

## СОМАТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ И ПОКАЗАТЕЛИ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ТЕЛА КАК КРИТЕРИИ СКРИНИНГА ОЖИРЕНИЯ В ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ НА ПРИМЕРЕ ЖЕНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ



© О.О. Бредихина\*, И.В. Аверьянова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан, Россия

**Обоснование.** Индекс массы тела (ИМТ) — наиболее распространенный метод для диагностики и классификации ожирения, при этом достоверность данного метода в последнее время все чаще ставится под сомнение.

**Цель.** Анализ возрастной динамики соматометрических индексов, в том числе ИМТ и характеристик компонентного состава тела, а также сопоставление данных показателей на предмет информативности оценки и классификации ожирения у представительниц женского населения Магаданской области.

**Материалы и методы.** Для реализации поставленной цели оценивали показатели физического развития и характеристики компонентного состава тела с использованием метода биоэлектрического импеданса у 754 женщин различных возрастных групп.

**Результаты.** Показано, что от группы девушек к группе женщин пожилого возраста отмечается значимое снижение FFMI (мышечная масса) на фоне возрастания FMI (жировая масса), FM/FFM (соотношение жировой массы к мышечной), общего содержания жира и отношения окружности талии к бедрам. Женщины 2-го зрелого и пожилого возраста с нормальным ИМТ характеризуются низким содержанием мышц на фоне ожирения (согласно соотношению FM/FFM). На основании этого авторы считают недостаточной информативность показателя ИМТ как критерия диагностики ожирения и избыточной массы тела в данных возрастных группах. При этом проведенный ROC-анализ зависимости ИМТ от значений FM/FFM > 0,4 усл. ед. позволил определить оптимальное значение нормальной массы тела в группе девушек и представительниц 1-го зрелого возрастов величина которого равна 24 кг/м<sup>2</sup>. В целом, проведенный ROC-анализ в сочетании с корреляционным анализом, результаты которого отражают отсутствие взаимосвязи ИМТ с соотношением FM/FFM в выборках 2-го зрелого и пожилого возрастов также свидетельствует об ограничении по применению в качестве маркера риска ожирения ИМТ в данных периодах онтогенеза.

**Заключение.** У представительниц женского населения Магаданской области классические диапазоны ИМТ не являются четкими критериями для классификации ожирения в выборках женщин 2-го зрелого и пожилого периодов онтогенеза, в то время как показатель соотношения FM/FFM может представлять собой более подходящий информативный маркер для определения ожирения, а также саркопенических тенденций ввиду учета компонентов состава тела.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ИМТ; биоимпедансный анализ; антропометрические индексы; возрастная динамика; физическое развитие; женское население; ожирение; ROC-анализ.

## SOMATOMETRIC INDICES AND BODY COMPOSITION AS CRITERIA FOR SCREENING OBESITY IN THE ONTOGENETIC ASPECT: CASE STUDY ON MAGADAN REGION FEMALE POPULATION

© Olga O. Bredikhina\*, Inessa V. Averyanova

Scientific Research Center "Arktika", Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (SRC "Arktika" FEB RAS), Magadan, Russia

**BACKGROUND:** Body mass index is the most common method for diagnosing and classifying obesity. However, the reliability of this method has recently been increasingly questioned.

**AIM:** The study assessed the age dynamics of somatometric indices, including body mass index and body composition characteristics. A comparative assessment on the informative value of the considered indices and classification of obesity in the female population of Magadan region were also carried out.

**MATERIALS AND METHODS:** Seven hundred and fifty-four women of different age groups were examined to study the picture of physical development and characteristics of the body component composition using the bioelectric impedance method.

**RESULTS:** It could be seen that in the line from early adult females to the elderly examinees, a significant decrease in FFMI variables occurred with an increase in FMI, FM/FFM, total fat content, and the ratio of waist to hip ratio. We considered the fact that in the group with the normal BMI range, representatives of the 2nd mature and elderly age had a reduced content of the muscle component, as characteristic of sarcopenic tendencies, and combined with high values of FM/FFM, indicating obesity, and we suggested that it was incorrect to use the BMI indicator as an identifier of the overweight and obesity in older age groups. Meanwhile, the ROC analysis of dependence of BMI on the variables of FM/FFM > 0.4 conv. units

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.



allowed us to determine the optimal range of normal body mass in the group of early adult females and representatives of the 1st mature age. It was equal to 24 kg/m<sup>2</sup>. The correlation analysis showed no bonds between BMI and the FM/FFM ratio in the subjects of the 2nd mature and elderly age and, like the ROC analysis, it also indicated a restriction on the use of BMI as a marker of obesity risk in these periods of ontogenesis.

**CONCLUSION:** The Magadan region female population survey has shown that standard BMI ranges appear to be uncertain criteria for classifying obesity in women of the 2nd mature and elderly periods of ontogenesis, while the FM/FFM ratio indicator can be a more suitable informative marker for identifying obesity and sarcopenic signs, owing to its considering the body composition components.

**KEYWORDS:** BMI; bio impedance analysis; anthropometric indices; age dynamics; physical development; female population; obesity; ROC-analysis.

## ОБОСНОВАНИЕ

Ожирение относится к основным факторам риска множественных хронических патологий, является причиной преждевременной смертности от ряда заболеваний и растущей проблемой общественного здравоохранения во всем мире [1]. Избыточная масса тела и ожирение повышают риск развития сердечно-сосудистых, метаболических и нейродегенеративных заболеваний, а также проблем опорно-двигательного аппарата и многих других осложнений для здоровья [2, 3]. Известно, что Россия входит в пятерку стран, на которые приходится треть всех случаев заболеваемости ожирением [4, 5]. Стоит отметить, что процент данного заболевания в нашей стране продолжает расти практически во всех регионах, при этом наиболее часто оно встречается среди женщин [4].

Индекс массы тела (ИМТ) наиболее распространенный метод для диагностики и классификации ожирения, при этом достоверность данного метода в последнее время все чаще ставится под сомнение, так как он не дает возможность оценить количественное соотношение компонентного состава тела, в том числе между жировой и тощей массой тела [6, 7, 8]. На взаимосвязь между ИМТ и составом тела оказывают влияние различные индивидуальные факторы, в том числе такие как возраст, физическая активность, пол и этническая принадлежность, которые данный метод учитывает недостаточно или не учитывает вовсе [9, 10].

Достойной альтернативой ИМТ считается биоимпедансный анализ, являющийся доступным и неинвазивным методом измерения состава тела, позволяющий оценить компонентный состав тела [11]. Так, известно, что жировая масса считается достоверным показателем ожирения из-за ее взаимосвязи с метаболическими осложнениями независимо от массы тела, а избыток процентного содержания жира увеличивает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, в то время как мышечная обладает протективной функцией относительно хронических неинфекционных заболеваний [12, 13]. Кроме того, рекомендуется использовать антропометрические индексы, такие как соотношение жировой массы тела к тощей, индекс окружности «талия-бедр» и другие, которые позволяют выявлять различные виды ожирения и степень его развития. Использование данных методик и индексов должно привести к установлению новых критериев диагностики ожирения, а измерение содержания жира в организме должно стать общепринятым показателем для его диагностики и скрининга [14].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, целью данной работы является оценка информативности индекса массы тела в онтогенетическом аспекте среди женского населения Магаданской области на основе изучения комбинированного сочетания ИМТ и индексов обезжиренной (FFMI) и жировой массы (FMI), а также их соотношения с показателями общего содержания жира в организме и индекса «талия-бедр».

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Место и время проведения исследования

Место проведения. НИЦ «Арктика» ДВО РАН.

Время исследования. Осенне-зимний период 2021–2022 г.

### Исследуемые популяции (одна или несколько)

Для поставленной цели проанализировано 754 женщины из числа европеоидов, постоянно проживающих на территории Магаданской области, добровольно прошедших обследование в Центре здоровья г. Магадан.

**Критерии включения:** женский пол, 1–2 группа здоровья, отсутствие жалоб на момент исследования.

**Критерии исключения:** несоответствие полу и возрасту, наличие хронических заболеваний, отсутствие информированного согласия.

### Способ формирования выборки из изучаемой популяции (или нескольких выборок из нескольких изучаемых популяций)

Использовался сплошной способ формирования выборки из числа северян, удовлетворяющих критериям включения.

### Анализ в подгруппах

Анализируемая выборка была разделена на 4 группы согласно возрастной периодизации 1965 года: 1-я — девушки, 182 человека (16–20 лет), 2-я — женщины 1-го зрелого возраста, 151 человек (21–35 лет), 3-я — женщины 2-го зрелого возраста, 230 человек (36–55 лет) и в 4-ю группу вошли женщины пожилого возраста, 191 человек (56–74 года). В дальнейшем каждая группа была разделена согласно классическим критериям ИМТ, где значение <18,5 кг/м<sup>2</sup> определялось как дефицит массы тела, 18,5–24,9 кг/м<sup>2</sup> — нормальная масса тела, 25–29,9 кг/м<sup>2</sup> — избыточная масса тела и ИМТ>30 кг/м<sup>2</sup> — ожирение [15].

### Дизайн исследования

Одноцентровое проспективное одновыборочное сравнительное исследование.

### Методы

В общую базу данных вносились следующие показатели: длина тела (см), масса тела (кг), тощая (кг) и жировая масса тела (кг), процентное содержание жира в организме (%), полученные при помощи анализатора биоимпедансных обменных процессов и состава тела ABC-02 «МЕДАСС», Россия [16], а также индекс соотношения талия-бедр (ОТ/ОБ, усл. ед.). Результаты измерения жировой и тощей массы были использованы для расчета индекса массы жира (FMI = жировая масса тела (кг) / ДТ (м)<sup>2</sup>, кг/м<sup>2</sup>) и индекса тощей массы (FFMI = тощая масса тела (кг) / ДТ(м)<sup>2</sup>, кг/м<sup>2</sup>). Результаты FMI ≥ 11,8 усл. ед. были классифицированы как высокая жировая масса, а FFMI ≤ 15 усл. ед. — как низкая мышечная масса [17]. Рассчитано соотношение FM/FFM, которое при значении < 0,4 усл. ед. классифицируется как метаболическое здоровье, 0,4–0,8 усл. ед. — как ожирение, а > 0,8 усл. ед. — как саркопеническое ожирение [17]. При интерпретации индекса «талиа-бедр» (ОТ/ОБ) критерием абдоминального ожирения у женщин принималось значение > 0,85 усл. ед.

Избыточное процентное содержание жира в организме, превышающее рекомендуемый диапазон определялось по следующим критериям: для девушек > 32%, для женщин 1-го и 2-го зрелого возраста > 33% и для женщин пожилого возраста > 35% [18].

### Статистический анализ

Результаты подвергнуты статистической обработке с применением пакета прикладных программ «Statistica 7.0». Проверка на нормальность распределения измеренных переменных осуществлялась на основе теста Шапиро–Уилка. Результаты исследования представлены как среднее значение и его ошибка (M ± m). При множественном сравнении для выборок с нормальным распределением был использован параметрический однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), затем для выявления статистически значимых различий между конкретными группами нами был использован апостериорный анализ с помощью теста для множественных сравнений Scheffe. Проведен ROC-анализ и вычислена площадь под ROC кривой (area under curve, AUC). Анализ кривой характеристик (ROC) использовался для оценки возможности ИМТ и FM/FFM идентифицировать присутствие ожирения в различных возрастных группах. Прогностическая способность определялась количественно через площадь под кривой ROC (AUC), причем большие значения указывали на большую прогностическую способность [19]. Критический уровень значимости (p) в работе принимался равным 0,05; 0,01; 0,001.

### Этическая экспертиза

Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Научно-исследовательского центра «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук (заключение №002/021

от 26.11.2021 г.). Перед включением в исследование у каждого человека было получено информированное добровольное согласие, работа проводилась с деперсонализированными данными.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Репрезентативность выборок

Расчет размера выборки предварительно не проводился.

Изучаемые показатели, расчетные индексы, а также статистические различия внутри возрастных групп представлено в таблице 1, в таблице 2 указаны статистические различия между анализируемыми возрастными группами.

Анализ процентного соотношения обследуемых с различными значениями ИМТ свидетельствует о снижении количества лиц с дефицитом и нормальной МТ от группы девушек к женщинам пожилого возраста на фоне увеличения доли лиц с избыточной массой тела, а также с ожирением у женского населения Магаданской области в онтогенетическом аспекте.

В группе девушек соотношение доли лиц с различными величинами МТ (группа дефицита МТ — нормальные величины МТ — избыточные значения МТ — ожирение) имело следующий вид: 14%-69%-12%-5% с преобладанием в выборке обследуемых с нормальной МТ. В выборке женщин 1-го зрелого возраста данное соотношение изменилось за счет незначительного увеличения процента обследуемых с избытком массы тела и в большей степени с ожирением на фоне уменьшения количества женщин с нормальными значениями МТ (9%-62%-19%-10%). В группе женщин 2-го зрелого возраста мы выявили значительное снижение лиц с дефицитом МТ (до 2%) и нормальными величинами МТ (до 42%) на фоне возрастания лиц с избыточной МТ (до 31%) и ожирением (25%), тогда как среди женщин пожилого возраста лиц с дефицитом МТ зафиксировано не было, а наибольший процент выборки характеризовался ожирением (0%-20%-28%-52%). В целом, группа лиц с избытком МТ преобладает над ожирением в группе девушек, женщин 1-го и 2-го зрелого возраста, тогда как среди женщин пожилого возраста наблюдается значимый рост количества лиц с ожирением.

Анализ тощей массы тела (FFMI) позволил выявить, что девушки с ИМТ < 18,5 кг/м<sup>2</sup> характеризуются дефицитом мышечной массы. Согласно индексу жировой массы, в данной возрастной категории, как при избыточной МТ, так и при ожирении не выявлено избытка жировой ткани в организме (как по показателю FMI, так и по величине общего содержания жира в организме). При этом следует отметить, что соотношение FM/FFM у девушек при ожирении лишь незначительно превышало нормативный диапазон.

В группе женщин 1-го зрелого возраста при дефиците МТ также было отмечено недостаточное содержание мышечной массы при оптимальных величинах остальных анализируемых характеристик соматометрического статуса. В группе обследуемых с нормальной МТ отклонений по анализируемым показателям выявлено не было, тогда как в группе с избыточной МТ и ожирением этого же возрастного периода числовые величины FM/FFM отражали наличие ожирения, что наблюдалось

Таблица 1. Анализируемые показатели, их расчетные индексы и статистические различия внутри анализируемых групп, (M±m)

Анализируемые показатели	Анализируемая группа				Уровень значимости различий между анализируемыми группами					
	Дефицит МТ (1)	Нормальная МТ (2)	Избыточная МТ (3)	Ожирение (4)	1-2	2-3	3-4	1-3	2-4	1-4
<b>Девушки</b>										
п, чел., %	26 (14%)	125 (69%)	21 (12%)	10 (5%)						
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	17,7±0,1	21,5±0,2	26,9±0,3	33,7±0,2	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
FFMI, кг/м <sup>2</sup>	<b>14,2±0,2</b>	16,2±0,1	20,0±0,6	22,0±0,2	p<0,001	p<0,001	p<0,01	p<0,001	p<0,001	p<0,001
FMI, кг/м <sup>2</sup>	3,4±0,2	5,5±0,1	6,8±0,6	10,0±0,1	p<0,001	p<0,05	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
FMI/ FFMI, кг/м <sup>2</sup>	0,25±0,02	0,34±0,01	0,36±0,04	<b>0,46±0,00</b>	p<0,001	p=0,62	p<0,05	p<0,05	p<0,001	p<0,001
ОТ/ОБ, усл. ед.	0,70±0,01	0,72±0,01	0,78±0,01	0,78±0,01	p=0,16	p<0,001	p=1,00	p<0,001	p<0,001	p<0,001
Общий жир, %	19,4±1,2	24,9±0,5	25,3±2,3	31,3±0,2	p<0,001	p=0,84	p<0,01	p<0,01	p<0,001	p<0,001
<b>1-й зрелый возраст</b>										
п, чел., %	13 (9%)	94 (62%)	29 (19%)	15 (10%)						
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	17,9±0,1	21,7±0,2	27,0±0,3	33,5±0,7	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
FFMI, кг/м <sup>2</sup>	<b>14,3±0,3</b>	15,6±0,2	17,6±0,3	21,6±0,6	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
FMI, кг/м <sup>2</sup>	3,6±0,3	6,1±0,1	9,4±0,3	<b>12,0±0,5</b>	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
FMI/ FFMI, кг/м <sup>2</sup>	0,26±0,03	0,39±0,01	<b>0,55±0,02</b>	<b>0,56±0,03</b>	p<0,001	p<0,001	p=0,69	p<0,001	p<0,001	p<0,001
ОТ/ОБ, усл. ед.	0,72±0,01	0,73±0,01	0,79±0,01	0,81±0,02	p=0,37	p<0,001	p=0,32	p<0,001	p<0,001	p<0,001
Общий жир, %	20,3±1,8	28,1±0,6	<b>34,5±1,0</b>	<b>35,6±1,4</b>	p<0,001	p<0,001	p=0,48	p<0,001	p<0,001	p<0,001
<b>2-й зрелый возраст</b>										
п, чел., %	4 (2%)	97 (42%)	71 (31%)	58 (25%)						
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	18,1±0,3	22,2±0,2	27,4±0,2	34,5±0,5	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
FFMI, кг/м <sup>2</sup>	<b>13,2±0,4</b>	<b>14,9±0,1</b>	17,0±0,2	19,8±0,4	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
FMI, кг/м <sup>2</sup>	4,8±0,4	7,3±0,2	10,6±0,3	<b>14,4±0,3</b>	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
FMI/ FFMI, кг/м <sup>2</sup>	0,37±0,04	<b>0,50±0,01</b>	<b>0,63±0,02</b>	<b>0,74±0,02</b>	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
ОТ/ОБ, усл. ед.	0,73±0,02	0,76±0,01	0,82±0,01	<b>0,87±0,01</b>	p=0,11	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
Общий жир, %	26,6±2,0	32,5±0,6	38,7±0,8	<b>41,9±0,7</b>	p<0,01	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
<b>Пожилой возраст</b>										
п, чел., %	0 (0%)	37 (20%)	54 (28%)	100 (52%)						
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	–	22,6±0,3	27,6±0,2	35,0±0,5	–	p<0,001	p<0,001	–	p<0,001	–
FFMI, кг/м <sup>2</sup>	–	<b>14,9±0,3</b>	16,9±0,2	20,4±0,3	–	p<0,05	p<0,001	–	p<0,001	–
FMI, кг/м <sup>2</sup>	–	8,5±0,2	11,0±0,2	<b>14,6±0,3</b>	–	p<0,001	p<0,001	–	p<0,001	–
FMI/FFMI, кг/м <sup>2</sup>	–	<b>0,59±0,02</b>	<b>0,65±0,02</b>	<b>0,73±0,02</b>	–	p=0,06	p<0,01	–	p<0,001	–
ОТ/ОБ, усл. ед.	–	0,80±0,01	<b>0,84±0,01</b>	<b>0,90±0,01</b>	–	p<0,05	p<0,001	–	p<0,001	–
Общий жир, %	–	<b>36,4±1,0</b>	<b>39,4±0,7</b>	<b>41,4±0,5</b>	–	p<0,01	p<0,05	–	p<0,001	–

Примечание: курсивом выделены показатели, не соответствующие нормативным критериям для данного показателя.

с одновременным возрастанием общего содержания жира в организме и увеличением FMI лишь в группе женщин с ожирением.

Согласно результатам настоящего исследования, рост негативных тенденций в уровне физического развития в группе женщин 2-го зрелого возраста был выявлен уже при ИМТ, соответствующем нормативному диапазону, что проявлялось недостаточностью мышечного компонента, на фоне величин FM/FFM, отражающих наличие ожирения. Лица с избыточной МТ в данной возрастной категории характеризовались ожирением (FM/FFM — 0,63 кг/м<sup>2</sup>), что сочеталось с избытком процентного содержания жира в организме. В группе женщин с ожирением зафиксировано абдоминальное ожирение, на фоне

избыточного содержания общего жира и высокого значения индексов FMI и FM/FFM. При этом наименьшая информативность ИМТ выявлена среди женщин пожилого возраста, ввиду того, что уже при ИМТ, соответствующем нормативным величинам, для обследуемых было характерно наличие избытка общего содержания жира, высокие цифровые величины FM/FFM, свидетельствующие об ожирении, а также сниженные значения мышечного компонента. При избыточной МТ зафиксированы аналогичные тенденции за исключением оптимального значения содержания мышечной массы, при этом следует указать на выявленное наличие абдоминального ожирения в данной группе, исходя из высоких значений индекса ОТ/ОБ. Для лиц, входящих в группу ожирения, выявлены

Таблица 2. Статистические различия между анализируемыми возрастными группами

	Девушки — 1-й зрелый возраст	1-й зрелый — 2-й зрелый возраст	2-й зрелый — пожилой возраст	Девушки — пожилой возраст
<b>Дефицит МТ</b>				
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	p=0,76	p<0,05	–	–
FFMI, кг/м <sup>2</sup>	p=0,62	p<0,05	–	–
FMI, кг/м <sup>2</sup>	p=0,69	p<0,05	–	–
FMI/FFMI, кг/м <sup>2</sup>	p=0,27	p=0,69	–	–
ОТ/ОБ, усл. ед.	p=0,69	p<0,05	–	–
<b>Нормальная МТ</b>				
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	p<0,01	p<0,01	p=0,84	p<0,001
FFMI, кг/м <sup>2</sup>	p<0,01	p<0,001	p<0,001	p<0,001
FMI, кг/м <sup>2</sup>	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
FMI/FFMI, кг/м <sup>2</sup>	p=0,55	p<0,01	p<0,01	p<0,001
ОТ/ОБ, усл. ед.	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
<b>Избыточная МТ</b>				
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	p<0,001	p=0,09	p=0,84	p<0,001
FFMI, кг/м <sup>2</sup>	p<0,001	p<0,01	p=0,27	p<0,001
FMI, кг/м <sup>2</sup>	p<0,001	p<0,01	p=0,62	p<0,001
FMI/FFMI, кг/м <sup>2</sup>	p=0,43	p<0,05	p=0,16	p<0,001
ОТ/ОБ, усл. ед.	p<0,001	p<0,01	p=0,49	p<0,001
<b>Ожирение</b>				
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	p=0,49	p<0,01	p=0,23	p<0,001
FFMI, кг/м <sup>2</sup>	p<0,001	p<0,001	p=0,75	p<0,001
FMI, кг/м <sup>2</sup>	p<0,01	p<0,001	p=0,55	p<0,001
FMI/FFMI, кг/м <sup>2</sup>	p<0,05	p<0,001	p<0,01	p<0,001
ОТ/ОБ, усл. ед.	p<0,01	p<0,001	p=0,55	p<0,001

наиболее высокие значения показателей FMI, FM/FFM, общего содержания жира на фоне абдоминального ожирения. При этом стоит отметить отсутствие статистически значимых различий практически по всем анализируемым показателям (за исключением FM/FFM в группе ожирения) между женщинами 2-го зрелого и пожилого возраста при избыточной МТ и ожирении.

Анализ полученных данных позволил выявить возрастание показателей FMI, FM/FFM, общего содержания жира, соотношения ОТ/ОБ, на фоне снижения величин FFMI в ряду от девушек к женщинам пожилого возраста в группах с нормальными и избыточными значениями ИМТ, а также ожирением. В каждой возрастной группе нами также выявлена значимая динамика возрастания анализируемых показателей по мере увеличения значений ИМТ. Помимо этого, в возрастном аспекте зафиксировано изменение диапазонов размаха ИМТ от минимального к максимальному: так, в группе девушек данный размах составил 16,5–39,4 кг/м<sup>2</sup>, что вполне сопоставимо с аналогичным показателем в выборке женщин 1-го зрелого возраста, который составил от 17,0 до 38,5 кг/м<sup>2</sup>, при этом в группе 2-го зрелого возраста зафиксировано увеличение верхнего порога ИМТ до 45,0 кг/м<sup>2</sup> с нижним пределом, равным 17,1 кг/м<sup>2</sup>, тогда как в группе женщин пожилого возраста был выявлен значительный сдвиг ми-

нимального значения до 20,7 кг/м<sup>2</sup>, что свидетельствует об отсутствии лиц с наличием дефицита МТ при максимальном пороге, достигшем значения 51,1 кг/м<sup>2</sup>.

На рисунке 1 представлен график динамики процентного распределения доли лиц с нормальными и избыточными величинами МТ, а также ожирением (процент встречаемости дефицитных проявлений ИМТ исключен ввиду отсутствия данной категории в пожилом возрасте).

Учитывая тот факт, что ИМТ в наших исследованиях недостаточно корректно отражал наличие ожирения, для оценки оптимального порога ИМТ, характеризующего отсутствие ожирения, нами в соответствии с нормативными величинами FM/FFM была построена серия ROC-кривых для обследуемых групп женщин различных возрастных групп (рис. 2).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами данные достаточно наглядно демонстрируют тот факт, что в группе девушек дефицит МТ был обусловлен недостаточной мышечной массой (по величине FFMI). В группах с нормальной и избыточной МТ все анализируемые антропометрические характеристики и их индексы соответствовали референсным диапазонам, тогда как в выборке «ожирение» на фоне

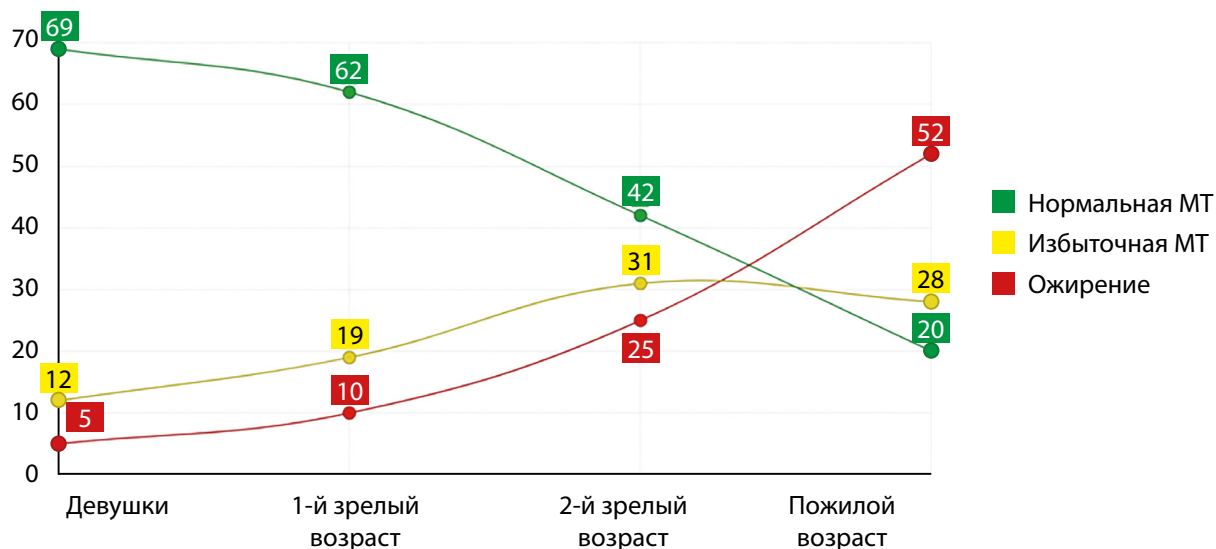


Рисунок 1. Распределение обследуемой выборки (женщины) по частоте встречаемости нормальных величин, избыточной массы тела и ожирения в различных возрастных группах.

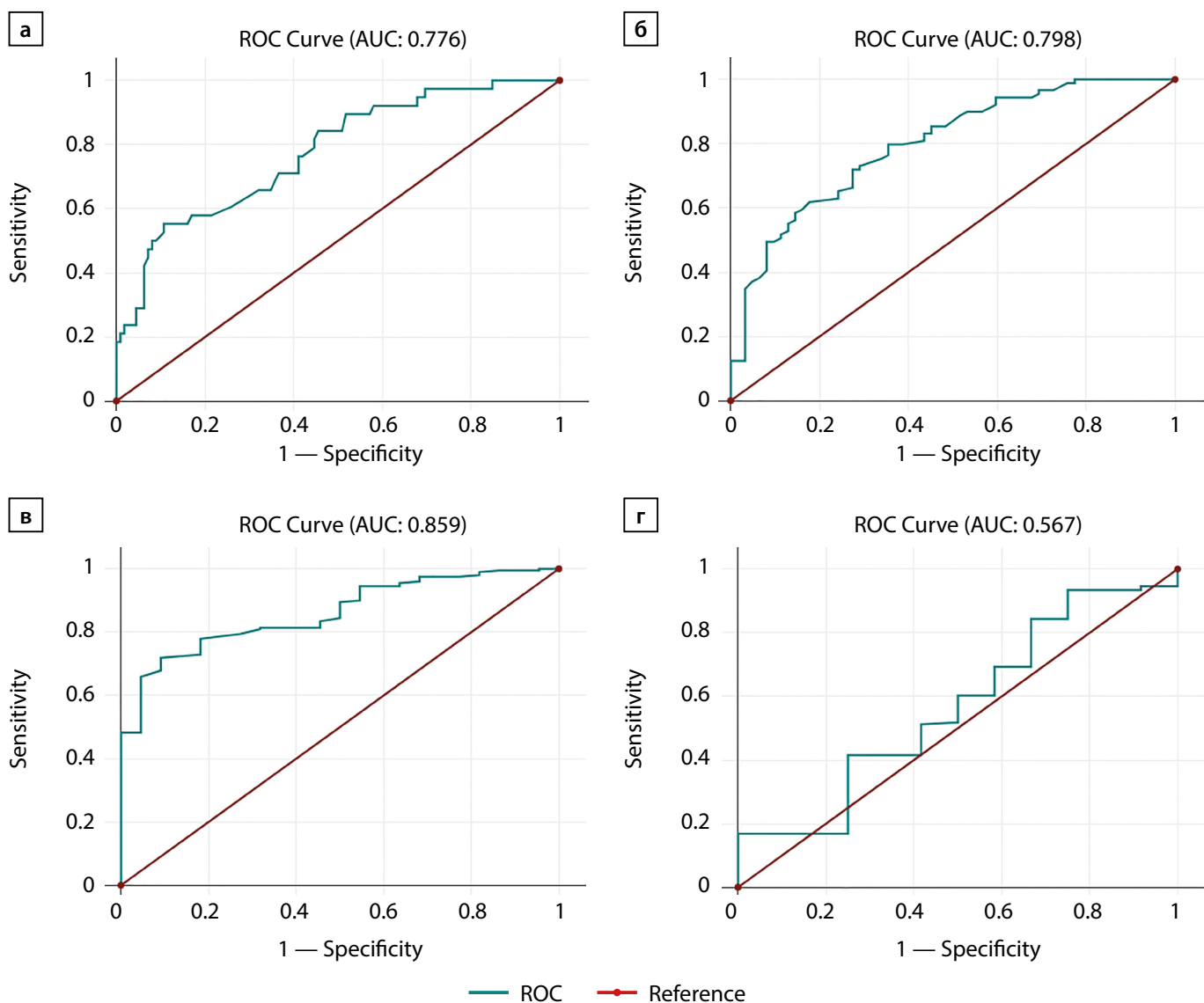


Рисунок 2. ROC-анализ взаимосвязи FM/FFM и ИМТ в группе девушек (а), женщин 1-го зрелого возраста (б), женщин 2-го зрелого возраста (в), женщин пожилого возраста (г).

Примечание: sensitivity — чувствительность, 1-specificity — специфичность, reference — референсный диапазон, ROC — точка контроля.

оптимальных значений мышечного компонента, величины ОТ/ОБ и общего содержания жира в организме были выявлены высокие значения FM/FFM, отражающие наличие ожирения, что определялось величиной FMI, характеризующей наличие «предожирения» в данной группе. Полученные результаты в группе девушек-северян позволяют сделать заключение о допустимом использовании ИМТ для определения, как нормативных диапазонов, так и наличия избыточной массы тела и ожирения.

В группе женщин 1-го зрелого возраста при дефиците МТ также были зафиксированы низкие значения мышечной массы с оптимальными величинами остальных показателей, при этом сравнительный анализ с девушками этой же группы ИМТ не выявил различий по всем анализируемым характеристикам. В этом же возрастном периоде, при ИМТ, советуящем нормативному диапазону, обследуемым женщинам были характерны оптимальные значения всех анализируемых характеристик, при этом следует указать, что величины FFM и FM/FFM максимально приближались к границе допустимых значений. Для группы с избыточными значениями МТ были характерны высокие значения содержания жира в организме и соотношения FM/FFM, а также величины FMI отражающие степень «предожирения». Аналогичные тенденции отмечены в выборке с ожирением, при этом в данной группе величина FMI свидетельствует о наличии ожирения у представительниц данной выборки. По нашему мнению, в данной возрастной группе также возможно применение оценки уровня физического развития на основе расчета ИМТ.

Женщины 2-го зрелого возраста характеризовались недостаточным содержанием мышечного компонента в группе с дефицитом МТ. При величинах ИМТ, соответствующих нормативному диапазону нами также было отмечено снижение мышечной массы с одновременным возрастанием FM/FFM до степени ожирения. При избыточной МТ об ожирении, помимо соотношения FM/FFM, свидетельствовали высокие значения общего содержания жира в организме. В группе «ожирение» сохранялись аналогичные тенденции, но сопровождалась высокими величинами FMI, а также ОТ/ОБ, отражающими наличие абдоминального ожирения в данной группе. По-нашему мнению, применение ИМТ в данной группе имеет определенные ограничения, так как анализируемые показатели при нормативных пределах ИМТ не соответствуют референсным диапазонам.

В группе женщин пожилого возраста высокие значения FM/FFM и общего содержания жира были отмечены в каждой анализируемой группе, при этом при ИМТ, входящим в диапазон «норма», выявлен недостаток мышечной массы, а в группе избыточной МТ данные негативные проявления сочетались с абдоминальным ожирением, с добавлением в выборке с «ожирением» высоких величин FMI. Таким образом, полученные данные ставят под сомнение использование показателя ИМТ для классификации нормальных величин МТ в группах женщин 2-го зрелого и пожилого возраста.

Из рисунка 1 следует, что как для девушек, так и для женщин 1-го зрелого возраста характерно преобладание лиц с нормальными значениями МТ (69% и 62% соответственно) с некоторым возрастанием доли лиц с избытком МТ и ожирением в 1-м зрелом возрасте; во 2-м зрелом возрасте, несмотря на преобладание лиц

с нормальной МТ, отмечается рост числа лиц с избыточной МТ (31%) и ожирением (25%) относительно более ранних периодов онтогенеза. В выборке женщин пожилого возраста зафиксировано значительное снижение количества лиц с нормальной МТ (20%) на фоне преобладания лиц с ожирением (52%). Данные, представленные на рисунке 1, свидетельствуют о достаточно неблагоприятных тенденциях в формировании физического статуса современных женщин-северян в виде возрастного снижения количества лиц с нормальной МТ. В пожилом возрасте нами выявлен перекрест линий кривых, который характеризуется выраженным превалированием доли лиц с ожирением над частотой случаев с нормальными величинами МТ, при этом процент обследуемых с избыточной МТ также превышает процент лиц с нормативными значениями данного параметра.

Следует отметить, что показатель FM/FFM имел сильные значимые корреляционные взаимосвязи с показателями FMI и процентом общего содержания жира, где коэффициенты корреляции между данными показателями в группе девушек составили  $r=0,91$  ( $p=0,001$ ) и  $r=0,99$  ( $p=0,001$ ), в группе женщин 1-го зрелого возраста  $r=0,69$  ( $p=0,001$ ) и  $r=0,96$  ( $p=0,001$ ), в выборке обследуемых 2-го зрелого возраста  $r=0,97$  ( $p=0,001$ ) и  $r=0,91$  ( $p=0,001$ ) и в пожилом возрасте  $r=0,74$  ( $p=0,001$ ) и  $r=0,91$  ( $p=0,001$ ) соответственно.

При этом проведенный корреляционный анализ между показателем FMI и соотношением FM/FFM во всех возрастных группах выявил наличие слабых отрицательных взаимосвязей, которые в выборке девушек составили  $r=-0,14$  ( $p=0,82$ ), у женщин 1-го зрелого и 2-го зрелого возраста:  $r=-0,19$  ( $p=0,65$ ) и  $r=-0,01$  ( $p=0,98$ ) соответственно, для пожилого населения была характерна несколько более сильная связь данных показателей коэффициент корреляции, которой составил  $-0,30$  ( $p=0,05$ ). Подобная тенденция, на наш взгляд, может являться отражением развития саркопенических проявлений, которые в большей степени выражены среди женщин-северян пожилого возраста.

В целом, полученные в нашей работе результаты свидетельствуют о том, что классические диапазоны ИМТ не являются четкими критериями для определения нормальной, избыточной МТ, а также ожирения, особенно для более старших возрастных групп, ввиду того, что данный параметр не представляет достоверной информации о компонентном составе тела, в том числе содержания мышечной и жировой массы тела. Для определения величин ИМТ, которые могут служить маркером оптимального соотношения FM/FFM, исключающего ожирение и саркопенические проявления в анализируемых группах женщин-северян, был проведен анализ на прогностическую значимость с использованием ROC-кривых и расчетом величины AUC.

На рисунке 2 представлены ROC-кривые для определения маркерной величины ИМТ при величине FM/FFM > 0,4 усл. ед., свидетельствующей о наличии ожирения. Так, проведенный ROC-анализ позволил установить, что у девушек (рис. 2а) ИМТ, превышающий  $24 \text{ кг/м}^2$ , имеет высокую прогностическую значимость для определения развития ожирения, что подтверждается высоким уровнем значимости исходя из AUC равным  $0,78$  ( $p < 0,001$ ). Полученная высокая значимость

проведенного ROC-анализа сочетается с достаточно высоким уровнем корреляционной взаимосвязи ИМТ и FM/FFM ( $r=0,42$ ,  $p<0,001$ ) с частотой встречаемости обследуемых девушек с FM/FFM $>0,4$  усл. ед. в 25% случаев. В выборке женщин 1-го зрелого возраста (рис. 2б) ИМТ с отсечкой, равной 24 кг/м<sup>2</sup>, также свидетельствовал о прогностической значимости относительно определения ожирения (AUC=0,80,  $p<0,001$ ) с высоким значением коэффициента корреляции между ИМТ и FMI/FFMI, который составил 0,53 ( $p<0,001$ ) при доле обследуемых со значением, превышающим порог метаболического здоровья по значениям FM/FFM равной 59%.

В группе женщин 2-го зрелого возраста (рис. 2в) мы отметили смещение данного порога до величины, которая оставила 25 кг/м<sup>2</sup> со значимостью, равной 0,84 ( $p<0,001$ ), что наблюдалось на фоне отсутствия взаимосвязи между величинами ИМТ и FM/FFM ( $r=0,22$ ,  $p=0,12$ ) с возрастанием доли лиц с FM/FFM более 0,4 усл. ед. до 90% в выборке.

Для женщин пожилого возраста (рис. 2г) ROC-анализ не показал прогностической значимости (AUC=0,58), что позволяет сделать вывод об ограничении применения ИМТ в качестве маркера риска ожирения в данной возрастной группе. Данный вывод также подтверждается слабой корреляционной взаимосвязью ИМТ и соотношения FM/FFM, которая составила  $r=0,33$  ( $p=0,15$ ), а также высоким процентом обследуемых с величинами FM/FFM, превышающими нормативный диапазон (93%).

Полученные данные в нашем исследовании в полной мере соответствуют результатам, в которых указывается на неприменимость использования установленного порогового значения ИМТ в группах лиц пожилого возраста (более 65 лет) ввиду наличия более высокого процента жира в организме у представителей данного периода онтогенеза [20]. Насколько нам известно, это первое исследование лиц женского пола, проживающих в условиях Северо-Востока России, оценивающее применимость антропометрических измерений для оценки ожирения и его типа на основе оценки индекса жировой и безжировой массы тела, а также их соотношения.

### Ограничения исследования

Наше исследование имеет некоторые ограничения, основным является участие в исследованиях лишь лиц женского пола, что не позволяет в полной мере описать популяцию жителей-северян. Также применение наших результатов может быть ограничено только европеоидной этнической принадлежностью.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ процентного соотношения представительниц женского населения Магаданской области в онтогенетическом аспекте с различными значениями ИМТ свидетельствует о снижении доли лиц с дефицитом и нормальной МТ от группы девушек к женщинам пожилого возраста с одновременным возрастанием частоты встречаемости с избыточной массой тела и ожирением при снижении величин FFMI на фоне возрастания FMI, FMI/FFMI, общего содержания жира в организме и соотношения окружности талии к бедрам.

Следует отметить, что дефицит массы тела, наблюдаемый только в выборках девушек и представительниц 1-го и 2-го зрелого возраста был обусловлен недостаточной мышечной массой, тогда как в более старших возрастных группах нормальные величины ИМТ сочетались со снижением данного компонента массы тела, что является отражением саркопенических тенденций в выборке современных женщин населения Магаданской области.

Интересным оказался факт наличия избыточного содержания жира в организме и снижения мышечного компонента, а также высоких значений FMI/FFMI, свидетельствующих об ожирении в группах женщин 2-го зрелого и пожилого возрастов уже при значениях ИМТ варьирующих от 18,5 до 24,9 кг/м<sup>2</sup>, что на достаточно высоком доказательном уровне ставит под сомнение использование показателя ИМТ как идентификатора наличия избыточной массы тела и ожирения.

Анализ ROC-кривых зависимостей ИМТ от превышающих нормативный диапазон величин FMI/FFMI позволил установить оптимальную отсечку ИМТ, исключающую наличие ожирения в группах девушек и женщин 1-го зрелого возраста, которая составила 24 кг/м<sup>2</sup>. В то время как в группах 2-го зрелого и пожилого возраста ввиду отсутствия корреляционной взаимосвязи ИМТ и FMI/FFMI мы сделали заключение об ограничении по применению в качестве маркера риска ожирения ИМТ в данных периодах онтогенеза.

В целом, полученные в нашей работе результаты свидетельствуют о том, что классические диапазоны ИМТ не являются четкими критериями для классификации нормальной, избыточной МТ, а также ожирения, особенно в выборках более старших возрастных групп, ввиду того, что данный параметр не представляет достоверной информации о компонентном составе тела, в том числе о содержании мышечного и жирового компонентов. В то время как соотношения FM/FFM может представлять собой более подходящий критерий для оценки ожирения, а также саркопенических тенденций особенно во 2-м зрелом и пожилом возрастах онтогенеза, что подтверждается высокосignификантными ассоциациями этого показателя с характеристиками жирового компонента в организме.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источники финансирования.** Работа выполнена за счет бюджетного финансирования НИЦ «Арктика» ДВО РАН в рамках выполнения темы «Изучение межсистемных и внутрисистемных механизмов реакций в формировании функциональных адаптивных резервов организма человека «северного типа» на разных этапах онтогенеза лиц, проживающих в дискомфортных и экстремальных условиях с определением интегральных информативных индексов здоровья» (рег. номер AAAA-A21-121010690002-2).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.

**Участие авторов.** Бредихина О.О. — получение и анализ данных, обработка материала, обзор литературы, написание текста статьи; Аверьянова И.В. — разработка концепции исследования, интерпретация полученных данных, написание текста статьи. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Congdon P, Amugsi D. Editorial: The obesity epidemic: Causes, context, prevention. *Front. Public Health*. 2022;10:1030180. doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1030180>
- WHO European Regional Obesity Report 2022 Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. *Licence*. 2022. [cited 2023 July 8]. Available from: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/353747/9789289057738-eng.pdf>
- Groenhof TKJ, Lely AT, Haitjema S, et al. Evaluating a cardiovascular disease risk management care continuum within a learning healthcare system: a prospective cohort study. *BJGP Open*. 2020;4(5):bjgpopen20X101109. doi: <https://doi.org/10.3399/bjgpopen20X101109>
- Алфёрова В.И., Мустафина С.В. Распространенность ожирения во взрослой популяции Российской Федерации (обзор литературы) // *Ожирение и метаболизм*. 2022. — Т. 19. — № 1 — С. 96-105. [Alferova VI, Mustafina SV. The prevalence of obesity in the adult population of the Russian Federation (literature review). *Obesity and metabolism*. 2022;19(1):96-105. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/omet12809>
- Ng M, Fleming T, Robinson M, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2014;384(9945):766-781. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60460-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60460-8)
- Weber DR, Leonard MB, Shults J, Zemel BS. A comparison of fat and lean body mass index to BMI for the identification of metabolic syndrome in children and adolescents. *J Clin Endocrinol Metab*. 2014;99(9):3208-16. doi: <https://doi.org/10.1210/jc.2014-1684>
- Gasier HG, Hughes LM, Young C.R, Richardson AM. Comparison of body composition assessed by dual-energy x-ray absorptiometry and BMI in current and former U.S. navy service members. *PLoS ONE*. 2015;10:e0132157. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132157>
- Gažarová M, Galšneiderová M, Mečiarová L. Obesity diagnosis and mortality risk based on a body shape index (ABSI) and other indices and anthropometric parameters in university students. *Rocz Panstw Zakl Hig*. 2019;70(3):267-275. doi: <https://doi.org/10.32394/rpzh.2019.0077>
- Chooi, YC, Ding C, Magkos F. The epidemiology of obesity. *Metabolism*. 2019;92:6-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.09.005>
- Shukohifar M, Mozafari Z, Rahmani M, Mirzaei M. Performance of body mass index and body fat percentage in predicting metabolic syndrome risk factors in diabetic patients of Yazd, Iran. *BMC Endocr Disord*. 2022;22(1):216. doi: <https://doi.org/10.1186/s12902-022-01125-0>
- Li Y-C, Li C-I, Lin W-Y, et al. Percentage of body fat assessment using bioelectrical impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry in a weight loss program for obese or overweight Chinese adults. *PLoS One*. 2013;8(4):e58272. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058272>
- Lokpo SY, Ametefe CeY, Osei-Yeboah J, et al. Performance of body adiposity index and relative fat mass in predicting bioelectric impedance analysis-derived body fat percentage: a cross-sectional study among patients with type 2 diabetes in the Ho municipality, Ghana. *Hindawi BioMed Research International*. 2023;1500905. doi: <https://doi.org/10.1155/2023/1500905>
- Lee DH, Keum N, Hu FB, et al. Predicted lean body mass, fat mass, and all cause and cause specific mortality in men: prospective US cohort study. *BMJ*. 2018;362:k2575. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.k2575>
- Górnicka M, Szewczyk K, Białkowska A, et al. Anthropometric indices as predictive screening tools for obesity in adults; the need to define sex-specific cut-off points for anthropometric indices. *Applied Sciences*. 2022;12:61-65. doi: <https://doi.org/10.3390/app12126165>
- Consultation WHO. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *The Lancet*. 2004;363: 157–163. doi: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(03\)15268-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(03)15268-3)
- docs.nevacert.ru Анализатор оценки баланса водных секторов организма с программным обеспечением ABC-01 «МЕДАСС» [доступ от 18.09.2023]. Доступ по ссылке: [https://docs.nevacert.ru/files/med\\_reestr\\_v2/o17628\\_instruction.pdf](https://docs.nevacert.ru/files/med_reestr_v2/o17628_instruction.pdf)
- Kyle UG, Pirlich M, Lochs H, et al. Increased length of hospital stay in underweight and overweight patients at hospital admission: A controlled population study. *Clin. Nutr*. 2005;24:133–142. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.08.012>
- Tayefi M, Tayefi B, Darroudi S, et al. There is an association between body fat percentage and metabolic abnormality in normalweight subjects: Iranian large population. *Transl. Metab. Syndr. Res*. 2019;2:11–16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tmsr.2019.08.001>
- Swets J.A. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*. 1988;240: 1285–1293
- Nimptsch K, Konigorski S, Pischon T. Diagnosis of obesity and use of obesity biomarkers in science and clinical medicine. *Metabolism*. 2019;92:61–70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.12.006>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]:

\*Бредихина Ольга Олеговна [Olga O. Bredikhina]; адрес: 685000, г. Магадан, пр. Карла Маркса д. 24 [address: (24 Karl Marx street, 24, Magadan, 685000)]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5718-5398>; eLibrary SPIN: 9504-6020; e-mail: oalesina597@gmail.com

Аверьянова Инесса Владиславовна, д.б.н [Inessa V. Averyanova, Biological Doctor]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4511-6782>; ResearcherID: AAR-9371-2020; Scopus Author ID: 57009034300; eLibrary SPIN: 9402-0363; e-mail: Inessa1382@mail.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

## ЦИТИРОВАТЬ:

Бредихина О.О., Аверьянова И.В. Соматометрические индексы и показатели компонентного состава тела как критерии скрининга ожирения в онтогенетическом аспекте на примере женского населения Магаданской области // *Ожирение и метаболизм*. — 2025. — Т. 22. — №4. — С. 269-277. doi: <https://doi.org/10.14341/omet13047>

## TO CITE THIS ARTICLE:

Bredikhina OO, Averyanova IV. Somatometric indices and body component composition as criteria for screening obesity in the ontogenetic aspect: case study on Magadan region female population. *Obesity and metabolism*. 2025;22(4):269-277. doi: <https://doi.org/10.14341/omet13047>