Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_27
УДК 303.722.23; 612.015.3; 612.014.461; 796.412.2

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_27
UDC 303.722.23; 612.015.3; 612.014.461; 796.412.2

ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ОСНОВНОГО ОБМЕНА И ВОДНЫХ СЕКТОРОВ ОРГАНИЗМА ОТ ВАРИАЦИЙ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ТЕЛА ПРИ ОДИНАКОВЫХ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ У ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ГИМНАСТОК

К.В. Выборная[1], Д.Б. Никитюк[1,2,3]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, г. Москва, Россия

[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

[3]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Наличие избыточной жировой массы при нормальных показателях индекса массы тела является предиктором возникновения метаболических нарушений и ожирения после окончания спортивной карьеры. Цель исследования – выявить зависимость показателя величины основного обмена и водных секторов организма от вариаций компонентного состава тела при одинаковых антропометрических показателях у спортсменок, специализирующихся в художественной гимнастике. ***Методы.*** Методом биоимпедансометрии определяли количество лабильных компонентов тела, величину основного обмена и показатели водных секторов организма у 239 художественных гимнасток. ***Результаты.*** У 5,9% гимнасток выявлено повышенное содержание жировой массы при нормальном индексе массы тела. Они имели большие показатели жировой массы и меньшие показатели тощей и скелетно-мышечной масс, удельных значений основного обмена и воды организма ($p \leq 0,05$), чем спортсменки с нормальной жировой массой при одинаковых соматометрических показателях. ***Заключение.*** Результаты исследования показывают важность проведения оценки величины основного обмена аппаратными методами.

Ключевые слова: художественная гимнастика, соматометрия, биоимпедансометрия, избыточная жировая масса тела при нормальных показателях индекса массы тела, величина основного обмена, статус гидратации организма

DEPENDENCE OF THE VALUE OF BASAL METABOLISM AND WATER SECTORS OF THE BODY ON VARIATIONS IN THE COMPONENT COMPOSITION OF THE BODY WITH THE SAME ANTHROPOMETRIC INDICATORS IN RHYTHMIC GYMNASTS

K.V. Vybornaya[1], D.B. Nikityuk[1,2,3]

[1]Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

[2]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

[3]RUDN University, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The presence of excess body fat with normal body mass index values is a predictor of metabolic disorders and obesity after the end of a sports career. The aim of the study was to identify the dependence of the basal metabolic rate and body water sectors on variations in body composition with the same anthropometric indicators in athletes specializing in rhythmic gymnastics. ***Methods.*** The amount of labile body components, the basal metabolic rate, and the indicators of the body water sectors were identified in 239 rhythmic gymnasts using bioimpedance analysis. ***Results.*** 5.9% of the gymnasts had an increased body fat content with a normal body mass index. They had higher body fat mass, lower lean and skeletal muscle mass, specific values of basal metabolism and body water ($p \leq 0.05$) than athletes with normal fat mass with the same somatometric indicators. ***Conclusion.*** The results of the study demonstrate the importance of assessing the basal metabolic rate using instrumental methods.

Keywords: rhythmic gymnastics, somatometry, bioimpedance analysis, excess body fat with normal body mass index, basal metabolic rate, hydration status.

Введение. Величина основного обмена (ВОО) является основополагающим показателем расчета потребности спортсмена в пищевых веществах и энергии. ВОО зависит от количества метаболически активных тканей в организме и, соответственно, количества жировой ткани, поэтому она выше у спортсменов, чем у физически неактивных людей, и выше у представителей мужского пола по сравнению с женским [1].

В Российской Федерации действуют клинические рекомендации «Ожирение у детей» [2], согласно которым для диагностики ожирения следует рассчитывать коэффициент стандартного отклонения (standard deviation score, SD) от нормальной массы тела для возраста детей. Оценка состояния питания детей основана на сопоставлении полученных значений индекса массы тела (ИМТ) с интервалами SD, которым соответствует интерпретация, разработанная Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и внедренная в разработанную ВОЗ программу «AntroPlus» [3], а также в программное обеспечение (ПО) биоимпедансного анализатора состава тела «АВС-01 Медасс». Дополнительно существует классификация доли жировой массы тела (ЖМТ), подразделяющая обследуемый контингент по проценту ЖМТ для определенного возраста и пола на недостаточное, нормальное, избыточное содержание и ожирение. Эта классификация также внедрена в ПО анализатора «АВС-01 Медасс» [1].

При оценке пищевого статуса рядом авторов отмечены случаи, при которых ИМТ не может быть использован как показатель компонентного состава тела пациента: наличие отека или асцита, массивный рост объемного образования (опухоли) или увеличение органа, сильно развитые скелетно-мышечная масса (СММ) и тощая масса тела (ТМТ) у спортсменов при высоких показателях ИМТ и нормальных или пониженных значениях ЖМТ («ложная избыточная масса тела», «ложное ожирение»), наличие избыточной ЖМТ при нормальных показателях ИМТ («скрытая избыточная масса тела», «скрытое ожирение») [1, 4-6].

За рубежом для определения избыточной ЖМТ при нормальных показателях ИМТ используют термин «Normal weight obesity» («NWO») или «Ожирение при нормальной массе тела» («ОНМТ»), называемый также «скрытое ожирение», для определения состояния избыточной ЖМТ, процент которой соответствует ожирению, при нормальном значении ИМТ [7, 8]. У лиц с нормальной массой тела по ИМТ и высоким процентом жировой ткани наблюдается высокая степень метаболической дисрегуляции, они имеют более высокий риск развития метаболического синдрома, кардиометаболической дисфункции и риск более высокой смертности [9, 10].

Выявление спортсменов с избыточной ЖМТ при нормальных показателях ИМТ является важным для спортивной медицины, т.к. избыточная ЖМТ является предиктором возникновения не только метаболических нарушений, но и ожирения после окончания спортивной карьеры.

Цель исследования – выявить зависимость показателя величины основного обмена и водных секторов организма от вариаций компонентного состава тела при одинаковых антропометрических показателях у спортсменок, специализирующихся в художественной гимнастике.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие спортсменки 6,0-20 лет, занимающиеся художественной гимнастикой (n=239). Обследованных разделили на 4 группы: в 1-ю группу вошли девочки 5,5-10,5 лет, во 2-ю – девушки 10,6-14,5 лет, в 3-ю – девушки 14,6-17,5 лет, в 4-ю – девушки 18,4-19,8 лет (количество обследованных и средний возраст по группам представлены в таблицах).

Антропометрические измерения проводили по стандартной методике [11]. Количество лабильных компонентов тела, величину основного обмена и показатели водных секторов организма определяли методом биоимпедансометрии с помощью анализатора «АВС-01 Медасс» (НТЦ «Медасс», Россия) [1].

Оценку соответствия длины тела (ДТ) и ИМТ обследованных гимнасток в возрасте до 18 лет нормативам ВОЗ [12] проводили с помощью программы ВОЗ AnthroPlus (вкладка «Обследование состояния питания») методом вычисления Z-score [3]. Для спортсменок 18-20 лет использовали оценку

ИМТ согласно общепринятой классификации для взрослых. Оценку наличия избыточной жировой массы при нормальных показателях антропометрии проводили с помощью программного обеспечения (ПО) анализатора «АВС-01 Медасс».

Дополнительно для оценки статуса питания применяли метод, сочетающий в себе оценку ИМТ и ЖМТ («АВС-01 Медасс»), т.к. диагностика по значению ИМТ не учитывает избыточную ЖМТ при нормальных показателях ИМТ и наличие высокого содержания тощей массы у спортивного контингента при повышенных показателях ИМТ.

Статистические расчеты проводились с помощью пакета Statistica 12 (StatSoft, США) и программы Microsoft Excel. Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Шапиро-Уилка. Достоверность различий определяли с помощью непараметрических критериев Манна-Уитни (U-тест) и рангового критерия Краскела-Уоллиса (H-критерий), поскольку более половины полученных данных имели распределение, отличное от нормального. Статистически значимыми считали различия при $p \leq 0,05$. Данные представлены в виде медианы (Me) и межквартильных интервалов [нижний квартиль (Q1); верхний квартиль (Q3)]. Корреляционный анализ данных проводился по Спирмену с помощью пакета Statistica 12.

Результаты исследования и их обсуждение. Оценка пищевого статуса показала, что 3,3% обследованных гимнасток (8 из 239 чел.) имели дефицит массы тела (МТ); у одной из них была диагностирована низкая ДТ. Все остальные 96,7% гимнасток (231 человек: 214 человек до 18 лет, обследованные по программе AnthroPlus, и 17 человек в возрасте старше 18 лет, прошедшие оценку статуса питания по критериям ИМТ для взрослой популяции), принадлежали к группе с нормальной массой тела. У 5,9% гимнасток (14 чел.) диагностировано повышенное содержание жировой массы тела при нормальном ИМТ. 225 гимнасток имели нормальное или пониженное содержание жировой массы тела в организме; 3 спортсменки с дефицитом массы тела имели пониженное содержание ЖМТ.

На всем возрастном отрезке от 6 до 20 лет наблюдается закономерное возрастание показателей МТ, ДТ, ИМТ и индекса отношения окружности талии к окружности бедер (ИТБ). Девочки 1 и 2 групп статистически значимо ($p=0,000$) различались между собой и от представительниц 3 и 4 групп спортсменок по всем показателям. Спортсменки 3 и 4 групп статистически значимо ($p=0,000$) различались между собой и от представительниц 1 и 2 групп по ИМТ, тогда как по ДТ, МТ и ИТБ статистически значимых различий между 3 и 4 группами обнаружено не было (показатели ДТ и ИТБ были одинаковыми, показатели МТ, ОБ и ИМТ были незначительно выше у художественных гимнасток 4 группы).

Выявлено возрастание показателей ЖМТ, доли ЖМТ, ТМТ, активной клеточной массы (АКМ), СММ и ее доли ($p=0,000$). Девочки 1 и 2 групп статистически значимо ($p=0,000$) различались между собой и отличались от представительниц 3 и 4 групп спортсменок по всем показателям. Спортсменки 3 и 4 групп статистически значимо ($p=0,000$) различались между собой и отличались от представительниц 1 и 2 групп по АКМ, тогда как по ЖМТ, доле ЖМТ, ТМТ, СММ и доле СММ различий между 3 и 4 группой обнаружено не было (показатели СММ были практически одинаковыми, показатели ЖМТ, доли ЖМТ и ТМТ были незначительно выше у художественных гимнасток 4 группы, а показатель доли СММ – выше у гимнасток 3 группы) (табл. 1).

При анализе данных основного обмена, водных секторов (распределения воды организма) и индексов гидратации организма четырех групп спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой, было показано, что в возрастном интервале от 6 до 20 лет наблюдается закономерное возрастание ($p=0,000$) показателей ВОО, общей воды организма (ОВО), внеклеточной воды (ВнекВ) и внутриклеточной воды (ВнукВ), закономерное уменьшение показателей удельной ВОО (ВООуд), доли ВнекВ, индексов гидратации ВнекВ/ВнукВ и ВнекВ/ОВО при практически одинаковых показателях доли ВнукВ. Девочки 1 и 2 группы статистически значимо ($p=0,000$) различались между собой и отличались от

представительниц 3 и 4 групп спортсменок по всем показателям. Спортсменки 3 и 4 групп статистически значимо различались между собой по ВОО (p=0,0056), ВООуд (p=0,04), ВнукВ (p=0,0107), доле ВнекВ (p=0,0404), индексам ВнекВ/ОВО (p=0,000) и ВнекВ/ВнукВ (p=0,000), а также статистически значимо отличались (p=0,000) от представительниц 1 и 2 групп; тогда как по ОВО, ВнекВ и доле ВнукВ различий между 3 и 4 группами обнаружено не было (показатели доли ВнукВ были практически одинаковыми, показатели ОВО, ВнекВ и доли ВнукВ были незначительно выше у художественных гимнасток 4 группы) (табл. 1).

Таблица 1

Показатели соматометрии и биоимпедансного анализа состава тела художественных гимнасток 6-20 лет в зависимости от возраста, Me [Q1; Q3]

Показатель	1 группа, n=95	2 группа, n=95	3 группа, n=32	4 группа, n=17
Возраст, лет	9,0* [7; 9]	12,0* [11; 13]	16,0* [15; 16]	19,0* [19; 19]
Длина тела, см	132* [126; 141]	149* [142; 156]	$165^{1,2}$ [161,5; 171,5]	$165^{1,2}$ [162; 168]
Масса тела, кг	26,8* [21,8; 30,5]	35,9* [32; 40,9]	$50,9^{1,2}$ [46,3; 54,1]	$53,9^{1,2}$ [52,1; 57,2]
ИМТ, кг/м^2	14,9* [14; 15,6]	16,3* [15,3; 17,2]	18,2* [17,2; 20]	19,6* [19,1; 21,1]
ИТБ	0,82* [0,79; 0,84]	0,77* [0,75; 0,81]	$0,72^{1,2}$ [0,70; 0,75]	$0,72^{1,2}$ [0,69; 0,76]
ЖМТ, кг	3,6* [2,7; 4,8]	5,6* [4,5; 7,6]	$11,1^{1,2}$ [7; 14,3]	$12,2^{1,2}$ [10,7; 14,6]
Доля ЖМТ, %	14,1* [10,9; 16,1]	16,1* [13,3; 18,9]	$20,9^{1,2}$ [13,9; 26,7]	$23,0^{1,2}$ [20,6; 24]
ТМТ, кг	23,1* [19,6; 25,7]	30,8* [27; 34,6]	$40,5^{1,2}$ [38,5; 41,95]	$42,2^{1,2}$ [39,9; 43,9]
АКМ, кг	12,0* [10,4; 13,8]	16,4* [14,5; 18,2]	22,4* [20,1; 23,8]	24,2* [23,3; 24,9]
СММ, кг	8,4* [6,8; 10,2]	14,1* [11,1; 17,4]	$21,0^{1,2}$ [19,6; 22,2]	$21,1^{1,2}$ [20,1; 22,6]
Доля СММ, % в ТМТ	36,3* [34,5; 39,8]	46,1* [41,2; 50,6]	$51,3^{1,2}$ [50; 53]	$50,5^{1,2}$ [49,8; 51,1]
ВООуд, ккал/м^2	1008* [950,4; 1093,9]	911* [877,8; 940]	839* [816,5; 864,65]	870* [840,5; 899,9]
ОВО, кг	16,3* [14; 18,3]	22,6* [19,8; 25,3]	$29,6^{1,2}$ [28,2; 30,8]	$30,9^{1,2}$ [29,2; 32,2]
ВнекВ, кг	8,4* [7,4; 9,1]	10,4* [9,4; 11,5]	$12,9^{1,2}$ [12,4; 13,3]	$13,2^{1,2}$ [12,3; 13,6]
ВнукВ, кг	8,0* [6,5; 9,1]	12,0* [10,4; 13,9]	16,6* [15,7; 17,5]	17,6* [16,9; 18,5]
Доля ВнекВ, %	31,4* [29,9; 33,7]	28,6* [27,1; 29,8]	25,0* [23,6; 27,1]	24,1* [23,5; 24,5]
Доля ВнукВ, %	30,0* [28,9; 31,3]	$32,9^{1}$ [31,9; 33,9]	$32,6^{1}$ [30; 35,6]	$32,5^{1}$ [31,5; 33,5]
ВнекВ/ВнукВ	1,060* [0,99; 1,14]	0,860* [0,810; 0,910]	0,775* [0,750; 0,800]	0,740* [0,730; 0,740]
ВнекВ/ОВО	0,510* [0,5; 0,53]	0,460* [0,450; 0,480]	0,440* [0,430; 0,440]	0,420* [0,420; 0,430]

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ИТБ – индекс отношения окружности талии к окружности бедер; ЖМТ – жировая масса тела; ТМТ – тощая масса тела; АКМ – активная клеточная масса тела; СММ – скелетно-мышечная масса; ВООуд – удельная величина основного объема; ОВО – общая вода организма; ВнекВ – внеклеточная вода; ВнукВ – внутриклеточная вода; * – статистически значимые отличия показателя группы от показателей остальных трех групп; [1] – достоверные отличия от 1 группы; [2] – достоверные отличия от 2 группы; достоверность различий определяли попарно между всеми группами с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса, статистически значимыми считали различия при $p \leq 0,05$.

Далее спортсменки 3 (14,6-17,5 лет) и 4 (18,4-19,8 лет) групп были объединены в единую группу (14,6-19,8 лет) и разделены на 2 подгруппы в зависимости от отсутствия (1-я подгруппа) или наличия (2-я подгруппа) у них избыточной жировой массы тела при нормальной массе тела.

При одинаковых соматометрических показателях и возрасте спортсменки 2-й подгруппы имели статистически значимо более высокие показатели ЖМТ (p=0,000002), доли ЖМТ (p=0,000000), статистически значимо меньшие показатели ТМТ (p=0,016340), СММ (p=0,000399), доли

СММ (p=0,000042), а также меньшие показатели АКМ и большие показатели доли АКМ, но различия не достигали уровня статистической значимости (рис. 1, табл. 2).

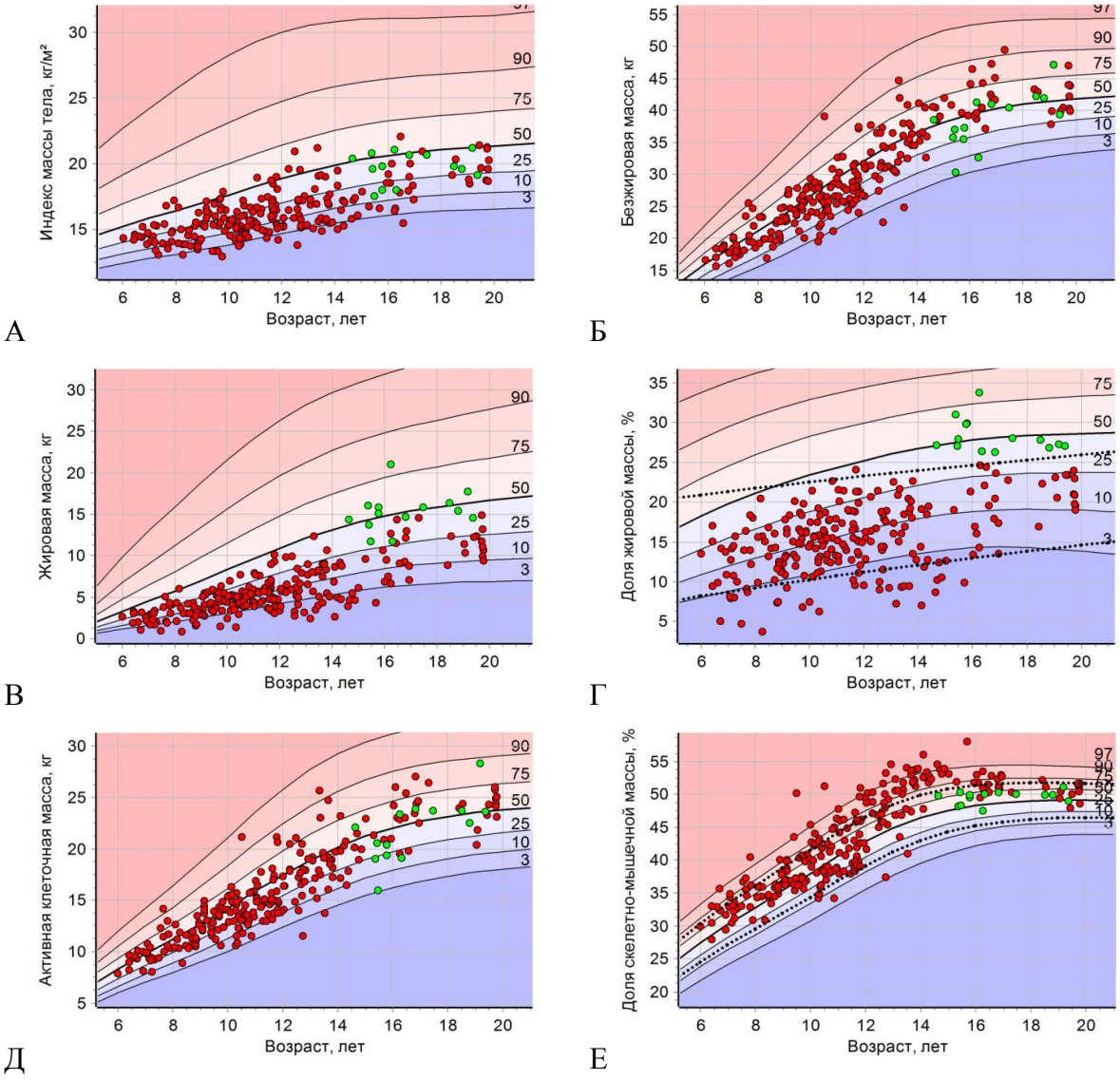


Рис. 1. Показатели индекса массы тела (ИМТ) (а), тощей (безжировой) массы тела (б), жировой массы тела (ЖМТ) в абсолютных (в) и относительных (г) величинах, активной клеточной массы (д) и доли скелетно-мышечной массы (е) спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой (салатовые маркеры – спортсменки с избыточной ЖМТ при нормальных показателях ИМТ, красные маркеры – остальные спортсменки)

Показано, что спортсменки 2-й подгруппы имели достоверно меньшие показатели ВООуд (p=0,00931), ОВО (p=0,015852), ВнекВ (p=0,006065), ВнукВ (p=0,020765), доли ВнекВ (p=0,00000) и доли ВнукВ (p=0,00000), а также меньшие показатели ВОО и большие показатели индексов гидратации ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ, но различия не достигали уровня статистической значимости (рис. 2, табл. 2).

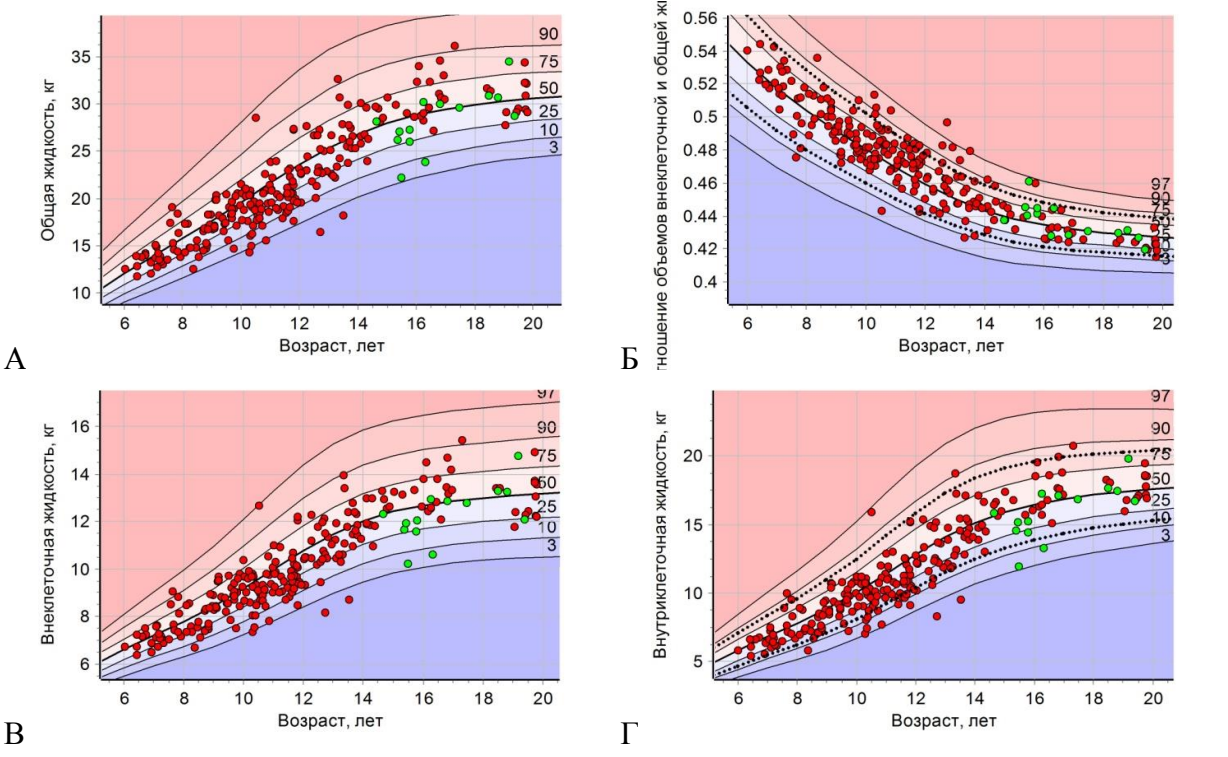
Был проведен корреляционный анализ данных, показавший наличие достоверных корреляционных связей средней, высокой и очень высокой сил между показателями компонентного состава тела и показателями величины основного обмена и водных секторов организма (табл. 3), а также между возрастом обследованных спортсменок и показателями компонентного состава тела, величиной основного обмена и водными секторами организма (табл. 4).

Таблица 2

Показатели соматометрии и биоимпедансного анализа состава тела художественных гимнасток 14,5-20 лет в зависимости от содержания в их организме жировой массы, Me [Q1; Q3]

Показатель	1 подгруппа, n=35	2 подгруппа, n=14
Возраст, лет	16,0 [16; 19]	16,0 [15; 18]
Длина тела, см	165,0 [163; 171]	164,5 [160; 172]
Масса тела, кг	51,3 [48; 55]	53,6 [50,8; 57,3]
ИМТ, кг/м^2	18,7 [17,3; 20]	19,8 [19,1; 20,7]
ИТБ	0,74 [0,7; 0,76]	0,70 [0,68; 0,73]
ЖМТ, кг	10,0 [7,1; 12,2]	15,3* [14,3; 16,1]
Доля ЖМТ, %	19,6 [14,3; 22,7]	27,6* [27; 29,9]
ТМТ, кг	40,9 [39,7; 44,1]	38,9* [35,8; 41,3]
АКМ, кг	23,3 [21,3; 24,7]	22,3 [19,4; 23,7]
СММ, кг	21,7 [20,3; 22,7]	19,2* [17,7; 20,6]
Доля СММ, % в ТМТ	51,6 [50,5; 52,9]	49,8* [49; 50]
ВОО, ккал/сут.	1352 [1290,1; 1394,9]	1321 [1228,8; 1365,2]
ВООуд, ккал/м^2	865 [832,5; 882,1]	826* [800,4; 846,4]
ОВО, кг	29,9 [29; 32,2]	28,5* [26,2; 30,2]
ВнекВ, кг	13,2 [12,5; 13,6]	12,2* [11,7; 12,9]
ВнукВ, кг	17,2 [16,5; 18,6]	16,3* [14,5; 17,3]
Доля ВнекВ, %	24,9 [24,2; 27]	22,8* [22,7; 23,3]
Доля ВнукВ, %	33,6 [32,4; 35,6]	30,0* [28,5; 30,4]
ВнекВ/ВнукВ	0,750 [0,740; 0,780]	0,770 [0,750; 0,800]
ВнекВ/ОВО	0,430 [0,420; 0,440]	0,435 [0,430; 0,440]

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ИТБ – индекс отношения окружности талии к окружности бедер; ЖМТ – жировая масса тела; ТМТ – тощая масса тела; АКМ – активная клеточная масса тела; СММ – скелетно-мышечная масса; ВОО – величина основного объема; ВООуд – удельная величина основного объема; ОВО – общая вода организма; ВнекВ – внеклеточная вода; ВнукВ – внутриклеточная вода; * – достоверные различия между двумя подгруппами; достоверность различий между двумя группами определяли с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни.



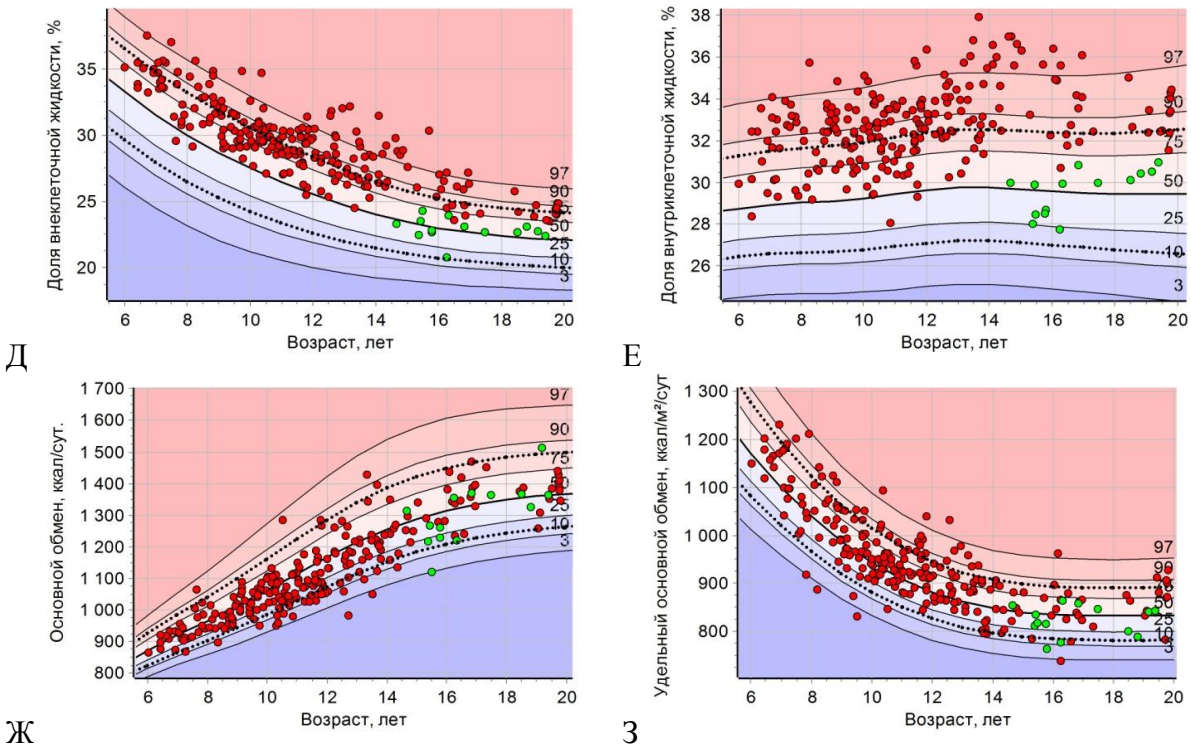


Рис. 2. Показатели общей воды (жидкости) организма (ОВО) (а), отношения внеклеточной жидкости к ОВО (индекс гидратации организма ВнекВ/ОВО) (б), внеклеточной жидкости (ВнекВ) (в) и ее доли (д), внутриклеточной жидкости (ВнукВ) (г) и ее доли (е), величины основного обмена (ВОО) (ж) и ее удельного значения в расчете на площадь поверхности тела (з) спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой (салатовые маркеры – спортсменки с избыточной жировой массой тела при нормальных показателях индекса массы тела, красные маркеры – остальные спортсменки)

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа, показывающие наличие сильных и очень сильных корреляционных связей между показателями компонентного состава тела и показателями величины основного обмена и водных секторов организма (n=239)

Показатель	ИМТ, кг/м^2	ЖМТ, кг	Доля ЖМТ, %	ТМТ, кг	АКМ, кг	Доля АКМ, %	СММ, кг	Доля СММ, %
ВОО, ккал/сут	0,540			**0,886**	**0,999**	0,568	**0,704**	
ВООуд, ккал/сут/м^2	0,306	-0,399	-0,419		0,360	0,537		
ОВО, кг	0,341			**0,999**	**0,884**		**0,889**	0,301
ВнекВ, кг			-0,334	**0,945**	**0,749**		**0,963**	0,496
ВнукВ, кг	0,429			**0,978**	**0,933**	0,327	**0,818**	
Доля ВнекВ, %	-0,666	**-0,955**	**-0,952**			-0,440	0,411	**0,817**
Доля ВнукВ, %	-0,432	**-0,897**	**-0,977**	0,290			0,532	**0,747**
ВнекВ/ВнукВ	-0,572			-0,569	**-0,777**	-0,653	-0,306	
ВнекВ/ОВО	-0,451			-0,486	-0,676	-0,631		

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ЖМТ – жировая масса тела; ТМТ – тощая масса тела; АКМ – активная клеточная масса тела; СММ – скелетно-мышечная масса; ВОО – величина основного объема; ВООуд – удельная величина основного объема; ОВО – общая вода организма; ВнекВ – внеклеточная вода; ВнукВ – внутриклеточная вода; в таблице указаны только статистически значимые корреляционные связи; полужирным шрифтом выделены корреляционные связи высокой и очень высокой силы по шкале Чеддока; корреляционные связи считали статистически достоверными при $p<0,05$.

Таблица 4

Результаты корреляционного анализа, показывающие наличие сильных и очень сильных корреляционных связей между возрастом обследованных спортсменок и показателями компонентного состава тела, величиной основного обмена и водными секторами организма (n=239)

Показатель	Возраст
ИМТ, кг/м^2	**0,727482**
ЖМТ, кг	**0,771986**
Доля ЖМТ, %	0,498645
ТМТ, кг	**0,915986**
АКМ, кг	**0,912834**
Доля АКМ, %	0,323499
СММ, кг	**0,917563**
Доля СММ, %	**0,877831**
ВОО, ккал/сут	**0,913075**
ВООуд, ккал/сут/м^2	**-0,819211**
ОВО, кг	**0,925541**
ВнекВ, кг	**0,905882**
ВнукВ, кг	**0,933652**
Доля ВнекВ, %	**-0,842412**
Доля ВнукВ, %	0,564416
ВнекВ/ВнукВ	**-0,945763**
ВнекВ/ОВО	**-0,945057**

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ЖМТ – жировая масса тела; ТМТ – тощая масса тела; АКМ – активная клеточная масса тела; СММ – скелетно-мышечная масса; ВОО – величина основного объема; ВООуд – удельная величина основного объема; ОВО – общая вода организма; ВнекВ – внеклеточная вода; ВнукВ – внутриклеточная вода; в таблице указаны только достоверные корреляции; полужирным шрифтом выделены корреляционные связи высокой и очень высокой силы по шкале Чеддока; корреляционные связи считали статистически достоверными при $p<0,05$.

Анализ данных показал, что существуют определенные закономерности (табл. 4) изменения количества лабильных компонентов тела, водных секторов организма и величины основного обмена, связанные с увеличением возраста обследованных спортсменок – с увеличением возраста увеличиваются также показатели лабильных компонентов массы тела, показатели ВОО, количества общей, внеклеточной и внутриклеточной воды организма, доли внутриклеточной воды; одновременно уменьшаются показатели удельной ВОО, доли внеклеточной воды и индексов гидратации организма (ВнекВ/ВнукВ, ВнекВ/ОВО), о чем говорят отрицательные корреляционные связи.

В группе обследованных спортсменок в возрасте 14,5-20 лет было выявлено 14 девушек, имеющих избыточную жировую массу при нормальных показателях ИМТ. При одинаковых соматометрических показателях и различном компонентном составе тела спортсменки имеют разный уровень основного обмена и содержания воды в организме. Различия обусловлены меньшими показателями ВОО и ОВО при меньших показателях ТМТ и ее составляющих и, наоборот, высокие показатели ТМТ определяют высокую ВОО и ОВО.

ВОО можно определить расчетным и аппаратным методами. Как было показано в предыдущей работе, при оценке ВОО у спортсменов различных специализаций с использованием уравнений прогноза (метод расчета) результаты могут различаться на 3,9-15,5% в мужских группах и на 13,8-30,8% в женских группах [13]. Можно предположить, что формулы для расчета ВОО, основанные на 2-х (ДТ и МТ: De Lorenzo) или 3-х (ДТ, МТ, возраст: Harris-Benedict, Mifflin-St Jeor) [13] переменных и не учитывающие компонентный состав тела, при одинаковых соматометрических данных двух спортсменок с различным содержанием ЖМТ дадут одинаковые результаты расчета ВОО, если расчет будет

проведен по любой из приведенных формул. Также можно предположить, что у этих же двух спортсменок при использовании формул для расчета ТМТ, в которых также используются две переменные (ДТ и МТ: Boer, Hume, James) [13], результаты прогноза количества ТМТ будут одинаковыми. Соответственно, подставляя величины ТМТ, полученные расчетным методом, в уравнения прогноза ВОО с использованием данных ТМТ (Katch_McArdle, Cunningham) [13], мы также получим одинаковые прогностические величины ВОО для двух вышеупомянутых спортсменок. При этом нашими исследованиями показано, что при одинаковых соматометрических параметрах и различном компонентном составе спортсменки будут различаться по показателю ВОО.

Количество воды в организме также напрямую зависит от количества метаболически-активных тканей: большее абсолютное количество общей, внеклеточной и внутриклеточной воды ассоциировано с большим количеством ТМТ и СММ и меньшим количеством ЖМТ, и наоборот. Внеклеточная вода составляет примерно 1/3 (30-40%) от ОВО, а внутриклеточная – примерно 2/3 (60-70%). Относительные показатели внеклеточной и внутриклеточной воды (от общей МТ) также ассоциированы с количеством лабильных компонентов массы тела: большее относительное количество ВнекВ и ВнукВ связано с большим количеством метаболически-активных тканей и меньшим количеством ЖМТ. Значение индексов гидратации (ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ) в двух подгруппах не различается и соответствует популяционным значениям, что указывает на нормальный статус гидратации организма обследованных спортсменок [14].

Заключение. Исследований, посвященных избыточной ЖМТ при нормальном ИМТ у спортсменов, в российской и зарубежной литературе найдено не было. Данное исследование является первым, в котором освящена данная проблема в детско-юношеском спорте у художественных гимнасток. Несмотря на то, что частота встречаемости избыточной ЖМТ при нормальных показателях ИМТ в обследованной группе спортсменок невысока и составляет 5,9% в общей группе спортсменок 6-20 лет, среди девочек 14,5-20 лет она достигла 28,6% (14 девочек из 49). При этом 12 спортсменок (24,5%) имели значения ЖМТ, приравниваемые к избыточной МТ, а 2 спортсменки (4,1%) – к ожирению (при оценке пищевого статуса по доле ЖМТ).

Нами были выявлены достоверные корреляционные связи средней, высокой и очень высокой силы между показателями компонентного состава тела и показателями величины основного обмена и водных секторов организма, а также между возрастом обследованных спортсменок и показателями компонентного состава тела, величиной основного обмена и водными секторами организма. В связи с тем, что ВОО является отправной точкой расчета потребностей спортсменок в пищевых веществах и энергии, результаты проведенного исследования показывают важность проведения оценки ВОО аппаратными методами – более точными, чем расчетные методы определения ВОО.

Тренерам и врачам команд следует знать, что художественные гимнастки имеют риск набора избыточной жировой массы тела при нормальных показателях ИМТ, как в период пубертата (начиная в среднем с 14,5 лет), так и после окончания спортивной карьеры.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы FGMF-2025-0002 «Разработка и реализация инновационных антропонутрициологических подходов для оптимизации уровня физического развития и спортивной работоспособности в детско-юношеском спорте».

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study was carried out under the project FGMF-2025-0002 titled “Development and realization of innovational antroponutritiological approaches for optimizing the level of physical development and sports performance in youth sports”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев, Д.В. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека / Д.В. Николаев, С.П. Щелыкалина. – М.: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2016. – 152 с.
2. Клинические рекомендации «Ожирение у детей» (КР 2024). – URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/229_3 (дата обращения: 03.02.2026).
3. Приложение для ПО «WHO AnthroPlus» для оценки статуса питания детей 5-19 лет на основе стандартов роста детей ВОЗ, опубликованных в 2007 году. – URL: https://who-anthroplus.informer.com/download/ (дата обращения: 03.02.2026).
4. Биоимпедансный анализ состава тела: что важно знать терапевту? / О.М. Драпкина, О.А. Максимова, А.Ф. Шептулина, О.Н. Джиоева // Профилактическая медицина. – 2022. – Т. 25. – № 10. – С. 91-96. DOI: 10.17116/profmed20222510191.
5. Современные методы оценки состава тела / Д.С. Русакова, М.Ю. Щербакова, К.М. Гаппарова [и др.] // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2012. – № 8. – С. 71-81.
6. Современные методы анализа композиционного состава тела / А.С. Самойлов, А.В. Жолинский, Н.В. Рылова [и др.] // Практическая медицина. – 2022. – Т. 20. – № 1. – С. 21-26. DOI: 10.32000/2072-1757-2022-1-21-26.
7. Associations between normal weight central obesity and cardiovascular disease risk factors in Japanese middle-aged adults: a cross-sectional study / T. Shirasawa, H. Ochiai, T. Yoshimoto [et al.] // Journal of Health, Population and Nutrition. – 2019. – Vol. 38. – No. 1. – P. 1-7. DOI: 10.1186/s41043-019-0201-5.
8. Suliga, E. Prevalence of metabolic syndrome in normal weight individuals / E. Suliga, D. Kozieł, S. Głuszek // Annals of Agricultural and Environmental Medicine. – 2016. – Vol. 23. – No. 4. – P. 631-635. DOI: 10.5604/12321966.1226858.
9. The concept of normal weight obesity / E. Oliveros, V.K. Somers, O. Sochor [et al.] // Prog. Cardiovasc. Dis. – 2014. – Vol. 56. – No. 4. – P. 426-433. DOI: 10.1016/j.pcad.2013.10.003.
10. Wijayatunga, N.N. Normal weight obesity and unaddressed cardiometabolic health risk – a narrative review / N.N. Wijayatunga, E.J. Dhurandhar // Int J Obes. – 2021. – No. 45. – P. 2141-2155. DOI: 10.1038/s41366-021-00858-7.
11. Анатомо-антропонутрициологические методы оценки физического и пищевого статусов детского и взрослого населения с различным уровнем физической активности: методические рекомендации // В.А. Тутельян, Д.Б. Никитюк, К.В. Выборная [и др.]. – Москва: Мультипринт, 2022. – 112 с. DOI: 10.56188/978-5-6048236-0-6-202.
12. Стандарты роста детей ВОЗ, разработанные в 2007 году. – URL: https://www.who.int/tools/child-growth-standards (дата обращения: 03.02.2026).
13. Сравнительная оценка величины основного обмена спортсменов с различным уровнем физической активности на основе прогностических уравнений / Р.М. Раджабкадиев, К.В. Выборная, А.И. Соколов, Д.Б. Никитюк // Вопросы питания. – 2024. – Т. 93. – № 5. – С. 35-42. DOI: 10.33029/0042-8833-2024-93-5-35-42.
14. Выборная, К.В. Особенности оценки водных секторов и статуса гидратации организма с помощью биоимпедансных анализаторов состава тела / К.В. Выборная // Медицинский алфавит. Серия «Диетология и нутрициология». – 2024. – Т. 16. – № 1. – С. 25-34. DOI: 10.33667/2078-5631-2024-16-73-82.

REFERENCES

1. Nikolaev D.V., Shchelykalina S.P. Bioimpedance analysis of the human body composition: lectures. Moscow: RIO TSNIIOIZ, 2016. 152 p. (in Russ.)
2. Clinical Guidelines “Obesity in Children” (CG 2024). Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/229_3 (accessed: 03.02.2026). (in Russ.)
3. WHO AnthroPlus software application for assessing the nutritional status of children aged 5-19 years based on the WHO Child Growth Standards published in 2007. Available at: https://who-anthroplus.informer.com/download/ (accessed: 03.02.2026). (in Russ.)
4. Drapkina O.M., Maksimova O.A., Sheptulina A.F., Dzhioeva O.N. Bioimpedance analysis of body composition: what should general practitioner know? *Russian Journal of Preventive Medicine*, 2022, vol. 25, no. 10, pp. 91-96. DOI: 10.17116/profmed20222510191. (in Russ.)
5. Rusakova D.S., Shcherbakova M.Y., Gapparova K.M. et al. Modern evaluating methods of the body. *Experimental and Clinical Gastroenterology*, 2012, no. 8, pp. 71-81. (in Russ.)
6. Samoylov A.S., Zholinskiy A.V., Rylova N.V. et al. Modern methods of body composition analysis. *Practical medicine*, 2022, vol. 20, no. 1, pp. 21-26. DOI: 10.32000/2072-1757-2022-1-21-26. (in Russ.)
7. Shirasawa T., Ochiai H., Yoshimoto T. et al. Associations between normal weight central obesity and cardiovascular disease risk factors in Japanese middle-aged adults: a cross-sectional study. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 2019, vol. 38(1), pp. 1-7. DOI: 10.1186/s41043-019-0201-5.
8. Suliga E., Kozieł D., Głuszek S. Prevalence of metabolic syndrome in normal weight individuals. *Annals of Agricultural and Environmental*

Medicine, 2016, vol. 23, no. 4, pp. 631-635. DOI: 10.5604/12321966.1226858.
9. Oliveros E., Somers V.K., Sochor O., Goel K., Lopez-Jimenez F. The concept of normal weight obesity. *Prog Cardiovasc Dis*, 2014, vol. 56(4), pp. 426-433. DOI: 10.1016/j.pcad.2013.10.003.
10. Wijayatunga N.N., Dhurandhar E.J. Normal weight obesity and unaddressed cardiometabolic health risk – a narrative review. *Int J Obes*, 2021, no. 45, pp. 2141-2155. DOI: 10.1038/s41366-021-00858-7.
11. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Vybornaya K.V. et al. Anatomical and anthroponutritional methods for assessing the physical and nutritional status of children and adults with different levels of physical activity: methodological guidelines. Moscow: Multiprint, 2022. 112 p. DOI: 10.56188/978-5-6048236-0-6-2022. (in Russ.)
12. WHO Child Growth Standards, developed in 2007. Available at: https://www.who.int/tools/child-growth-standards (accessed: 03.02.2026). (in Russ.)
13. Radjabkadiev R.M., Vybornaya K.V., Sokolov A.I., Nikityuk D.B. Comparative assessment of the basal metabolic rate in athletes with different level of physical activity based on prediction equations. *Problems of Nutrition*, 2024, vol. 93, no. 5, pp. 35-42. DOI: 10.33029/0042-8833-2024-93-5-35-42. (in Russ.)
14. Vybornaya K.V. Features of assessing water sectors and body hydration status using bioimpedance body composition analyzers. *Medical alphabet*, 2024, no. 16, pp. 73-82. DOI: 10.33667/2078-5631-2024-16-73-82. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ксения Валерьевна Выборная – научный сотрудник лаборатории антропонутрициологии и спортивного питания, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, e-mail: dombim@mail.ru.
Дмитрий Борисович Никитюк – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва; профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва; профессор кафедры экологии и безопасности пищи Института экологии, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, e-mail: dimitrynik@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Ksenia V. Vybornaya – Researcher of the Laboratory of Anthroponutrition and Sports Nutrition, Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, e-mail: dombim@mail.ru.
Dmitrij B. Nikityuk – Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; Professor of the Department of Operative Surgery and Regional Anatomy, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; Head of the Department of Ecology and Food Safety, Ecology Faculty, RUDN University, Moscow, e-mail: dimitrynik@mail.ru.

Для цитирования: Выборная, К.В. Зависимость величины основного обмена и водных секторов организма от вариаций компонентного состава тела при одинаковых антропометрических показателях у художественных гимнасток / К.В. Выборная, Д.Б. Никитюк // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_27

For citation: Vybornaya K.V., Nikityuk D.B. Dependence of the value of basal metabolism and water sectors of the body on variations in the component composition of the body with the same anthropometric indicators in rhythmic gymnasts. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_27