

УДК 613.955+613.2

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЗУЛЬТАТОВ  
ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВНОГО ОБМЕНА У ШКОЛЬНИКОВ 12-16 ЛЕТ  
С НОРМАЛЬНОЙ, ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА И ОЖИРЕНИЕМ ПРИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ**

Новикова И.И.<sup>1</sup>, И.Г.Шевкун<sup>2</sup>, С.М. Гавриш<sup>1</sup>, О.А. Шепелева<sup>3</sup>, А.В. Сорокина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Федеральная служба Роспотребнадзора, Москва, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России,  
Архангельск, Россия

*В исследованиях последних лет уделяется большое внимание сравнительному анализу различных методов оценки основного обмена, свидетельствующему о неоднозначных оценках объективности расчетных методов по сравнению с аппаратными методиками, такими как биоимпедансометрия и метаболография.*

**Цель исследования** - провести сравнительную оценку показателей основного обмена у школьников с нормальной и избыточной массой тела и ожирением, полученных при использовании данных метаболографии и расчетных формул.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось экспериментально с использованием метаболографа Fitmate PRO (241 протокол) и с помощью расчетных формул J. Harris, F. Benedict, 1918, W. Schofield, 1985, ВОЗ (WHO), 1985, ИОМ, 2005. Статистический анализ осуществлялся с применением пакета Statistica-10.0 и таблиц Excel методами описательной статистики. Для определения статистической значимости использовался t-критерий Стьюдента, критический уровень значимости  $p$  принимался равным 0,05.

**Результаты исследования.** При метаболографии выявлены более низкие показатели основного обмена у детей с избыточной массой тела и ожирением по сравнению с детьми с нормальной массой тела. Доля детей с низким основным обменом среди детей с нормальной массой тела составляла 44,7%, с избыточной массой – 67,8%, с ожирением – 84,6%. Выявлены различия ( $p \leq 0,05$ ) показателей основного обмена при оценке по расчетным формулам W. Schofield и ВОЗ (WHO) среди детей возрастных групп 12-14 и 15-16 лет по группам с нормальной массой тела, с избыточной массой тела и ожирением, статистически значимо превышающие показатели, полученные с использованием метаболографа.

**Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют о недостаточной информативности в современных условиях расчетных формул при оценке основного обмена и необходимости применения непрямой респираторной калориметрии для изучения основного обмена у детей с избыточной массой тела и ожирением с использованием метаболографии, позволяющей получить более объективную оценку состояния основного обмена.

**Ключевые слова:** школьники, основной обмен, ожирение, избыточная масса тела, метабологграфия, расчетные формулы определения основного обмена.

**Для цитирования:** Новикова И.И., И.Г.Шевкун, С.М. Гавриш, О.А. Шепелева, А.В. Сорокина. Сравнительная характеристика результатов изучения основного обмена у школьников 12-16 лет с нормальной, избыточной массой тела и ожирением при использовании различных методов оценки. Медицина труда и экология человека. 2023;1:78-90.

**Для корреспонденции:** Новикова Ирина Игоревна – д.м.н., профессор, директор ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора; e-mail: novikova\_ii@niig.su.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10106>

## COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE BASAL METABOLIC RATE RESULTS IN 12-16-YEAR OLD SCHOOLCHILDREN WITH NORMAL BODY WEIGHT, EXCESS WEIGHT, AND OBESITY USING DIFFERENT ASSESSMENT METHODS

I.I. Novikova<sup>1</sup>, I.G. Shevkun<sup>2</sup>, S.M. Gavrish<sup>1</sup>, O.A. Shepeleva<sup>3</sup>, A.V. Sorokina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk Research Institute of Hygiene" of Rospotrebnadzor, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Federal Service of Rospotrebnadzor, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Northern State Medical University of the Russian Health Ministry; Arkhangelsk, Russia

*In recent studies, much attention has been paid to the comparative analysis of various methods for assessing basal metabolism, indicating ambiguous assessments of the objectivity of calculation methods compared to instrumental methods, such as bioimpedancemetry and metabolography.*

**Purpose of the study.** *To carry out a comparative assessment of basal metabolic parameters among schoolchildren with normal and excess body weight and obesity, obtained by using metabolography data and calculation formulas.*

**Materials and methods.** *The study was carried out experimentally using the Fitmate PRO metabolograph (241 protocols) and using the calculation formulas J. Harris, F. Benedict, 1918, W. Schofield, 1985, WHO (WHO), 1985, IOM, 2005. Statistical analysis was carried out using the package Statistica-10.0, and Excel tables using descriptive statistics methods. To determine the statistical significance, Student's t-test was used, the critical significance level p was taken equal to 0.05.*

**Study Results.** *Metabolography revealed lower basal metabolic rates in children with overweight and obesity compared to children with normal body weight. The proportion of children with a low basal metabolic rate among children with normal body weight was 44.7%, with overweight - 67.8%, with obesity - 84.6%. Differences ( $p \leq 0.05$ ) in basal metabolic rate were revealed when assessed by the calculation formulas of W. Schofield and WHO (WHO) among children of age groups 12-14 and 15-16 years old in groups with normal body weight, with overweight and obesity, statistically significantly higher than those obtained using the metabolograph.*

**Conclusion.** The results obtained show the lack of informativeness in modern conditions of calculation formulas for assessing basal metabolism and the need to use indirect respiratory calorimetry to study basal metabolism in overweight and obese children using metabology, which allows a more objective assessment of the basal metabolism state.

**Keywords:** schoolchildren, basal metabolic rate, obesity, excessive body weight, metabology, calculation formulas for determining basal metabolic rate.

**Citation:** I.I. Novikova, I.G. Shevkun, S.M. Gavrish, O.A. Shepeleva, A.V. Sorokina. Comparative characteristics of the basal metabolic rate results in 12-16-year old schoolchildren with normal body weight, excess weight, and obesity using different assessment methods. *Occupational health and human ecology*. 2023;1:78-90.

**Correspondence:** Irina I. Novikova, Doctor of Medicine, Professor, Director of the Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Rospotrebnadzor; e-mail: novikova\_ii@niig.su.

**Financing:** The study had no financial support

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10106>

Под обменом веществ и энергии понимают совокупность процессов превращения веществ и энергии, происходящих в живом организме и обеспечивающих его жизнедеятельность, а также обмен веществами и энергией между организмом и окружающей средой [1]. Энергетический обмен осуществляется путем окисления макронутриентов из продуктов питания и характеризуется показателями энергопотребностей, энергопотребления и энерготрат, взаимосвязанными между собой [2]. В зависимости от активности организма и воздействий на него факторов внешней среды различают три уровня энергетического обмена: 1) основной обмен; 2) обмен в состоянии относительного покоя; 3) обмен и энерготраты при физической работе [2,3].

Основной обмен - это обмен веществ и энергии, определяемый у человека в стандартных условиях: при полном физическом и психическом (эмоциональном) покое организма, минимизированном процессе пищеварения (благодаря исследованию испытуемого в утренние часы, натощак), при температуре внешней среды, равной 20-22 °C [1,4]. Доля основного обмена в энергетическом обеспечении функционирования жизненно необходимых органов составляет, по данным исследователей, до 80-90,0% суточных энерготрат [5,6,7].

Энергия основного обмена – это энергия, обусловленная тоническим напряжением скелетных мышц и работой постоянно функционирующих органов – дыхательных мышц, сердца, печени, почек. Полученные в таких условиях величины основного обмена характеризуют исходный «базальный» уровень энергозатрат организма. Количество энергии, выделяемой организмом, выражают в ккал (1 ккал = 4,2 кДж). Величина основного обмена равна 1-1,2 ккал/кг\*час, что соответствует для человека массой 70 кг 1700-1800 ккал/сутки (7200-7800 кДж/сутки) или 37 ккал/м<sup>2</sup>/час (150 кДж/м<sup>2</sup>/час). Количество выделяемой организмом энергии зависит от различных факторов: массы тела, роста, поверхности тела, возраста, пола, состояния нервной и эндокринной систем (уровень гормонов щитовидной железы, катехоламинов и др.), вида работы, профессии, питания,

условий внешней среды (температура, влажность, давление), эмоционального статуса, сна, инфекций, различных стресс-факторов и др. [4,8]. Основной обмен у детей меняется в зависимости от возраста и типа питания. В первые дни жизни он составляет  $512 \text{ ккал/м}^2$ , затем постепенно нарастает и к 11-12 годам равен примерно  $1200 \text{ ккал/м}^2$ . К периоду полового созревания расход энергии на основной обмен уменьшается до  $960 \text{ ккал/м}^2$ . При этом у мальчиков энергетические затраты на основной обмен в пересчете на 1 кг веса тела выше, чем у девочек. Уровень основного обмена повышается в результате обильного питания, при пониженных температурах, регулярных мышечных нагрузках, а также курении и употреблении алкоголя. В свою очередь, ограниченное питание, повышенные температуры окружающей среды, сниженное парциального давления кислорода снижают его. В состоянии относительного покоя уровень энергозатрат превышает величину основного обмена [3]. Для изучения энергетического обмена у человека разработан целый ряд методов, объединенных общим названием – калориметрия (прямые и непрямые методы калориметрии). Непрямая респираторная калориметрия является «золотым стандартом» для оценки основного обмена. Для этого используется метаболическое исследование, позволяющее помимо базального метаболизма индивидуально оценить скорости окисления макронутриентов, что является важной составляющей персонализированной диетотерапии. Непрямая калориметрия характеризуется высокой вариабельностью определяемых показателей, что связано с особенностями проведения исследования [9]. Однако, учитывая существенные временные и финансовые затраты на ее проведение, в клинической практике широко распространены специальные формулы для расчета RMR (основного обмена), в том числе у детей и подростков [10].

Различные исследователи, оценивающие в своих работах информативность данных методик, приходят к неоднозначным выводам при оценке результатов их объективности [9,10]. По данным Henes S.T. et al. (2013), средняя процентная точность расчетных показателей по сравнению с данными непрямой калориметрии составляла при уравнениях Харриса-Бенедикта, Лаззера и Молнара 65%, 61% и 60% соответственно. Средние различия между целевыми показателями калорийности и рассчитанными по уравнению варьировались от 197,9 до 307,7 ккал/сут. Полученные результаты свидетельствуют о том, что уравнение Харриса-Бенедикта давало более точные показатели по сравнению с другими уравнениями у молодежи с тяжелым ожирением, но вероятность ошибки остается достаточно большой, чтобы предположить, что предпочтительна косвенная калориметрия [11].

В то же время S. Lazzerc и соавт. (2007) [12] разработали специальную формулу для подростков с морбидным ожирением с помощью множественного регрессионного анализа для прогнозирования расхода энергии в покое (REE). В исследовании участвовали 574 ребенка и подростка европеоидной расы с ожирением (средний z-показатель ИМТ 3,3). REE определяли непрямой калориметрией, состав тела – с помощью биоимпедансометрии. Имеются данные, полученные при анализе энергетических затрат в состоянии покоя у здоровых детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением, свидетельствующие о том, что наиболее точные прогнозы были получены с помощью уравнений Шофилда [13].

Важность определения основного обмена обусловлена все возрастающей во всем мире проблемой детского ожирения. Определение показателей основного обмена необходимо при корректировке индивидуального питания, в научных исследованиях, а также для различных применений в клинике при лечении пациентов с различными заболеваниями, в том числе и с ожирением, которым необходима разработка рационов питания (в частности энтерального и парентерального).

В связи с этим нами при проведении исследования в рамках национального проекта «Демография»<sup>4</sup>, посвященного гигиенической оценке факторов риска формирования избыточной массы тела и ожирения, выполнена сравнительная оценка основного обмена с использованием различных методов оценки у школьников с нормальной и избыточной массой тела и ожирением.

**Цель исследования** – провести сравнительную оценку показателей основного обмена у школьников с нормальной и избыточной массой тела и ожирением, полученных при использовании данных метаболографии и расчетных формул.

**Материалы и методы.** В работе использовались клиничко-диагностические, аналитические и статистические методы исследования. С использованием поверенного клиничко-диагностического оборудования ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» проводилась оценка основного обмена методом непрямой калориметрии при помощи метаболографа Fitmate PRO (241 протокол) и расчетных формул J. Harris, F. Benedict, 1918 [14], W. Schofield, 1985 [15], ВОЗ (WHO), 1985 [16], IOM, 2005 [17] (табл. 1.)

Таблица 1

**Формулы, рекомендуемые для расчета основного обмена у детей и подростков**

Table 1

**Formulas recommended for calculating basal metabolism in children and adolescents**

Источник	Возраст, лет	Формула для определения расчетного RMR (ккал/сутки)
J. Harris, F. Benedict, 1918	3-17	М /М = $66,47 + 13,75 \times \text{MT} + 5 \times \text{P} - 6,8 \times \text{B}$ Д / В = $655 + 9,6 \times \text{MT} + 1,8 \times \text{P} - 4,7 \times \text{B}$
W. Schofield, 1985	3-17	М /М = $19,6 \times \text{MT} + 1,033 \times \text{P} + 414,9$ Д / D = $16,8 \times \text{MT} + 1,618 \times \text{P} + 371,3$
	11-17	М /М = $16,25 \times \text{MT} + 1,373 \times \text{P} + 515,5$ Д / D = $8,37 \times \text{MT} + 4,65 \times \text{P} + 200$
ВОЗ (WHO), 1985	11-17	М /М = $17,5 \times \text{MT} + 651$ Д / D = $12,2 \times \text{MT} + 674$
IOM, 2005	3-17	М /М = $420 - 35,5 \times \text{B} + 418,9 \times (\text{P в метрах}) + 16,7 \times \text{MT}$ Д / D = $516 - 26,8 \times \text{B} + 347 \times (\text{P в метрах}) + 12,4 \times \text{MT}$

Примечание: М – мальчики; Д – девочки; МТ - масса тела в кг; P - рост в см; B - возраст, годы; IOM — Institute of Medicine for Obese Youth (Институт медицины для молодых взрослых с ожирением).

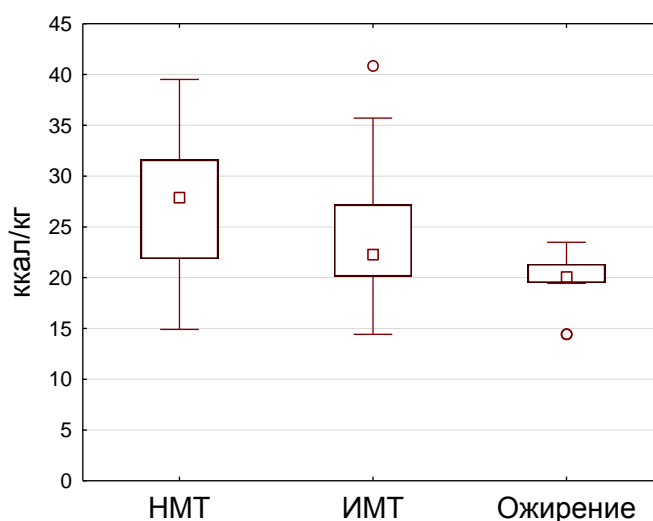
<sup>4</sup> Национальный проект «Демография» // <https://mintrud.gov.ru/ministry/programms/demography>

Abbreviation: M - boys; D - girls; MT - body weight in kg; R - height in cm; B - age, years; M (boys, youths); D (girls, girls); IOM - Institute of Medicine for Obese Youth (Institute of Medicine for Obese Young Adults).

Исследование проводилось на метаболографе Fitmate PRO утром, натощак, при температуре в помещении 22-25° С, после предварительного 20-минутного покоя, в положении лежа на спине, в течение 20-30 минут с учетом достижения устойчивого состояния основного обмена. Данные, полученные в первые 5 минут, исключались из последующего анализа.

Статистический анализ осуществлялся с применением пакета Statistica-10.0 и таблиц Excel методами описательной статистики. Средние выборочные значения количественных признаков приведены по тексту в виде  $M \pm Sd$ , где M – среднее выборочное, Sd – стандартная ошибка среднего. Для определения статистической значимости использовался t-критерий Стьюдента, критический уровень значимости  $p$  принимался равным 0,05.

**Результаты исследования.** Анализ результатов метаболографии свидетельствовал о более низких средних показателях основного обмена у детей с избыточной массой тела и ожирением по сравнению с детьми с нормальной массой тела (рис. 1).



**Рис. 1.** Диаграмма размаха средних показателей основного обмена у детей 12-16 лет в ккал/кг в зависимости от индекса массы тела. НМТ- нормальная масса тела; ИМТ – избыточная масса тела, ожирение

**Figure 1.** Range chart of average basal metabolic rates in children aged 12-16 in kcal/kg depending on body mass index. NBW, normal body weight; EBW – overweight; obesity

При сравнительной оценке уровня показателя основного обмена у детей с различным трофологическим статусом установлено, что у детей с нормальной массой тела преобладал нормальный (44,7%) и высокий (29,8%) уровень основного обмена. Только у четвертой доли детей выявлялся низкий уровень основного обмена (25,5%). В то же время у детей с избыточной массой тела и особенно у детей с ожирением основная доля приходилась на детей с низким уровнем показателей основного обмена (соответственно 67,8% и 84,6%) и совсем не выявлялся высокий уровень обмена.

При анализе по возрастным группам установлено, что показатели основного обмена у детей 12-14 лет с избыточной массой тела и ожирением, полученные экспериментально, были статистически значимо ниже таковых в сравнении с детьми, имеющими нормальную массу тела ( $p \leq 0,05$ ), и не имели гендерных различий. В возрастной группе 15-16 лет статистически значимо более низкие показатели отмечались у мальчиков с избыточной массой тела и ожирением по сравнению с мальчиками с нормальной массой тела. Гендерных статистически значимых различий по всем исследуемым группам в этой возрастной когорте также не выявлено.

Сравнительная характеристика показателей основного обмена в когорте детей 12-16 лет в ккал/кг, установленных экспериментально по результатам метабографии (Fitmate PRO) и по данным, полученным с использованием расчетных формул Harris-Benedict [14] и ИОМ, 2005 [17], свидетельствует об отсутствии статистически значимых различий по группам детей с ожирением, детей с избыточной и нормальной массой тела ( $p \geq 0,05$ ) – табл. 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика показателей основного обмена (в ккал/кг) у детей 12-16 лет по фактическим результатам метабографии (Fitmate PRO) и расчетным данным

Table 2

Comparative characteristics of basal metabolic rate (in kcal/kg) in children aged 12-16 years according to the actual results of metabology (Fitmate PRO) and calculated data

Методы индикации	Дети с нормальной массой тела		Дети с избыточной массой тела		Дети с ожирением	
	M± Sd		M± Sd		M± Sd	
	Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки
Возраст 12-14 лет						
Метабограф - Fitmate PRO	34,3±3,8	31,1±3,4	23,4±2,6	22,5±2,5	20,1±2,2	18,1±2
Формула Harris-Benedict	31,8±3,2	30,1±3,0	27,3±2,7	25,8±2,6	22,7±2,3	19,8±2,0
W. Schofield, 1985 (3-17 лет)	33,5±3,4	31,6±3,2	29,9±3,0	28,5±2,8	26,0±2,0	24,3±2,4
W. Schofield, 1985 (11-17 лет)	33,9±3,4	30,1±3,0	29,3±2,9	25,7±2,6	24,2±2,4	19,8±2,0
ВОЗ (WHO), 1985 (11-17 лет)	28,8±2,9	28,0±2,8	24,3±2,4	22±2,2	20,0±2,0	19,9±2,0
ИОМ, 2005	32,5±3,3	30,1±3,0	28,7±2,9	26,5±2,6	24,6±2,5	21,1±2,1
Возраст 15-16 лет						
Методы индикации						

Метаболограф - Fitmate PRO	28,9±3,2	23,6±2,6	21,7±2,4	21,8±2,4	20,3±2,2	19,8±2,2
Формула Harris-Benedict	26,5±2,6	24,9±2,5	24,3±2,4	21,8±2,2	22,9±2,3	19,8±2,0
W. Schofield, 1985 (3-17 лет)	31,8±3,4	30,0±3,2	28,4±3,0	27,1±2,8	24,7±2,6	23,1±2,4
W. Schofield, 1985 (11-17 лет)	27,9±2,8	29,6±3,0	27,7±2,8	25,6±2,6	22,4±2,2	20,4±2,0
ВОЗ (WHO), 1985 (11-17 лет)	30,3±3,0	31,2±3,1	26,3±2,6	25,2±2,5	23,1±2,3	20,1±2,0
ИОМ, 2005	25,9±2,6	24,2±2,4	23,1±2,3	21,7±2,2	20,4±2,0	19,2±1,9

Сравнение результатов основного обмена у детей 12-16 лет в ккал/кг, установленных экспериментально по результатам метаболографии (Fitmate PRO) и расчетным данным, полученным с помощью формул W. Schofield, 1985 (3-17 лет), W. Schofield, 1985 (11-17 лет), ВОЗ (WHO), 1985 (11-17 лет), выявило наличие различий, статистически значимо превышающих расчетные значения по отдельным когортам детей ( $p \leq 0,05$ ).

Так, в группе детей с нормальной массой тела показатели основного обмена значимо (на 25,4%) превышают показатели, полученные экспериментально при метаболографии, при расчете по формуле W. Schofield, 1985 (11-17 лет), и на 32,2% - при расчете по формуле ВОЗ (WHO), 1985 (11-17 лет), у девушек в возрастной группе 15-16 лет.

В группе детей с избыточной массой тела значимые различия выявлены в возрастной группе 12-14 лет у мальчиков по формулам: W. Schofield, 1985 (3-17 лет), с превышением экспериментальных данных на 27,8%; W. Schofield, 1985 (11-17 лет) - на 25,2%; у девочек по формуле: W. Schofield, 1985 (3-17 лет) - на 26,7%; в возрастной группе 15-16 лет у юношей по формулам: W. Schofield, 1985 (3-17 лет) - на 30,9%; W. Schofield, 1985 (11-17 лет) - на 27,6%; у девушек по формуле: W. Schofield, 1985 (3-17 лет) - на 24,3%.

По группе детей с ожирением значимые различия с экспериментальными данными выявлены только по расчетам в соответствии с формулой W. Schofield, 1985 (3-17 лет). Статистически значимые различия получены по возрастной группе 12-14 лет, в том числе у мальчиков экспериментальные данные были превышены на 29,3%, у девочек - на 34,2%. В возрастной группе 15-16 лет у юношей превышение составило 21,7%, у девушек – значимых различий не выявлено.

По остальным формулам и контингентам детей значимых различий в показателях не установлено ( $p \geq 0,05$ ).

**Обсуждение.** Увеличивающаяся во всем мире распространенность ожирения, особенно среди детского и подросткового населения, требует актуализации методических подходов к оценке и выявлению причин формирования избыточной массы тела и ожирения, что особенно важно при разработке эффективных мероприятий профилактики ожирения в



детском возрасте, являющихся основой минимизации риска развития заболеваний, ассоциированных с развитием ожирения и обусловленных нездоровым питанием. При изучении данной проблемы все большее значение придается методам оценки избыточной массы тела и ожирения, важное место в которых занимает определение основного обмена, играющего ведущую роль в метаболических процессах организма. В исследованиях последних лет уделяется большое внимание сравнительному анализу различных методов оценки основного обмена, свидетельствующее о неоднозначных оценках объективности расчетных методов по сравнению с аппаратными методиками, такими как биоимпедансометрия и метаболография. Различные исследователи, оценивающие в своих работах информативность расчетных методик, приходят к неоднозначным выводам при оценке результатов их объективности [9,10].

Выявленное отсутствие существенных различий при сравнении результатов, полученных с помощью метаболографии и формул Харриса-Бенедикта, во всех обследованных нами группах соотносится с результатами Henes S.T. et. al. (2013), что свидетельствует о том, что уравнение Харриса-Бенедикта является наиболее точным по сравнению с другими уравнениями при оценке основного обмена у молодежи с тяжелым ожирением, хотя по мнению авторов вероятность ошибки остается достаточно большой, чтобы считать этот метод предпочтительным [11]. Полученные при исследовании результаты, свидетельствующие о существенном превышении показателей основного обмена при оценке с помощью расчетных формул W. Schofield, 1985 (3-17 лет), W. Schofield, 1985 (11-17 лет), ВОЗ (WHO), 1985 (11-17 лет) над экспериментальными данными при оценке с помощью метаболографа, расходятся с имеющимися в литературе данными о более точной прогностической значимости этих уравнений, в частности в здоровой детской популяции [13,18,19].

Вместе с тем результаты проведенного исследования с учетом выявленных существенных различий в показателях дают основание считать расчетные уравнения недостаточно информативными при оценке основного обмена у детей исследуемой возрастной группы 12-16 лет, что не противоречит мнениям, имеющимся в научных публикациях, которые свидетельствуют о том, что ни одно уравнение не дает точных оценок основного обмена в детской популяции [13,19]. А также они подтверждают необходимость использования непрямой респираторной калориметрии у детей и подростков с ожирением, которая дает наиболее объективное представление о состоянии основного обмена [10,20,21].

**Заключение.** Таким образом, результаты сравнительной оценки позволяют сделать вывод о недостаточной информативности в современных условиях формул W. Schofield, 1985 (3-17 лет), W. Schofield, 1985 (11-17 лет) и ВОЗ (WHO), 1985 (11-17 лет) для оценки основного обмена у девушек 15-16 лет с нормальной массой тела; формул W. Schofield, 1985 (3-17 лет), W. Schofield, 1985 (11-17 лет) для оценки основного обмена у мальчиков и юношей (12-16 лет) с избыточной массой тела; формулы W. Schofield, 1985 (3-17 лет) для оценки основного обмена у девочек и девушек (12-16 лет) с избыточной массой тела; формулы W. Schofield, 1985 (3-17 лет) для оценки основного обмена у мальчиков (12-14 лет) с ожирением. Это подтверждает необходимость применения для изучения основного

обмена у детей с избыточной массой тела и ожирением метода непрямой респираторной калориметрии с использованием метаболографии, позволяющей получить более объективную оценку состояния основного обмена, знание которого необходимо при разработке программ диетотерапии, изучения механизмов развития ожирения и мероприятий профилактики, направленных на снижение риска развития заболеваний, ассоциированных с ожирением.

### Список литературы:

1. Брин В.Б. Нормальная физиология: учебник. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 688 с. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970436646.html> (дата обращения 16.02.2022)
2. Pinheiro Volp A.C., Esteves de Oliveira F.C., Duarte Moreira Alves R., Esteves E.A., Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutr. Hosp.* 2011; 26(3): 430–440.
3. Теплый Д.Л., Нестеров Ю.В., Курьянова Е.В., Кондратенко Е.И., Алтуфьев Ю.В., Горст Н.А. и др. Физиология человека и животных: учебник. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2017. 336 с.
4. Кузнецов В.И., Божко А.П., Городецкая И.В. Нормальная физиология: курс лекций. Витебск: ВГМУ, 2017. 611 с.
5. Blasco Redondo R. Resting energy expenditure; assessment methods and applications. *Nutr. Hosp.* 2015; 31(3): 245–254.
6. Выборная К.В., Соколов А.И., Кобелькова И.В., Лавриненко С.В., Клочкова С.В., Никитюк Д.Б. Основной обмен как интегральный количественный показатель интенсивности метаболизма. *Вопросы питания.* 2017; 86(5): 5–10.
7. Gallagher D., Allen A., Wang Z., et al. Smaller organ tissue mass in the elderly fails to explain lower resting metabolic rate. *Ann N Y Acad Sci.* 2006; 904(1): 449-455. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06499.x>.
8. Шебеко Л.В. Обмен веществ и энергии как условие жизни и сохранения гомеостаза: Лекция 10. URL: <http://astgmu.ru/wp-content/uploads/2020/06/10-lek.-st.f.-obmen-veshhestv-27.06.20g.pdf>. (дата обращения 13.07.2022)
9. Огороков П.Л., Васюкова О.В., Ширяева Т.Ю. Сравнение точности оценки основного обмена в покое у детей с простым ожирением при использовании расчетных формул и метода непрямой респираторной калориметрии. *Ожирение и метаболизм.* 2019;16(2):54-59. DOI: <https://doi.org/10.14341/omet9729>.
10. Огороков П.Л. Роль непрямой респираторной калориметрии в оценке основного обмена в покое у детей с ожирением. *Проблемы эндокринологии.* 2018; 64(2): 130-136. DOI: <https://doi.org/10.14341/probl8754>.
11. Henes S.T., Cummings D.M., Hickner R.C. Comparison of predictive equations and measured resting energy expenditure among obese youth attending a pediatric healthy weight clinic: one size does not fit tall. *Nutr Clin Pract.* 2013;28(5):617-624. DOI: <https://doi.org/10.1177/0884533613497237>

12. Lazzer S., Agosti F., De Col A., Sartorio A. Development and crossvalidation of prediction equations for estimating resting energy expenditure in severely obese Caucasian children and adolescents. *Br J Nutr.* 2007;96(05). DOI: <https://doi.org/10.1017/bjn20061941>
13. Chima L, Mulrooney H.M., Warren J., Madden A.M. A systematic review and quantitative analysis of resting energy expenditure prediction equations in healthy overweight and obese children and adolescents. *J Hum Nutr Diet.* 2020; 33(3): 373-385. DOI: <https://doi.org/10.1111/jhn.12735>
14. Harris J.A., Benedict F.G. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA.* 1918; 4(12): 370-3. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.4.12.370>
15. Schofield W.N. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985;39 Suppl 1:5-41. PMID: 4044297.
16. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/ UNU Expert Consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser.* 1985; 724: 1-206. PMID: 3937340.
17. Trumbo P., Schlicker S., Yates A.A., Poos M. Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, The National Academies. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. *J Am Diet Assoc.* 2002; 102(11): 1621-30. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0002-8223\(02\)90346-9](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(02)90346-9)
18. Zhang L., Chen R., Li R., Chen M.Y., Huang R., Li X.N. Evaluating the predictive factors of resting energy expenditure and validating predictive equations for Chinese obese children. *World J Pediatr.* 2018; 14(2): 160-167. DOI: [10.1007/s12519-017-0111-9](https://doi.org/10.1007/s12519-017-0111-9).
19. Fuentes-Servín J., Avila-Nava A., González-Salazar LE, Pérez-González OA, Servín-Rodas MDC, Serralde-Zuñiga AE, Medina-Vera I, Guevara-Cruz M. Resting Energy Expenditure Prediction Equations in the Pediatric Population: A Systematic Review. *Front Pediatr.* 2021; 9: 795364. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2021.795364>
20. Fullmer S., Benson-Davies S, Earthman C.P., Frankenfield D.C., Gradwell E., Lee P.S., Piemonte T., Trabulsi J. Evidence analysis library review of best practices for performing indirect calorimetry in healthy and non-critically ill individuals. *J Acad Nutr Diet.* 2015; 115(9): 1417-1446.e2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.04.003>
21. Богомолова Е.С., Олюшина Е.А., Котова Н.В., Максименко Е.О., Шапошникова М.В. Методические подходы к диагностике пищевого статуса детей и подростков (литературный обзор). *Медицина.* 2019; 7(4): 43-56. DOI: [10.29234/2308-9113-2019-7-4-43-56](https://doi.org/10.29234/2308-9113-2019-7-4-43-56)

#### References:

1. Brin V.B. Normal physiology: textbook. Moscow: GEOTAR-Media, 2016. 688 p. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970436646.html> (дата обращения 16.02.2022) (in Russian).
2. Pinheiro Volp A.C., Esteves de Oliveira F.C., Duarte Moreira Alves R., Esteves E.A., Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutr. Hosp.* 2011; 26(3): 430–440.
3. Teplyi D.L., Nesterov Yu.V., Kuryanova E.V., Kondratenko E.I., Altufiev Yu.V., Gorst N.A. and other Physiology of man and animals: a textbook. Astrakhan: Astrakhan University Publishing House, 2017. 336 p. (in Russian).

4. Kuznetsov V.I., Bozhko A.P., Gorodetskaya I.V. Normal physiology: a course of lectures. Vitebsk: VSMU, 2017. 611 p. (in Russian).
5. Blasco Redondo R. Resting energy expenditure; assessment methods and applications. *Nutr. Hosp.* 2015; 31(3): 245–254.
6. Vybornaya K.V., Sokolov A.I., Kobelkova I.V., Lavrinenko S.V., Klochkova S.V., Nikityuk D.B. Basal metabolism as an integral quantitative indicator of metabolic intensity. *Voprosy pitaniya.* 2017; 86(5): 5–10. (in Russian).
7. Gallagher D., Allen A., Wang Z., et al. Smaller organ tissue mass in the elderly fails to explain lower resting metabolic rate. *Ann N Y Acad Sci.* 2006; 904(1): 449-455. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06499.x>
8. Shebeko L.V. Metabolism and energy as a condition for life and maintaining homeostasis: Lecture 10. URL: <http://astgmu.ru/wp-content/uploads/2020/06/10-lek.-st.f.-obmen-veshhestv-27.06.20g.pdf>. (Accessed 13.07.2022) (in Russian).
9. Okorokov P.L., Vasyukova O.V., Shiryayeva T.Yu. Comparison of the accuracy of resting basal metabolic rate in children with simple obesity using calculation formulas and the method of indirect respiratory calorimetry. *Ozhireniye i metabolizm.* 2019; 16(2): 54-59. DOI: <https://doi.org/10.14341/omet9729>.
10. Okorokov P.L. The role of indirect respiratory calorimetry in assessing resting basal metabolic rate in obese children. *Problemy endokrinologii.* 2018; 64(2): 130-136. DOI: <https://doi.org/10.14341/probl8754>. (in Russian).
11. Henes S.T., Cummings D.M., Hickner R.C. Comparison of predictive equations and measured resting energy expenditure among obese youth attending a pediatric healthy weight clinic: one size does not fit tall. *Nutr Clin Pract.* 2013;28(5):617-624. DOI: <https://doi.org/10.1177/0884533613497237>
12. Lazzer S., Agosti F., De Col A., Sartorio A. Development and crossvalidation of prediction equations for estimating resting energy expenditure in severely obese Caucasian children and adolescents. *Br J Nutr.* 2007;96(05). DOI: <https://doi.org/10.1017/bjn20061941>
13. Chima L, Mulrooney H.M., Warren J., Madden A.M. A systematic review and quantitative analysis of resting energy expenditure prediction equations in healthy overweight and obese children and adolescents. *J Hum Nutr Diet.* 2020; 33(3): 373-385. DOI: <https://doi.org/10.1111/jhn.12735>
14. Harris J.A., Benedict F.G. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA.* 1918; 4(12): 370-3. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.4.12.370>
15. Schofield W.N. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985;39 Suppl 1:5-41. PMID: 4044297.
16. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/ UNU Expert Consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser.* 1985; 724: 1-206. PMID: 3937340.
17. Trumbo P., Schlicker S., Yates A.A., Poos M. Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, The National Academies. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. *J Am Diet Assoc.* 2002; 102(11): 1621-30. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0002-8223\(02\)90346-9](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(02)90346-9) .

18. Zhang L., Chen R., Li R., Chen M.Y., Huang R., Li X.N. Evaluating the predictive factors of resting energy expenditure and validating predictive equations for Chinese obese children. *World J Pediatr.* 2018; 14(2): 160-167. DOI: 10.1007/s12519-017-0111-9.
19. Fuentes-Servín J., Avila-Nava A., González-Salazar LE, Pérez-González OA, Servín-Rodas MDC, Serralde-Zuñiga AE, Medina-Vera I, Guevara-Cruz M. Resting Energy Expenditure Prediction Equations in the Pediatric Population: A Systematic Review. *Front Pediatr.* 2021; 9: 795364. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2021.795364>
20. Fullmer S., Benson-Davies S, Earthman C.P., Frankenfield D.C., Gradwell E., Lee P.S., Piemonte T., Trabulsi J. Evidence analysis library review of best practices for performing indirect calorimetry in healthy and non-critically ill individuals. *J Acad Nutr Diet.* 2015; 115(9): 1417-1446.e2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.04.003>
21. Bogomolova E.S., Olyushina E.A., Kotova N.V., Maksimenko E.O., Shaposhnikova M.V. Methodological approaches to diagnosing the nutritional status of children and adolescents (literature review). *Medicsina.* 2019; 7(4): 43-56. DOI: 10.29234/2308-9113-2019-7-4-43-56 (in Russian).

Поступила/Received: 23.08.2022

Принята в печать/Accepted: 08.02.2023