,13	2,04	5,56	8,38	11,30
11,0	0,35	0,61	1,64	5,30	8,31	11,47	0,57	1,23	2,15	5,79	8,73	11,78
11,5	0,35	0,64	1,66	5,39	8,53	11,80	0,63	1,34	2,27	6,03	9,07	12,23
12,0	0,35	0,67	1,66	5,45	8,71	12,06	0,70	1,45	2,40	6,27	9,40	12,64
12,5	0,36	0,71	1,66	5,49	8,86	12,25	0,77	1,57	2,55	6,52	9,71	13,03
13,0	0,38	0,75	1,65	5,51	8,97	12,38	0,84	1,70	2,71	6,76	10,01	13,38
13,5	0,40	0,80	1,64	5,52	9,06	12,46	0,92	1,82	2,87	7,00	10,29	13,69
14,0	0,43	0,86	1,63	5,53	9,13	12,51	1,00	1,95	3,04	7,24	10,55	13,96
14,5	0,46	0,92	1,64	5,55	9,19	12,54	1,09	2,08	3,21	7,46	10,78	14,18
15,0	0,50	0,99	1,66	5,59	9,26	12,58	1,17	2,21	3,38	7,67	10,99	14,35
15,5	0,55	1,06	1,71	5,68	9,36	12,65	1,25	2,33	3,54	7,85	11,16	14,48
16,0	0,61	1,13	1,80	5,83	9,49	12,79	1,33	2,45	3,69	8,01	11,30	14,55
16,5	0,67	1,21	1,94	6,05	9,68	13,02	1,41	2,56	3,82	8,13	11,41	14,56
17,0	0,74	1,29	2,14	6,38	9,95	13,39	1,49	2,67	3,94	8,22	11,47	14,52
17,5	0,82	1,37	2,42	6,83	10,33	13,94	1,55	2,77	4,03	8,26	11,49	14,42

Примечание. Пороговые значения ИЖМ для рассматриваемых половозрастных групп соответствуют тому же центиллю, что и пороговое значение ИМТ в табл. 1.

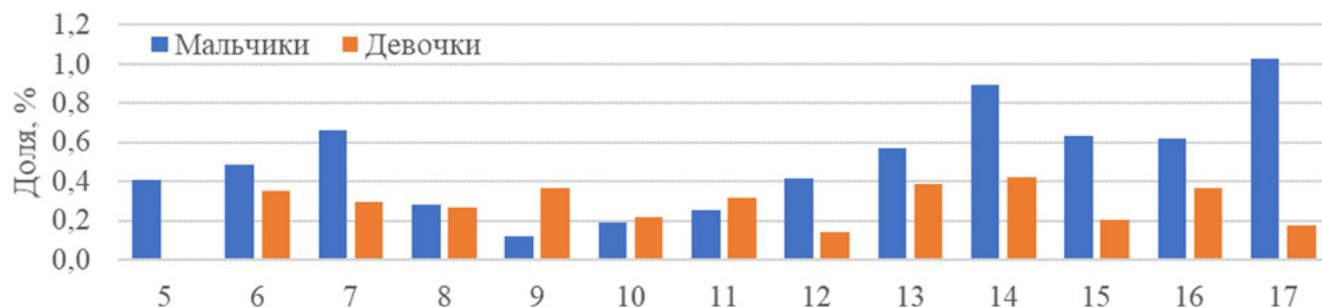


Рисунок 3 – Распространенность ожирения нормального веса среди московских детей и подростков в зависимости от возраста и пола
Figure 3 – Prevalence of normal weight obesity in Moscow children and adolescents depending on their age and sex

Для иллюстрации возможностей построенных критериев оценки параметров состава тела на рис. 3 приведены данные о распространенности ожирения нормального веса (ОНВ) в группе обследованных. Данное состояние ассоциировано с нормальными значениями ИМТ на фоне высокого относительного содержания жира в теле, которое определялось на основе приведенных в таблице 2 пороговых значений %ЖМ.

На рис. 3 видно, что у мальчиков наблюдаемая частота ОНВ за пределами возрастного интервала 8–11 лет была выше, чем у девочек. Средняя частота ОНВ у московских детей и подростков, по данным биоимпедансных измерений в центрах здоровья за 2010–2019 гг., составила 0,52% для мальчиков и 0,29% для девочек.

В дополнение к таблицам 2 и 3 в таблице 4 приведены биоимпедансные критерии оценки относительного содержания тощей массы на основе ИТМ.

Таблица 4 – Критерии диагностики относительной тощей массы на основе значений ИТМ у детей и подростков
Table 4 – Criteria for diagnosing the relative fat-free mass based on FFMI values in children and adolescents

Возраст, лет	Мальчики						Девочки					
	Оч. низкие знач.	Низкие знач.	Пониж. знач.	Повыш. знач.	Высокие знач.	Оч. высокие знач.	Оч. низкие знач.	Низкие знач.	Пониж. знач.	Повыш. знач.	Высокие знач.	Оч. высокие знач.
5,0	11,27	11,60	12,16	14,34	14,97	15,12	10,93	11,12	11,89	13,97	14,57	14,84
5,5	10,99	11,36	12,09	14,41	15,12	15,50	10,69	10,94	11,69	13,83	14,51	15,00
6,0	10,76	11,18	12,02	14,45	15,25	15,84	10,51	10,81	11,55	13,76	14,53	15,24
6,5	10,58	11,04	11,95	14,48	15,38	16,16	10,37	10,71	11,47	13,76	14,64	15,56
7,0	10,44	10,94	11,90	14,51	15,51	16,48	10,27	10,66	11,45	13,81	14,81	15,93
7,5	10,35	10,88	11,86	14,54	15,65	16,79	10,20	10,64	11,46	13,91	15,04	16,33
8,0	10,30	10,86	11,85	14,59	15,81	17,11	10,17	10,65	11,51	14,05	15,30	16,77
8,5	10,28	10,88	11,85	14,67	16,00	17,44	10,17	10,69	11,59	14,22	15,59	17,21
9,0	10,30	10,92	11,88	14,77	16,21	17,79	10,20	10,75	11,70	14,41	15,91	17,66
9,5	10,35	10,99	11,94	14,91	16,46	18,15	10,26	10,84	11,82	14,62	16,23	18,09
10,0	10,43	11,09	12,03	15,08	16,74	18,54	10,33	10,94	11,95	14,83	16,56	18,52
10,5	10,53	11,21	12,15	15,30	17,06	18,95	10,43	11,07	12,09	15,06	16,89	18,92
11,0	10,65	11,35	12,29	15,54	17,40	19,38	10,54	11,20	12,24	15,28	17,20	19,29
11,5	10,79	11,51	12,46	15,83	17,77	19,82	10,66	11,34	12,38	15,50	17,50	19,63
12,0	10,95	11,68	12,65	16,14	18,16	20,27	10,79	11,49	12,53	15,71	17,79	19,93

Таблица 4 (окончание)

Возраст, лет	Мальчики						Девочки					
	Оч. низкие знач.	Низкие знач.	Пониж. знач.	Повыш. знач.	Высокие знач.	Оч. высокие знач.	Оч. низкие знач.	Низкие знач.	Пониж. знач.	Повыш. знач.	Высокие знач.	Оч. высокие знач.
12,5	11,11	11,85	12,86	16,48	18,57	20,72	10,93	11,64	12,67	15,92	18,05	20,20
13,0	11,29	12,04	13,08	16,84	18,98	21,17	11,07	11,79	12,80	16,11	18,29	20,43
13,5	11,48	12,22	13,32	17,21	19,39	21,60	11,21	11,93	12,93	16,28	18,50	20,62
14,0	11,66	12,41	13,56	17,58	19,79	22,01	11,34	12,07	13,05	16,45	18,69	20,78
14,5	11,85	12,60	13,79	17,94	20,16	22,38	11,47	12,20	13,16	16,60	18,85	20,91
15,0	12,03	12,78	14,02	18,28	20,49	22,69	11,59	12,32	13,26	16,74	18,98	21,02
15,5	12,21	12,95	14,23	18,57	20,76	22,94	11,70	12,42	13,36	16,86	19,09	21,11
16,0	12,38	13,11	14,41	18,81	20,95	23,10	11,79	12,49	13,45	16,98	19,19	21,19
16,5	12,54	13,25	14,55	18,97	21,06	23,16	11,86	12,55	13,54	17,09	19,27	21,27
17,0	12,68	13,38	14,64	19,04	21,05	23,09	11,90	12,58	13,63	17,19	19,34	21,37
17,5	12,80	13,49	14,67	18,99	20,90	22,87	11,93	12,58	13,71	17,30	19,41	21,48

Примечание. Пороговые значения ИТМ для рассматриваемых половозрастных групп соответствуют тому же центиллю, что и пороговое значение ИМТ в табл. 1.

Обсуждение

В данном исследовании получены зависящие от возраста и пола критерии оценки относительного уровня жираотложения в терминах %ЖМ и иЖМ, а также относительного содержания тощей массы в терминах иТМ у московских детей и подростков. Построенные критерии согласованы с критериями IOTF диагностики значений ИМТ. Поэтому, например, полученные с использованием %ЖМ и иЖМ оценки распространенности ожирения в половозрастных группах совпадают с оценками распространенности ожирения на основе ИМТ согласно критериям IOTF. Одновременное использование показателя иТМ дает более полное представление об уровне физического развития, позволяет оценить состояние скелетно-мышечного развития, включая катаболические состояния, и выявить гипертрофию и гипотрофию мышечной ткани, что имеет значение для спортивной антропологии и клинической медицины. Массовость проведенного биоимпедансного обследования детей и подростков школьного возраста в центрах здоровья Москвы позволяет предположить репрезентативность использованных данных. Соответствующий вывод был получен ранее на основе сравнения данных центров здоровья Москвы за 2010–2012 гг. с результатами выборочных антропологических обследований, выполненных сотрудниками НИИ и Музея антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова в школах г. Москвы [16].

Структура индекса массы тела, определяемая балансом тощей и жировой массы, для различных регионов России может варьировать, поэтому построенные критерии оценки нутритивного статуса лучше всего должны отражать специфику указанной структуры для детей и подростков г. Москвы. Ввиду малочисленности подгруппы обследованных пятилетнего возраста представленные критерии диагностики для данной возрастной группы могут служить лишь в качестве ориентира и будут уточнены по мере увеличения объема выборки.

Выявленное на основе построенных критериев диагностики половое соотношение показателей распространенности ожирения нормального веса среди московских детей и подростков (0,52% для мальчиков и 0,29% для девочек) в целом соответствует общероссийским данным для взрослых людей (1,5–2,5% для мужчин и 0,5–1% для женщин) [17]. Частота встречаемости указанного метаболического сдвига может резко возрастать в группах пациентов с серьезными хроническими заболеваниями [18].

Следует отметить потенциальную зависимость полученных критериев диагностики от вида биоимпедансного анализатора, схемы измерений пациента и использованных алгоритмов оценки состава тела [19], что означает невозможность их использования с биоимпедансными анализаторами других наименований без предварительной взаимной калибровки оборудования. Такая калибровка была выполнена ранее для двух наиболее

распространенных в центрах здоровья России видов биоимпедансных анализаторов состава тела отечественного производства – АВС-01 «Медасс» (ООО НТЦ «Медасс», г. Москва) и «Диамант-АИСТ» (ООО «Диамант», г. Санкт-Петербург) [20]. Кроме того, ввиду наличия массовых данных измерений анализаторами «Диамант-АИСТ» в российских центрах здоровья возможна непосредственная разработка критериев оценки нутритивного статуса для анализатора указанного вида на основе использованного здесь подхода.

В программном обеспечении биоимпедансных анализаторов, включая анализатор АВС-01 «Медасс», обычно применяются разные встроенные алгоритмы оценки состава тела для различных возрастных групп. Как отмечалось ранее, на границе соответствующих возрастных интервалов в этом случае возможны существенные расхождения оценок состава тела с использованием

разных подходов [21]. В этой связи актуальна отдельная разработка биоимпедансных критериев оценки нутритивного статуса для взрослых людей от 18 лет и старше.

Выводы

Разработанные критерии оценки нутритивного статуса у московских детей и подростков по данным биоимпедансных измерений на основе значений %ЖМ, иЖМ и иТМ могут быть использованы в клинической, профилактической и спортивной медицине для диагностики и коррекции нарушений нутритивного статуса, а также при решении задач мониторинга физического развития. На их основе возможно выявление скрытых нарушений нутритивного статуса, не определяемых с использованием ИМТ.

Список литературы

1. Toomey C.M., Cremona A., Hughes K., Norton K., Jakeman P. A review of body composition measurement in the assessment of health // *Topics Clin. Nutr.* 2015; 30(1): 16–32. DOI: 10.1097/TIN.000000000000017
2. Holmes C.J., Racette S.B. The utility of body composition assessment in nutrition and clinical practice: an overview of current methodology // *Nutrients.* 2021; 13(8): 2493. DOI: 10.3390/nu13082493
3. Dai H., Alsalhe T.A., Chalghaf N., Riccò M. et al. The global burden of disease attributable to high body mass index in 195 countries and territories, 1990–2017: An analysis of the Global Burden of Disease Study // *PLoS Medicine.* 2020; 17(7): e1003198. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003198
4. Chong B., Jayabaskaran J., Kong G., Chan Y.H. et al. Trends and predictions of malnutrition and obesity in 204 countries and territories: an analysis of the Global Burden of Disease Study 2019 // *eClinicalMedicine.* 2023; 57: 101850. DOI: 10.1016/j.eclinm.2023.101850
5. Gao L., Peng W., Xue H., Wu Y. et al. Spatial-temporal trends in global childhood overweight and obesity from 1975 to 2030: a weight mean center and projection analysis of 191 countries // *Global Health.* 2023; 19(1): 53. DOI: 10.1186/s12992-023-00954-5
6. Thibault R., Genton L., Pichard C. Body composition: why, when and for who? // *Clin. Nutr.* 2012; 31(4): 435–447. DOI: 10.1016/j.clnu.2011.12.011
7. Zamberlan P., Mazzoni B.P., Bonfim M.A.C., Vieira R.R. et al. Body composition in pediatric patients // *Nutr. Clin. Pract.* 2023; 38(S2): S84–S102. DOI: 10.1002/ncp.11061
8. Sedlmeier A.M., Baumeister S.E., Weber A., Fischer B. et al. Relation of body fat mass and fat-free mass to total mortality: results from 7 prospective cohort studies // *Am. J. Clin. Nutr.* 2021; 113(3): 639–646. DOI: 10.1093/ajcn/nqaa339
9. Стародубов В.И., Руднев С.Г., Николаев Д.В., Коростылев К.А. Федеральный информационный ресурс центров здоровья: современное состояние и перспективы развития // *Социальные аспекты здоровья населения.* 2015; 5: 1. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/706/27/lang,ru/>
10. Старунова О.А., Руднев С.Г., Иванова А.Е., Семенова В.Г., Стародубов В.И. Применение закона Бенфорда для оценки качества данных профилактического скрининга // *Мат. биол. и биоинф.* 2022; 17(2): 230–249. DOI: 10.17537/2022.17.230
11. Старунова О.А., Руднев С.Г., Стародубов В.И. NCViewer: программа для автоматизированного анализа качества, фильтрации и обработки массовых данных профилактического скрининга в центрах здоровья. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2020665580 от 27.11.2020 г.
12. Смирнов А.В., Колесников В.А., Николаев Д.В., Ерюкова Т.А. ABC-01 “Медасс”: анализатор оценки баланса водных секторов организма с программным обеспечением (руководство пользователя). Москва: НТЦ Медасс; 2009.
13. Houtkooper L.B., Going S.B., Lohman T.G., Roche A.F., Van Loan M. Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study // *J. Appl. Physiol.* 1992; 72(1): 366–373. DOI: 10.1152/jap-1992.72.1.366
14. Cole T.J., Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity // *Pediatric Obesity.* 2012; 7(4): 284–294. DOI: 10.1111/j.2047-6310.2012.00064.x
15. World Health Organization. 2024. BMI-for-age (5-19 years). URL: <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years/indicators/bmi-for-age>
16. Анисимова А.В., Руднев С.Г., Година Е.З., Николаев Д.В., Черных С.П. Состав тела московских детей и подростков: характеристика репрезентативности данных биоимпедансного обследования в Центрах здоровья // *Лечение и профилактика.* 2014; 1(9): 24–29.
17. Руднев С.Г., Соболева Н.П., Стерликов С.А., Николаев Д.В. с соавт. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. 493 с.
18. Коновалова М.В., Вашура А.Ю., Година Е.З., Николаев Д.В. с соавт. Особенности компонентного состава тела у детей и подростков с острым лимфобластным лейкозом в состоянии ремиссии // *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского.* 2011; 90(4): 31–36.
19. Bennett J.P., Cataldi D., Liu Y.E., Kelly N.N. et al. Variations in bioelectrical impedance devices impact raw measures comparisons and subsequent prediction of body composition using recommended estimation equations // *Clin. Nutr. ESPEN.* 2024; 63: 540–550. DOI: 10.1016/j.clnesp.2024.07.009
20. Сипатрова А.Г., Година Е.З., Пермякова Е.Ю., Анисимова А.В. с соавт. Биоимпедансный анализ состава тела с использованием анализаторов ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ: результаты сравнения // *Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология.* 2023; 2: 70–81. DOI: 10.32521/2074-8132.2023.2.070-081
21. Rudnev S.G., Burns J.S., Williams P.L., Lee M.M. et al. Comparison of bioimpedance body composition in young adults in the Russian Children’s Study // *Clin. Nutr. ESPEN.* 2020; 35: 153–161. DOI: 10.1016/j.clnesp.2019.10.007

References

1. Toomey CM, Cremona A, Hughes K, Norton K, Jakeman P. A review of body composition measurement in the assessment of health. *Topics Clin. Nutr.* 2015; 30(1): 16-32. DOI: 10.1097/TIN.0000000000000017
2. Holmes CJ, Racette SB. The utility of body composition assessment in nutrition and clinical practice: an overview of current methodology. *Nutrients.* 2021; 13(8): 2493. DOI: 10.3390/nu13082493
3. Dai H, Alsalhe TA, Chalghaf N, Riccò M et al. The global burden of disease attributable to high body mass index in 195 countries and territories, 1990–2017: An analysis of the Global Burden of Disease Study. *PLoS Medicine.* 2020; 17(7): e1003198. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003198
4. Chong B, Jayabaskaran J, Kong G, Chan YH et al. Trends and predictions of malnutrition and obesity in 204 countries and territories: an analysis of the Global Burden of Disease Study 2019. *eClinicalMedicine.* 2023; 57: 101850. DOI: 10.1016/j.eclinm.2023.101850
5. Gao L, Peng W, Xue H, Wu Y et al. Spatial-temporal trends in global childhood overweight and obesity from 1975 to 2030: a weight mean center and projection analysis of 191 countries. *Global Health.* 2023; 19(1): 53. DOI: 10.1186/s12992-023-00954-5
6. Thibault R, Genton L, Pichard C. Body composition: why, when and for who? *Clin. Nutr.* 2012; 31(4): 435-447. DOI: 10.1016/j.clnu.2011.12.011
7. Zamberlan P, Mazzoni BP, Bonfim MAC, Vieira RR et al. Body composition in pediatric patients. *Nutr. Clin. Pract.* 2023; 38(S2): S84-S102. DOI: 10.1002/ncp.11061
8. Sedlmeier AM, Baumeister SE, Weber A, Fischer B et al. Relation of body fat mass and fat-free mass to total mortality: results from 7 prospective cohort studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 2021; 113(3): 639-646. DOI: 10.1093/ajcn/nqaa339
9. Starodubov VI, Rudnev SG, Nikolaev DV, Korostylev KA. Federal Information Resource of Health Centres: current state and developmental perspectives. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya.* 2015; 5: 1. (In Russ.). URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/706/27/lang,ru/>
10. Starunova OA, Rudnev SG, Ivanova AE, Semenova VG, Starodubov VI. Application of Benford's law for quality assessment of preventive screening data. *Math. Biol. Bioinf.* 2022; 17(2): 230-249. (In Russ.). DOI: 10.17537/2022.17.230
11. Starunova OA, Rudnev SG, Starodubov VI. HCViewer: a program for automated quality analysis, filtering and processing of mass data of preventive screening in Health Centers. Certificate of state registration of the computer program No. 2020665580 dated 11/27/2020. (In Russ.).
12. Smirnov AV, Kolesnikov VA, Nikolaev DV, Eryukova TA. AVS-01 'Medass': analizator otsenki balansa vodnykh sektorov organizma s programmym obespecheniem (rukovodstvo pol'zovatelya). Moscow: NTTs Medass; 2009. (In Russ.).
13. Houtkooper LB, Going SB, Lohman TG, Roche AF, Van Loan M. Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study. *J. Appl. Physiol.* 1992; 72(1): 366-373. DOI: 10.1152/jap-pl.1992.72.1.366
14. Cole TJ, Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatric Obesity.* 2012; 7(4): 284-294. DOI: 10.1111/j.2047-6310.2012.00064.x
15. World Health Organization. 2024. BMI-for-age (5-19 years). Available from: <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years/indicators/bmi-for-age>
16. Anisimova AV, Rudnev SG, Godina EZ, Nikolaev DV, Chernykh SP. Sostav tela moskovskikh detey i podrostkov: kharakteristika reprezentativnosti dannykh bioimpedansnogo obsledovaniya v Tsentrah zdorov'ya. *Lechenie i profilaktika.* 2014; 1(9): 24-29. (In Russ.).
17. Rudnev SG, Soboleva NP, Sterlikov SA, Nikolaev DV et al. Bioimpedance study of body composition in the Russian population. M.: RIO TSNIIOIZ, 2014. 493 p. (In Russ.).
18. Konovalova MV, Vashura AY, Godina EZ, Nikolaev DV et al. Osobennosti komponentnogo sostava tela u detey i podrostkov s ostrym limfoblastnym leikozom v sostoyanii remissii. *Pediatrica. Zhurnal im G.N. Speranskogo.* 2011; 90(4): 31-36. (In Russ.).
19. Bennett JP, Cataldi D, Liu YE, Kelly NN et al. Variations in bioelectrical impedance devices impact raw measures comparisons and subsequent prediction of body composition using recommended estimation equations. *Clin. Nutr. ESPEN.* 2024; 63: 540-550. DOI: 10.1016/j.clnesp.2024.07.009
20. Sipatrova AG, Godina EZ, Permyakova EYu, Anisimova AV et al. Bioimpedance assessment of body composition using ABC-01 'Medas' and Diamant-AIST instruments: a comparison. *Lomonosov Journal of Anthropology [Moscow University Anthropology Bulletin].* 2023; 2: 70-81. (In Russ.). DOI: 10.32521/2074-8132.2023.2.070-081
21. Rudnev SG, Burns JS, Williams PL, Lee MM et al. Comparison of bioimpedance body composition in young adults in the Russian Children's Study. *Clin. Nutr. ESPEN.* 2020; 35: 153-161. DOI: 10.1016/j.clnesp.2019.10.007

Информация о статье

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Работа выполнена в рамках бюджетной темы отдела демографии ГБУ «НИИОЗММ» ДЗМ по данным центров здоровья Москвы за 2010–2019 г. Указанные данные были получены в ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России в ходе выполнения проектов РНФ № 14-15-01085 и 20-15-00386.

Благодарности: авторы благодарят руководство и сотрудников Центра медицинской профилактики Департамента здравоохранения г. Москвы за содействие в организации сбора данных.

Сведения об авторах

Руднев Сергей Геннадьевич – канд. физ.-мат. наук, доцент, научный сотрудник отдела демографии, ГБУ «Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента» Департамента здравоохранения города Москвы, <https://orcid.org/0000-0001-5437-8429>

Иванова Алла Ефимовна – д-р экон. наук, профессор, зав. отделом демографии, ГБУ «Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента» Департамента здравоохранения города Москвы, <https://orcid.org/0000-0002-0258-3479>

Година Елена Зиновьевна – д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ и Музея антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова, <https://orcid.org/0000-0002-0692-420X>

Зубко Александр Владимирович – канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, <https://orcid.org/0000-0001-8958-1400>

Стародубов Владимир Иванович – д-р мед. наук, профессор, академик РАН, научный руководитель ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, <https://orcid.org/0000-0002-3625-4278>

Для корреспонденции

Руднев Сергей Геннадьевич
rdnv2019@yandex.ru

Article info

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interest.

Funding: The study was carried out as a part of the publicly funded activity of the Demography Division of the Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management of Moscow Healthcare Department based on the Moscow health centers data from 2010 to 2019. These data were collected at the Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of the Ministry of Health of the Russian Federation under the Russian Science Foundation projects No. 14-15-01085 and 20-15-00386.

Acknowledgement: the authors would like to thank the managers and other employees of the Center for Medical Prevention of Moscow Healthcare Department for their assistance in organizing the data collection.

About authors

Sergey G. Rudnev – Candidate of Sciences in Physics and Mathematics, Associate Professor, Researcher of Demography Division, Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management of Moscow Healthcare Department, <https://orcid.org/0000-0001-5437-8429>

Alla E. Ivanova – Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of Demography Division, Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management of Moscow Healthcare Department, <https://orcid.org/0000-0002-0258-3479>

Elena Z. Godina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Principal Researcher, Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State University, <https://orcid.org/0000-0002-0692-420X>

Alexandr V. Zubko – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher, Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of the Ministry of Health of the Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-8958-1400>

Vladimir I. Starodubov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Scientific Director of Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of the Ministry of Health of the Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3625-4278>

Corresponding author

Sergey G. Rudnev
rdnv2019@yandex.ru