



Научная статья

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ И БИОИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАК ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ РИСКА ФОРМИРОВАНИЯ ОЖИРЕНИЯ

О.О. Алёшина, И.В. Аверьянова

Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук (НИЦ «Арктика» ДВО РАН), Российская Федерация, 685000, г. Магадан, пр. Карла Маркса, 24

Индекс массы тела (ИМТ) не отличает жировую массу тела от обезжиренной и не определяет изменения этих параметров. Целью данной работы явилось установление связи антропометрических индексов и биоимпедансометрических показателей с формированием ожирения в возрастном аспекте на примере мужского населения Магаданской области. Для поставленной цели было обследовано 586 мужчин Магаданской области стандартными методами оценки физического развития. Проведен ROC-анализ и вычислена площадь под ROC-кривой (AUC).

Анализ полученных данных позволил установить, что в ряду от юношей к группе лиц пожилого возраста отмечается значимое снижение величин FFMI на фоне возрастания FMI, FMI/FFMI, общего содержания жира в организме и отношения окружности талии к бедрам. Для определения оптимальной величины ИМТ как диагностического критерия ожирения была построена ROC-кривая зависимости ИМТ от значения FMI/FFMI < 0,4 усл. ед., которая продемонстрировала, что в юношеском периоде при диапазоне ИМТ от 22 кг/м² до 25,0 кг/м² отмечаются величины компонентного состава тела, соответствующие нормативному диапазону; в группе мужчин 1-го зрелого возраста оптимальной точкой отсечения ИМТ для определения ожирения явилось значение 26,5 кг/м², а в выборке мужчин 2-го зрелого возраста оптимальный диапазон ИМТ составил 24,0–27,5 кг/м². Следует отметить, что в группе мужчин пожилого возраста прогностической значимости ROC-анализ не показал, что свидетельствует об ограничении по применению в качестве маркера риска ожирения ИМТ в данном периоде онтогенеза.

У мужчин Магаданской области классические диапазоны ИМТ не являются четким параметром для определения ожирения в популяции, в то время как показатели биоимпедансометрии (соотношения FMI/FFMI) могут выступать в качестве индикаторов риска формирования ожирения и саркопенических тенденций.

Ключевые слова: ИМТ, биоимпедансный анализ, антропометрические индексы, возрастная динамика, физическое развитие, мужское население, ожирение, ROC-анализ.

В современном мире распространенность ожирения возросла до эпидемических масштабов, что представляет угрозу для развитых и развивающихся стран [1]. Избыточная масса тела и ожирение по значимости причин смертности занимают пятое место в мире, при этом важно учитывать, что при жизни они приводят к развитию проблем со здоровьем и различных хронических заболеваний, в частности таких, как метаболический синдром и сахарный диабет 2-го типа, сердечно-сосудистые заболевания, гиперхолестеринемия, проблемы с опор-

но-двигательным аппаратом, а также различные виды онкологии [2–4]. Следовательно, ожирение и его последствия оказывают негативное влияние на качество жизни человека, снижают производительность труда, а также повышают расходы на сферу здравоохранения [5].

На данный момент в клинической практике широкое распространение имеет индекс массы тела (ИМТ), особенно для определения избыточной массы тела и ожирения [6, 7]. Хотя ИМТ и считается достаточно информативным показателем, его недос-

© Алёшина О.О., Аверьянова И.В., 2024

Алёшина Ольга Олеговна – инженер-исследователь лаборатории физиологии экстремальных состояний (e-mail: oalesina597@gmail.com; тел.: 8 (963) 236-71-62; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5718-5398>).

Аверьянова Инесса Владиславовна – доктор биологических наук, заведующий лабораторией, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии экстремальных состояний (e-mail: Inessa1382@mail.ru; тел.: 8 (924) 691-11-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4511-6782>).

татком является то, что, хотя ИМТ в высокой степени коррелирует с увеличением жировой массы, он не проводит точного дифференцирования между жировой и мышечной массой, а также не учитывает компонентный состав тела и локализацию жировой ткани. Кроме того, известно, что существует значительная вариация в относительных пропорциях общего жира и мышечной массы среди людей, не различающихся по величине ИМТ [8, 9]. Следствием подобной низкой диагностической чувствительности ИМТ является невозможность определения компонентного состава тела, и, как следствие, выявления лиц со скрытым ожирением, которое определяется как высокое процентное содержание жира в организме при значениях ИМТ, соответствующих нормативному диапазону [10], что, в свою очередь, может явиться риском развития заболеваний, ассоциированных с «обычным» ожирением [11, 12].

Предыдущие исследования показали, что различные компоненты состава тела могут играть противоположную роль в качестве факторов риска снижения здоровья: так, жировая масса в основном увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний, тогда как мышечная масса, напротив, обладает протективной функцией относительно хронических неинфекционных заболеваний [13]. Показано, что большая величина мышечной массы может оказывать защитное воздействие на высокий уровень триглицеридов, высокий уровень холестерина ЛПНП, гипергликемию и резистентность к инсулину. Эти результаты позволяют предположить, что «парадокс ожирения» может быть частично объяснен высокой мышечной массой [14]. Показано, что хронические заболевания, связанные с кардиометаболической дисфункцией (инсулинорезистентность, метаболический синдром, диабет 2-го типа, гипертония, дислипидемия и ишемическая болезнь сердца), часто поддаются модификации с помощью изменений в рационе питания и образе жизни. При этом одним из основных модифицируемых факторов риска является достижение оптимального состава тела, главным образом – за счет снижения ожирения и поддержания соответствующего соотношения мышечной массы и жировой [15].

Таким образом, для диагностики рисков ожирения и метаболических нарушений необходимо использовать методики, альтернативные оценке ИМТ. К ним относится биоимпедансный анализ, используемый для оценки состава тела в клинической диагностике. Он является простым, недорогим, неинвазивным и эффективным методом, который позволяет оценить уровень физического развития, а также широкий спектр физиологических и морфологических характеристик организма человека [16, 17]. Кроме того, существуют индексы, такие как отношение жировой массы тела к тощей, индекс окружности «талия – бедра», и другие, которые рекомендуются для оценки риска ожирения, саркопении и саркопенического или абдоминального ожирения.

Введение широкого использования данных методов и индексов в клиническую практику должно привести к установлению новых критериев диагностики ожирения, которые также будут зависеть от пола взрослого населения. Измерение содержания жира в организме должно стать общепринятым показателем для эффективной диагностики, а также для скрининга ожирения [18].

Таким образом, целью данной работы явилась оценка информативности индекса массы тела в онтогенетическом аспекте среди мужского 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 – бедра».

Материалы и методы. На основании данных, полученных из ГБУЗ «Магаданский областной Центр медицинской профилактики», проанализировано 586 карт мужчин, проживающих на территории Магаданской области. Перед включением в исследование у каждого человека было получено информированное добровольное согласие, работа проводилась с деперсонализированными данными.

Анализируемая выборка разделена на четыре группы согласно возрастной периодизации 1965 г.: 1-я – юноши ($n = 158$), 2-я – мужчины 1-го зрелого возраста ($n = 154$), 3-я – мужчины 2-го зрелого возраста ($n = 163$), и в 4-ю группу вошли мужчины пожилого возраста ($n = 111$). В дальнейшем каждая группа была разделена согласно классическим критериям ИМТ, где значение $< 18,5$ кг/м² определялось как дефицит массы тела, $18,5$ – $24,9$ кг/м² – нормальная масса тела, 25 – $29,9$ кг/м² – избыточная масса тела и ИМТ > 30 кг/м² – ожирение [19].

В общую базу данных также вносились следующие показатели: длина тела (см), масса тела (кг), тощая масса тела по методу Durnin – Womersley (кг), жировая масса тела по методу Durnin – Womersley (кг), жировая масса (%) (анализатор биоимпедансных обменных процессов и состава тела ABC-02 «МЕДАСС», Россия), а также индекс соотношения «талия – бедра» (ОТ/ОБ, усл. ед.). Результаты измерения жировой и обезжиренной массы были использованы для расчета индекса массы жира (FMI = жировая масса тела, кг/ДТ (м)², кг/м²) и индекса безжировой массы (FFMI = тощая масса тела, кг/ДТ (м)², кг/м²). Результаты FMI $\geq 8,3$ усл. ед. были классифицированы как высокая жировая масса, а FFMI $\leq 17,4$ усл. ед. – как низкая мышечная масса [20].

Также было рассчитано соотношение FMI/FFMI, которое при значении $< 0,4$ усл. ед. классифицируется как метаболическое здоровье, $0,4$ – $0,8$ усл. ед. – как ожирение, $a > 0,8$ усл. ед. – как саркопеническое ожирение [20]. При интерпретации индекса «талия – бедра» (ОТ/ОБ) критерием абдоминального ожирения у мужчин принималось значение $> 0,90$ усл. ед.

Процентное содержание жира в организме, превышающее нормативный диапазон, классифицирова-

лось, согласно рекомендациям ВОЗ, по следующим критериям: для юношей – более 19 %, для мужчин 1-го и 2-го зрелого возраста – более 21 % и для мужчин пожилого возраста – больше 24 % [21, 22].

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 ($M \pm m$). 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 FMI/FFMI идентифицировать присутствие ожирения в различных возрастных группах. Прогностическая способность определялась количественно через площадь под кривой ROC (AUC), причем большие значения указывали на большую прогностическую способность¹. Критический уровень значимости (p) в работе принимался равным 0,05; 0,01; 0,001.

Результаты и их обсуждение. Изучаемые показатели, расчетные индексы, а также статистические различия внутри возрастных групп представлены в табл. 1. Таблица 2 отражает статистически значимые различия между анализируемыми возрастными группами. Приведенное процентное соотношение людей с различными значениями ИМТ свидетельствует о снижении количества лиц с дефицитом и нормальной массой тела от группы юношей к мужчинам пожилого возраста, следовательно, в онтогенетическом аспекте мужского населения Магаданской области выявлен рост процента людей с избыточной массой тела и ожирением. Следует отметить, что группа лиц с избыточной массой тела преобладает над ожирением в 1-м и 2-м зрелом возрасте, тогда как среди мужчин пожилого возраста избыток массы тела (МТ) и ожирение встречаются практически в равных соотношениях. Для юношеского периода характерна встречаемость лиц с дефицитом МТ, нормальной и избыточной МТ, а также с ожирением в соотношении 9 / 72 / 13 / 6 %, с выраженным преобладанием доли лиц с нормальной МТ. В 1-м зрелом возрасте зафиксировано практически равное соотношение лиц с нормальной и избыточной МТ (3 / 42 / 43 / 12 %), 2-й зрелый возраст характеризуется ростом количества людей с ожирением (0 / 26 / 38 / 36 %), среди мужчин пожилого возраста выявлено наибольшее количество людей с избыточной МТ и ожирением (0 / 15 / 45 / 40 %).

Таблица 1

Анализируемые показатели, их расчетные индексы и статистические различия внутри анализируемых групп, $M \pm m$

Параметр	Дефицит МТ (1)	Нормальная МТ (2)	Избыточная МТ (3)	Ожирение (4)	1-2	2-3	3-4	1-3	2-4	1-4
<i>Юноши</i>										
N, абс.	15 (9 %)	113 (72 %)	21 (13 %)	9 (6 %)						
ИМТ, кг/м ²	17,7 ± 0,2	21,7 ± 0,2	26,9 ± 0,3	33,4 ± 0,7	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
FFMI, кг/м ²	15,3 ± 0,3	18,9 ± 0,8	20,7 ± 0,3	25,3 ± 0,3	$p < 0,001$	$p < 0,05$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
FMI, кг/м ²	2,4 ± 0,2	3,9 ± 0,2	6,1 ± 0,3	7,3 ± 0,7	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p = 0,13$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
FM/FFM, кг/м ²	0,16 ± 0,02	0,21 ± 0,01	0,30 ± 0,02	0,29 ± 0,03	$p < 0,05$	$p < 0,001$	$p = 0,76$	$p < 0,001$	$p < 0,01$	$p < 0,001$
ОТ/ОБ, усл. ед.	0,76 ± 0,02	0,79 ± 0,00	0,82 ± 0,01	0,84 ± 0,03	$p = 0,23$	$p < 0,01$	$p = 0,59$	$p < 0,01$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
Общий жир, %	13,5 ± 1,4	17,2 ± 0,6	22,8 ± 0,9	22,1 ± 1,6	$p < 0,05$	$p < 0,001$	$p = 0,73$	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p < 0,001$
<i>1-й зрелый возраст</i>										
N, абс.	5 (3 %)	64 (42 %)	66 (43 %)	19 (12 %)						
ИМТ, кг/м ²	17,6 ± 0,3	22,4 ± 0,2	27,3 ± 0,2	33,0 ± 0,6	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
FFMI, кг/м ²	15,3 ± 0,7	17,6 ± 0,2	19,5 ± 0,2	22,4 ± 0,5	$p < 0,01$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
FMI, кг/м ²	2,2 ± 0,5	4,9 ± 0,2	7,7 ± 0,2	10,7 ± 0,5	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
FM/FFM, кг/м ²	0,15 ± 0,04	0,28 ± 0,01	0,40 ± 0,01	0,48 ± 0,02	$p < 0,01$	$p < 0,001$	$p < 0,01$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
ОТ/ОБ, усл. ед.	0,80 ± 0,03	0,80 ± 0,01	0,86 ± 0,01	0,92 ± 0,01	$p = 0,93$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p = 0,09$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
Общий жир, %	12,9 ± 2,9	21,2 ± 0,8	28,0 ± 0,7	32,2 ± 1,1	$p < 0,01$	$p < 0,001$	$p < 0,01$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
<i>2-й зрелый возраст</i>										
N, абс.	0 (0 %)	44 (26 %)	60 (38 %)	59 (36 %)						
ИМТ, кг/м ²	–	22,9 ± 0,2	27,1 ± 0,2	34,4 ± 0,5	–	$p < 0,001$	$p < 0,001$	–	$p < 0,001$	–
FFMI, кг/м ²	–	16,5 ± 0,2	18,3 ± 0,2	20,9 ± 0,4	–	$p < 0,001$	$p < 0,001$	–	$p < 0,001$	–

¹ Swets J.A. Measuring the accuracy of diagnostic systems // Science. – 1988. – Vol. 240, № 4857. – P. 1285–1293. DOI: 10.1126/science.3287615

Параметр	Дефицит МТ (1)	Нормальная МТ (2)	Избыточная МТ (3)	Ожирение (4)	1-2	2-3	3-4	1-3	2-4	1-4
FMI, кг/м ²	–	6,4 ± 0,3	9,1 ± 0,4	12,7 ± 0,4	–	p < 0,001	p < 0,001	–	p < 0,001	–
FM/FFM, кг/м ²	–	0,39 ± 0,02	0,50 ± 0,02	0,62 ± 0,02	–	p < 0,001	p < 0,001	–	p < 0,001	–
ОТ/ОБ, усл. ед.	–	0,85 ± 0,01	0,91 ± 0,01	0,97 ± 0,01	–	p < 0,001	p < 0,001	–	p < 0,001	–
Общий жир, %	–	27,5 ± 1,0	33,5 ± 1,2	36,5 ± 1,0	–	p < 0,001	p < 0,05	–	p < 0,001	–
<i>Пожилый возраст</i>										
N, абс.	0 (0 %)	17 (15 %)	50 (45 %)	44 (40 %)						
ИМТ (кг/м ²)	–	22,7 ± 0,5	27,4 ± 0,2	33,7 ± 0,6	–	p < 0,001	p < 0,001	–	p < 0,001	–
FFMI, кг/м ²	–	16,2 ± 0,3	17,7 ± 0,2	21,2 ± 0,5	–	p < 0,001	p < 0,001	–	p < 0,001	–
FMI, кг/м ²	–	6,6 ± 0,4	9,6 ± 0,2	12,6 ± 0,3	–	p < 0,001	p < 0,001	–	p < 0,001	–
FM/FFM, кг/м ²	–	0,41 ± 0,03	0,55 ± 0,02	0,61 ± 0,02	–	p < 0,001	p < 0,05	–	p < 0,001	–
ОТ/ОБ, усл. ед.	–	0,87 ± 0,01	0,93 ± 0,01	0,98 ± 0,01	–	p < 0,001	p < 0,001	–	p < 0,001	–
Общий жир, %	–	28,7 ± 1,4	35,2 ± 0,7	37,4 ± 0,8	–	p < 0,001	p < 0,05	–	p < 0,001	–

Таблица 2

Статистические различия между анализируемыми возрастными группами

Параметр	Юноши – 1-й зрелый возраст	1-й зрелый – 2-й зрелый возраст	2-й зрелый – пожилой возраст	Юноши – пожилой возраст
<i>Дефицит МТ</i>				
ИМТ, кг/м ²	p = 0,69	–	–	–
FFMI, кг/м ²	p = 1,00	–	–	–
FMI, кг/м ²	p = 0,76	–	–	–
FM/FFM, кг/м ²	p = 0,84	–	–	–
ОТ/ОБ, усл. ед.	p = 0,32	–	–	–
Общий жир, %	p = 0,84	–	–	–
<i>Нормальная МТ</i>				
ИМТ, кг/м ²	p < 0,05	p = 0,11	p = 0,76	p < 0,05
FFMI, кг/м ²	p = 0,09	p < 0,001	p = 0,43	p < 0,01
FMI, кг/м ²	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,62	p < 0,001
FM/FFM, кг/м ²	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,62	p < 0,001
ОТ/ОБ, усл. ед.	p < 0,05	p < 0,001	p = 0,11	p < 0,001
Общий жир, %	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,49	p < 0,001
<i>Избыточная МТ</i>				
ИМТ, кг/м ²	p = 0,23	p = 0,49	p = 0,32	p = 0,16
FFMI, кг/м ²	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,05	p < 0,001
FMI, кг/м ²	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,23	p < 0,001
FM/FFM, кг/м ²	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,05	p < 0,001
ОТ/ОБ, усл. ед.	p < 0,05	p < 0,001	p < 0,05	p < 0,001
Общий жир, %	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,23	p < 0,001
<i>Ожирение</i>				
ИМТ, кг/м ²	p = 0,69	p < 0,05	p = 0,32	p = 0,76
FFMI, кг/м ²	p < 0,001	p < 0,05	p = 0,62	p < 0,001
FMI, кг/м ²	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,76	p < 0,001
FM/FFM, кг/м ²	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,62	p < 0,001
ОТ/ОБ, усл. ед.	p < 0,01	p < 0,001	p = 0,62	p < 0,001
Общий жир, %	p < 0,001	p < 0,01	p = 0,49	p < 0,001

В группе юношей с дефицитом МТ, а также мужчин 1-го зрелого возраста низкие значения показателя FFMI свидетельствуют о дефиците мышечной массы, данные группы характеризуются отсутствием статистически значимых различий по всем анализируемым показателям. Во 2-м зрелом и пожилом возрастах аналогичная ситуация отмечена уже среди людей с нормальной МТ, при этом мужчины 2-го зрелого возраста характеризовались избыточным содержанием жировой ткани в организме,

а среди пожилого населения высокие значения индекса FMI/FFMI свидетельствуют об ожирении уже при ИМТ, соответствующем норме.

Следует отметить, что юношеский период онтогенеза при избыточной МТ и ожирении характеризуется содержанием жира в организме, превышающим нормативный диапазон. Мужчины 1-го зрелого возраста при избытке МТ имеют высокие значения показателей FMI/FFMI и процента жировой массы, при ожирении зафиксировано наличие

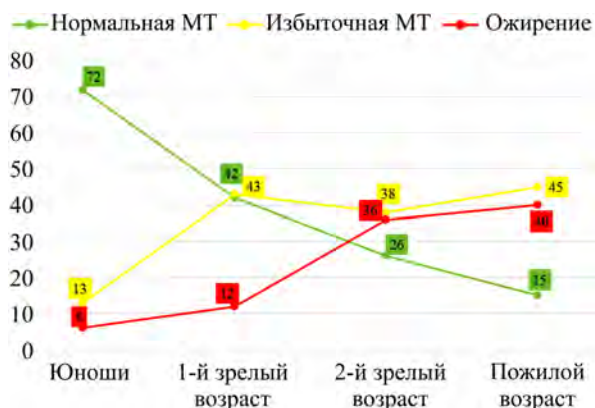


Рис. 1. Распределение обследуемой выборки по частоте встречаемости нормальных величин, избыточной массы тела и ожирения в различных возрастных группах

абдоминального ожирения на фоне показателей FMI, FMI/FFMI и общего жира, превышающих норму, что подтверждает ожирение в данной группе.

Мужчины 2-го зрелого и пожилого возраста, как в группе с ИМТ, соответствующим избытку МТ, так и с ожирением, характеризуются высокими значениями FMI, FMI/FFMI, ОТ/ОБ и общего содержания жира, что свидетельствует о выраженном ожирении в каждой из групп. Стоит отметить, что статистические различия между двумя данными возрастными группами по всем изучаемым показателям при нормальной МТ и ожирении отсутствуют.

На рис. 1 представлен график динамики процентного распределения доли лиц с нормальными величинами МТ, а также избыточной массы тела и ожирения (процент встречаемости дефицитных проявлений ИМТ исключен из графика ввиду отсутствия случаев во 2-м зрелом и пожилом возрасте).

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

Анализ полученных данных позволил установить, что в ряду от юношей к группе лиц пожилого возраста отмечается значимое снижение величин FFMI на фоне возрастания FMI, FMI/FFMI, общего содержания жира в организме и отношения окружности талии к бедрам в группах с ИМТ, соответствующим нормальным величинам массы тела, в выборке с избыточной массой тела, а также с ожирением, что согласуется с результатами других авторов [23]. Также стратификация мужчин по ИМТ позволила установить значимую динамику возрастания анализируемых переменных по мере увеличения значений ИМТ в каждой возрастной группе. Более высокие значения мышечного компонента в группе лиц с наличием избыточной массы тела и ожирением сопоставимы с результатами других авторов,

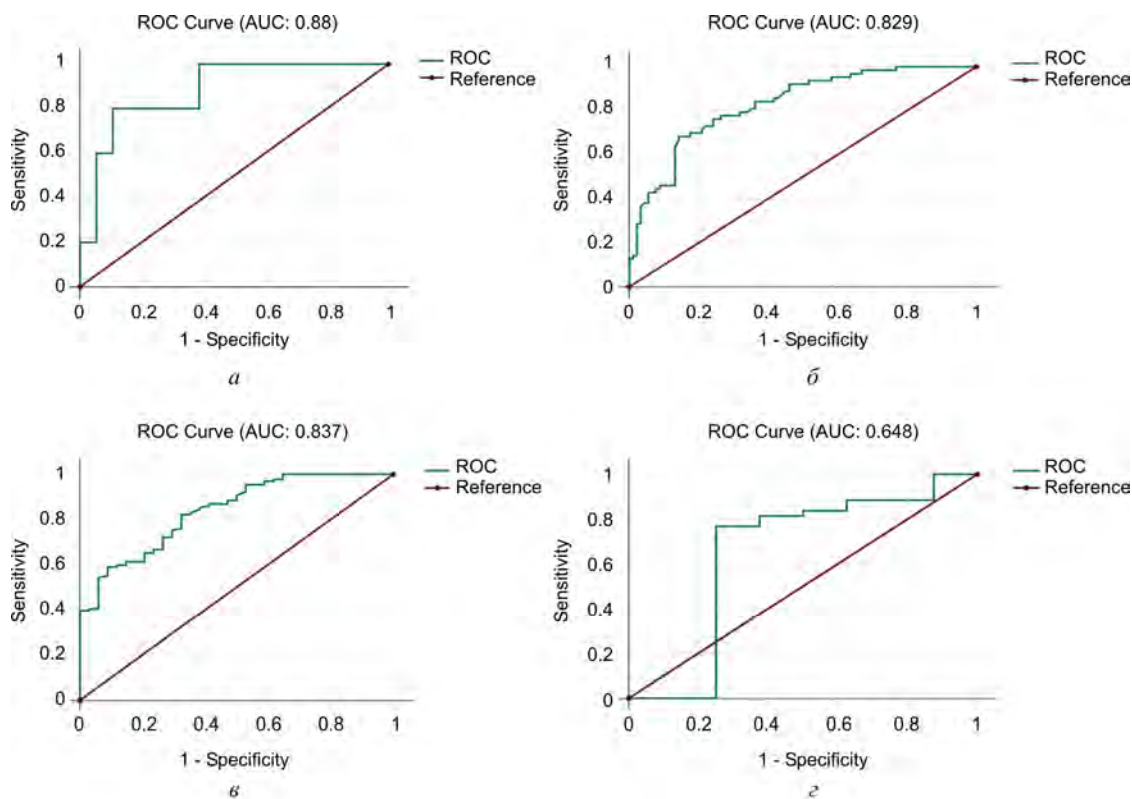


Рис. 2. ROC-анализ в группе юношей (а), мужчин 1-го зрелого возраста (б), мужчин 2-го зрелого возраста (в), мужчин пожилого возраста (г)

которые объясняют данный факт анаболической активностью из-за нагрузки избыточной массы тела на опорно-двигательный аппарат [24]. Необходимо указать, что в возрастном аспекте нами было отмечено изменение диапазонов размаха ИМТ от минимального к максимальному значению: так, в группе юношей размах ИМТ составил 16,15–36,33 кг/м², у представителей 1-го зрелого возраста – 16,36–41,4 кг/м², в выборке 2-го зрелого возраста – 19,02–48,52 кг/м² со значительным смещением нижнего порога у мужчин пожилого возраста с 25,03 кг/м² при максимальном пороге, равном 49,69 кг/м².

Из рис. 1 следует, что для группы обследуемых, относящихся к юношеской периоду онтогенеза, отмечается преобладание лиц, характеризующихся нормальными величинами МТ (72 %), в 1-м зрелом возрасте было зафиксировано превалирование доли лиц с избыточной массой тела (43 %) над долей лиц с нормальной массой тела (42 %), тогда как во 2-м зрелом возрасте наблюдалась достаточно высокая частота встречаемости как мужчин с ожирением (36 %), так и с избыточной массой тела (38 %) против обследуемых, характеризующихся величинами массы тела, соответствующими нормативному диапазону (26 %). В выборке представителей пожилого возраста нами зафиксировано значительное снижение доли лиц с нормальными величинами МТ (15 %), с возрастанием избыточной массы тела (45 %) и ожирения (40 %). Данные, представленные на рис. 1, свидетельствуют о достаточно неблагоприятных проявлениях в формировании физического статуса мужчин, выражающихся в двух перекрестах кривых графика в возрастном аспекте: в 1-м зрелом возрасте (1-й перекрест) – характеризуется преобладанием доли лиц с избыточной массой тела над величинами МТ в пределах нормы, а в периоде 2-го зрелого возраста (2-й перекрест) – отмечается превалирование лиц с ожирением над частотой случаев с нормальными величинами МТ с одновременно высокой частотой обследуемых с избыточной массой тела.

Анализируя полученные данные, следует констатировать факт, что в юношеском периоде онтогенеза дефицит массы тела обусловлен сниженной мышечной массой. Все анализируемые показатели в группе лиц с нормативными величинами ИМТ соответствовали референсному диапазону, а в группах молодых людей с избыточной массой тела и ожирением на фоне оптимальных значений FMI, FFMI, соотношения FMI/FFMI и ОТ/ОБ отмечались высокие величины общего содержания жира в организме, что дает нам основание сделать вывод о возможности использования ИМТ для данной возрастной группы.

У мужчин 1-го зрелого возраста также в группе «дефицит МТ» было зафиксировано снижение мышечного компонента, тогда как уже в группе ИМТ от 18,5 до 24,9 кг/м² (нормальная масса тела) было выявлено избыточное содержание общего жира в организме, что также было отмечено и у мужчин

2-го зрелого и пожилого возраста, при этом данные изменения в этих выборках сочетались со сниженными величинами индекса безжировой массы (мышечного компонента), что ставит под сомнение использование показателя ИМТ как классификатора нормальных величин массы тела в данных периодах онтогенеза. В нескольких исследованиях было обнаружено, что как высокие, так и низкие значения ИМТ были связаны с риском хронических неинфекционных заболеваний и смертности от всех причин [25]. Показано, что риск заболеваемости по ИМТ образует U- или J-образную кривую – низкий или высокий ИМТ увеличивал этот риск по сравнению со значениями ИМТ близкими к средним [26]. Наши результаты также подтверждают U-образную кривую для ИМТ в группах юношей и мужчин 1-го зрелого возраста, где при низких величинах ИМТ мы отметили снижение мышечного компонента, а при ИМТ более 30 кг/м² – излишнее содержание жирового компонента.

Следует подчеркнуть, что в группе «избыточная масса тела» начиная с периода 2-го зрелого возраста и старше мы отметили сочетанный комплекс негативных проявлений относительно физического статуса, что отражалось в наличии ожирения (высокие показатели FMI/FFMI), избыточной величины общего содержания жира в организме и индекса массы жира, а также признаков абдоминального ожирения (соотношение талия – бедра > 0,90 усл. ед.) с усугублением данных тенденций в группе с ожирением.

В целом полученные нами данные указывают, что классические диапазоны ИМТ, определяющие критерии ожирения / недостаточной массы тела, не являются четким параметром для определения как ожирения, так и недостаточности массы тела с точки зрения дефицита мышечного компонента и высокого процентного содержания общего жира в организме в популяции мужчин, особенно в возрастном аспекте. Для решения вопроса о том, какие величины ИМТ могут служить маркерами оптимального соотношения FMI/FFMI, исключающего наличие ожирения и саркопенических тенденций в указанных группах мужчин, полученные данные были подвергнуты анализу на прогностическую значимость на основе построения ROC-кривой с расчетом величины AUC. Следует указать, что показатель FMI/FFMI имел значимые и достаточно сильные корреляционные связи с FMI и с процентом содержания жира в организме (юноши – 0,86 ($p < 0,001$) и 0,98 ($p < 0,001$); 1-й зрелый возраст – 0,95 ($p < 0,001$) и 0,95 ($p < 0,001$); 2-й зрелый возраст – 0,86 ($p < 0,001$) и 0,86 ($p < 0,001$); пожилые – 0,79 ($p < 0,001$) и 0,98 ($p < 0,001$) соответственно), но не с показателем FFMI, который не имел значимых ассоциаций с показателем FMI/FFMI в группе юношей ($r = -0,07$, $p = 0,98$), мужчин 1-го зрелого возраста ($r = 0,13$, $p = 0,47$), обследуемых 2-го зрелого возраста ($r = 0,06$, $p = 0,84$), тогда как в группе мужчин пожилого возраста мы отметили обратную

корреляционную связь FMI/FFMI и FMI, равную $r = -0,48$ ($p < 0,01$), которая, по нашему мнению, является отражением саркопенических тенденций в данном возрастном периоде.

На рис. 2 представлены ROC-кривые для определения маркерной величины ИМТ при значении FMI/FFMI $> 0,4$ усл. ед., отражающей наличие ожирения. Показано, что в группе юношей ИМТ, превышающий 25 кг/м^2 , имеет высокую прогностическую ценность относительно выявления ожирения, о чем свидетельствует величина AUC, равная $0,88$ ($p < 0,001$). Необходимо отметить, что нами был зафиксирован еще один маркер, установленный на данной кривой, – это величина ИМТ, равная $22,0 \text{ кг/м}^2$. При этом интересным оказался тот факт, что средняя величина FFMI в выборке юношей со значением ниже вышеуказанного порога ИМТ составила $14,8 \pm 0,12 \text{ кг/м}^2$, что свидетельствует о снижении мышечного компонента и может отражать проявление саркопенической тенденции в формировании физического статуса. Следует также отметить, что в группе юношей полученные данные ROC-анализа подтверждаются достаточно высокой величиной коэффициента корреляции между показателями ИМТ и FMI/FFMI ($r = 0,50$; $p < 0,001$), наблюдаемой на фоне низкой доли лиц с показателем FMI/FFMI, превышающим нормативный диапазон, частота встречаемости которых в группе юношей составила лишь 4 %.

В группе мужчин 1-го зрелого возраста ИМТ с отсечкой, равной $26,5 \text{ кг/м}^2$, показал высокую диагностическую ценность относительно определения ожирения (AUC = $0,829$; $p < 0,001$) с высоким значением коэффициента корреляции между ИМТ и FMI/FFMI, который составил $0,68$ ($p < 0,001$) при доле лиц, равной 41 %, со значением, превышающим порог метаболического здоровья по значениям FMI/FFMI.

В группе мужчин 2-го зрелого возраста оптимальный диапазон ИМТ, варьирующийся от $24,0$ до $27,5 \text{ кг/м}^2$, также имел высокую прогностическую значимость, что определялось величиной AUC, равной $0,837$ ($p < 0,001$), где у мужчин с величиной ИМТ ниже представленного минимального порога было зафиксировано снижение FFMI до $16,9 \pm 0,07 \text{ кг/м}^2$ (при норме более $17,4 \text{ кг/м}^2$), тогда как для мужчин с ИМТ выше $27,5 \text{ кг/м}^2$ было характерно возрастание числовой величины FMI до $12,2 \pm 0,9 \text{ кг/м}^2$ при норме менее $8,3 \text{ кг/м}^2$. Следует также отметить, что мужчины с показателями ИМТ в диапазоне от $24,0$ до $27,5 \text{ кг/м}^2$ характеризовались оптимальными значениями FMI ($7,98 \pm 0,06 \text{ кг/м}^2$) и FFMI ($17,8 \pm 0,16 \text{ кг/м}^2$), в полной мере соответствующими нормативным показателям. Также необходимо указать на высокое значение коэффициента корреляции между величинами ИМТ и FMI/FFMI ($r = 0,60$; $p < 0,001$) с возрастанием доли лиц с FMI/FFMI, отражающим наличие ожирения до 78 % в периоде онтогенеза 2-го зрелого возраста.

Стоит обратить внимание, что в группе мужчин пожилого возраста прогностической значимости

ROC-анализ не показал (AUC = $0,562$). Это свидетельствует об ограничении применения в качестве маркеров риска ожирения ИМТ в данном периоде онтогенеза, что подтверждается отсутствием корреляционной связи ИМТ и FMI/FFMI ($r = 0,008$; $p = 0,54$) и выраженной частой встречаемости мужчин с FMI/FFMI $> 0,4$ усл. ед., равной 91 %. Полученные данные согласуются с результатами других исследователей, в которых указано, что пожилые люди, как правило, имеют более высокий процент жира в организме при определенном ИМТ, именно поэтому установленные пороговые значения ИМТ также могут быть менее точными у пожилых людей (≥ 65 лет) [23].

Выводы. Стратификация мужчин по ИМТ позволила установить значимую положительную динамику анализируемых переменных по мере увеличения ИМТ в каждом анализируемом периоде онтогенеза при возрастном снижении от группы юношей к выборке мужчин пожилого возраста величин FFMI на фоне возрастания FMI, FMI/FFMI, общего содержания жира в организме и отношения окружности талии к бедрам в группах ИМТ «норма», «избыточная масса тела» и «ожирение».

Полученные результаты позволили сделать заключение, что у мужчин Магаданской области классические диапазоны ИМТ не являются четким параметром для определения ожирения в популяции, в то время как показатели биоимпедансометрии (соотношения FMI/FFMI) могут выступать в качестве индикаторов риска формирования ожирения и саркопенических тенденций, что подтверждается высокосignификантными коэффициентами корреляции данного показателя с общим процентным содержанием жира и индексом жировой массы в каждой возрастной группе.

В целом результаты исследования подтверждают мнение, что при оценке физического статуса на предмет наличия ожирения следует учитывать антропометрические параметры и индексы, ориентированные не только на массу тела, соотношенную с длиной тела (ИМТ), но и учитывать величину мышечной массы (FFMI), жировой массы (FMI), а также их соотношения – FMI/FFMI. Учитывая тот факт, что в настоящее время метод биоимпедансометрии широко доступен ввиду низкой стоимости и простоты выполнения исследования, было бы целесообразно внедрить оценку данных индикаторов в скрининговую профилактическую и клиническую практику с целью анализа как абсолютных (кг), так и относительных (%) величин мышечной и жировой массы тела для эффективной ранней диагностики и профилактики ожирения.

Ограничение. Данное исследование имело некоторые ограничения: основным является участие в исследованиях лишь лиц мужского пола, что не позволяет в полной мере описать популяцию жителей-северян. Также

применение данных результатов может быть ограничено только европеоидной этнической принадлежностью. Насколько известно, это первое исследование лиц мужского пола, проживающих в условиях Северо-Востока России, анализирующее способность антропометрических изменений оценивать ожирение и его типы на основе индекса жировой массы и индекса безжировой массы.

Финансирование. Работа выполнена за счет бюджетного финансирования НИЦ «Арктика» ДВО РАН в

рамках разработки 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 АААА-А21-121010690002-2).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Comparison of anthropometric indicators as predictors of the percentage of fat mass in young people and older adults in Chile / R. Gómez-Campos, R. Vidal-Espinoza, L.F. Castelli Correia de Campos, J. Sulla-Torres, W. Cossio-Bolaños, M. de Arruda, C.U. Albornoz, M. Cossio-Bolaños // *Endocrinol. Diabetes Nutr. (Engl. Ed.)*. – 2022. – Vol. 69, № 1. – P. 25–33. DOI: 10.1016/j.endien.2022.01.002
2. A systematic literature review on obesity: Understanding the causes & consequences of obesity and reviewing various machine learning approaches used to predict obesity / M. Safaei, E.A. Sundararajan, M. Driss, W. Boulila, A. Shapi'i // *Comput. Biol. Med.* – 2021. – Vol. 136. – P. 104754. DOI: 10.1016/j.compbiomed.2021.104754
3. Prevalence of overweight, obesity, abdominal obesity and obesity-related risk factors in southern China / L. Hu, X. Huang, C. You, J. Li, K. Hong, P. Li, Y. Wu, Q. Wu [et al.] // *PLoS One*. – 2017. – Vol. 12, № 9. – P. e0183934. DOI: 10.1371/journal.pone.0183934
4. Obesity: how much does it matter for female pelvic organ prolapse? / N. Young, I.K. Atan, R.G. Rojas, H.P. Dietz // *Int. Urogynecol. J.* – 2018. – Vol. 29, № 8. – P. 1129–1134. DOI: 10.1007/s00192-017-3455-8
5. Chooi Y.C., Ding C., Magkos F. The epidemiology of obesity // *Metabolism*. – 2019. – Vol. 92. – P. 6–10. DOI: 10.1016/j.metabol.2018.09.005
6. Smoking status and abdominal obesity among normal- and overweight/obese adults: Population-based FINRISK study / E.-L. Tuovinen, S.E. Saarni, S. Männistö, K. Borodulin, K. Patja, T.H. Kinnunen, J. Kaprio, T. Korhonen // *Prev. Med. Rep.* – 2016. – Vol. 4. – P. 324–330. DOI: 10.1016/j.pmedr.2016.07.003
7. Лечение ожирения и коморбидных заболеваний: междисциплинарные клинические рекомендации / И.И. Дедов, М.В. Шестакова, Г.А. Мельниченко, Н.В. Мазурина, Е.Н. Андреева, И.З. Бондаренко, З.Р. Гусова, Ф.Х. Дзгоева [и др.] // *Ожирение и метаболизм*. – 2021. – Т. 18, № 1. – С. 5–99. DOI: 10.14341/omet12714
8. Lean body mass is not beneficial, but may be detrimental for glucose tolerance – Splitting body mass index according to body composition / S.K. Rehunen, H. Kautiainen, P.E. Korhonen, J.G. Eriksson // *Prim. Care Diabetes*. – 2020. – Vol. 14, № 6. – P. 747–752. DOI: 10.1016/j.pcd.2020.05.003
9. Пястолова Н.Б. Индекс Кетле как инструмент оценки физического состояния организма // *Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация*. – 2020. – Т. 5, № 4. – С. 43–48. DOI: 10.24411/2500-0365-2020-15406
10. Normal weight obese (NWO) women: an evaluation of a candidate new syndrome / A. De Lorenzo, R. Martinoli, F. Vaia, L. Di Renzo // *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* – 2006. – Vol. 16, № 8. – P. 513–523. DOI: 10.1016/j.numecd.2005.10.010
11. Normal weight obesity: a risk factor for cardiometabolic dysregulation and cardiovascular mortality / A. Romero-Corral, V.K. Somers, J. Sierra-Johnson, Y. Korenfeld, S. Boarin, J. Korinek, M.D. Jensen, G. Parati, F. Lopez-Jimenez // *Eur. Heart J.* – 2010. – Vol. 31, № 6. – P. 737–746. DOI: 10.1093/eurheartj/ehp487
12. Место биоимпедансного анализа в эпидемиологической оценке состояния нутритивного статуса взрослых и детей (обзор) / Л.В. Козлова, В.В. Бекезин, Т.В. Дружинина, О.В. Пересецкая // *Смоленский медицинский альманах*. – 2017. – № 4. – С. 13–22.
13. Predicted lean body mass, fat mass, and all cause and cause specific mortality in men: prospective US cohort study / D.H. Lee, N. Keum, F.B. Hu, E.J. Orav, E.B. Rimm, W.C. Willett, E.L. Giovannucci // *BMJ*. – 2018. – Vol. 362. – P. k2575. DOI: 10.1136/bmj.k2575
14. High BMI with adequate lean mass is not associated with cardiometabolic risk factors in children and adolescents. / P. Xiao, H. Cheng, Y. Yan, J. Liu, X. Zhao, H. Li, J. Mi // *J. Nutr.* – 2021. – Vol. 151, № 5. – P. 1213–1221. DOI: 10.1093/jn/nxaa328
15. Haldar S., Chia S.C., Henry C.J. Body Composition in Asians and Caucasians: comparative analyses and influences on cardiometabolic outcomes // *Adv. Food Nutr. Res.* – 2015. – Vol. 75. – P. 97–154. DOI: 10.1016/bs.afnr.2015.07.001
16. Биоимпедансный анализ в клинической практике / Н.К. Перевощикова, И.А. Селиверстов, С.А. Дракина, Н.С. Черных // *Мать и дитя в Кузбассе*. – 2021. – № 3 (86). – С. 11–20. DOI: 10.24412/2686-7338-2021-3-11-20
17. Современные методы анализа композиционного состава тела / А.С. Самойлов, А.В. Жолинский, Н.В. Рылова, М.Н. Величко, И.В. Большаков, А.В. Бодров, Р.А. Симонов, П.Д. Чижиков // *Практическая медицина*. – 2022. – Т. 20, № 1. – С. 21–26. DOI: 10.32000/2072-1757-2022-1-21-26
18. Anthropometric indices as predictive screening tools for obesity in adults; the need to define sex-specific cut-off points for anthropometric indices / M. Górnicka, K. Szewczyk, A. Białkowska, K. Jancichova, M. Habanova, K. Górnicki, J. Hamulka // *Appl. Sci.* – 2022. – Vol. 12, № 12. – P. 6165. DOI: 10.3390/app12126165
19. WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies // *Lancet*. – 2004. – Vol. 363, № 9403. – P. 157–163. DOI: 10.1016/s0140-6736(03)15268-3
20. Increased length of hospital stay in underweight and overweight patients at hospital admission: A controlled population study / U.G. Kyle, M. Pirlich, H. Lochs, T. Schuetz, C. Pichard // *Clin. Nutr.* – 2005. – Vol. 24, № 1. – P. 133–142. DOI: 10.1016/j.clnu.2004.08.012
21. WHO European Regional Obesity Report 2022 [Электронный ресурс]. – Denmark, Copenhagen: WHO, 2022. – 206 p. – URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/353747.pdf> (дата обращения: 05.05.2023).

22. Pluta W., Dudzińska W., Lubkowska A. Metabolic Obesity in People with Normal Body Weight (MONW) – Review of Diagnostic Criteria // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2022. – Vol. 19, № 2. – P. 624. DOI: 10.3390/ijerph19020624
23. Nimptsch K., Konigorski S., Pischon T. Diagnosis of obesity and use of obesity biomarkers in science and clinical medicine // *Metabolism*. – 2019. – Vol. 92. – P. 61–70. DOI: 10.1016/j.metabol.2018.12.006
24. The Use of Different Anthropometric Indices to Assess the Body Composition of Young Women in Relation to the Incidence of Obesity, Sarcopenia and the Premature Mortality Risk / M. Gažarová, M. Bihari, M. Lorková, P. Lenártová, M. Habánová // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2022. – Vol. 19, № 19. – P. 12449. DOI: 10.3390/ijerph191912449
25. Body Mass Index, Abdominal Fatness, and Heart Failure Incidence and Mortality: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies / D. Aune, A. Sen, T. Norat, I. Janszky, P. Romundstad, S. Tonstad, L.J. Vatten // *Circulation*. – 2016. – Vol. 133, № 7. – P. 639–649. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.016801
26. Body mass index and risk of brain tumors: a systematic review and dose-response meta-analysis / D. Zhang, J. Chen, J. Wang, S. Gong, H. Jin, P. Sheng, X. Qi, L. Lv [et al.] // *Eur. J. Clin. Nutr.* – 2016. – Vol. 70, № 7. – P. 757–765. DOI: 10.1038/ejcn.2016.4

Алёшина О.О., Аверьянова И.В. Антропометрические индексы и биоимпедансометрические показатели как онтогенетические индикаторы риска формирования ожирения // *Анализ риска здоровью*. – 2024. – № 1. – С. 111–120. DOI: 10.21668/health.risk/2024.1.11

UDC 572.511

DOI: 10.21668/health.risk/2024.1.11.eng



Research article

ANTHROPOMETRIC INDICES AND BIOIMPEDANCE BODY COMPOSITION AS ONTOGENETIC INDICATORS TO DESCRIBE RISK OF OBESITY

O.O. Alyoshina, I.V. Averyanova

Scientific Center “Arktika”, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (SC “Arktika” FEB RAS), 24 Karl Marx St., Magadan, 685000, Russian Federation

The body mass index does not distinguish body fat mass from fat-free mass and does not capture changes in these parameters. The aim of this study was to establish an association between anthropometric indexes and bioimpedance indicators with age-specific obesity on the example of male population in the Magadan oblast. To achieve it, we examined 586 males who lived in the Magadan oblast by using conventional methods for assessment of physical development. The ROC analysis was performed and the area under the ROC curve (AUC) was measured.

The analysis of the obtained research data established a significant decrease in FFMI values with age (from young males to elderly ones) together with growing FMI, FMI/FFMI ratio, total body fat and the waist-to-hip ratio. To determine an optimal BMI value as an indicator eligible to diagnose obesity, a ROC-curve was built to describe a relationship between BMI and FMI/FFMI value < 0.4 cu. It showed that when BMI ranged between 22 kg/m² and 25.0 kg/m² in young males, bioimpedance values corresponded to the physiological norm; in the early maturity group, the optimal BMI cut-off point for diagnosing obesity was 26.5 kg/m²; the optimal BMI range in the 2nd maturity group was 24.0–27.5 kg/m². It is noteworthy that the ROC-analysis turned out to have no predictive significance among elderly men; this indicates that BMI is hardly eligible for being used as an indicator of obesity risk in this period of ontogenesis.

Classical BMI ranges cannot be considered a clear indicator to diagnose obesity among males in the Magadan oblast whereas indicators obtained by bioimpedance analysis (FMI/FFMI ratios) can be used as relevant indicators when assessing risks of obesity and sarcopenia in the analyzed population.

Keywords: BMI, bioimpedance analysis, anthropometric indices, age dynamics, physical development, male population, obesity, ROC-analysis.

© Alyoshina O.O., Averyanova I.V., 2024

Olga O. Alyoshina – research engineer at the Laboratory for Physiology of Extreme States (e-mail: oalesina597@gmail.com; tel.: +7 (963) 236-71-62; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5718-5398>).

Inessa V. Averyanova – Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory, Leading Researcher at the Laboratory for Physiology of Extreme States (e-mail: Inessa1382@mail.ru; tel.: +7 (924) 691-11-46; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4511-6782>).

References

1. Gómez-Campos R., Vidal-Espinoza R., Castelli Correia de Campos L.F., Sulla-Torres J., Cossio-Bolaños W., de Arruda M., Albornoz C.U., Cossio-Bolaños M. Comparison of anthropometric indicators as predictors of the percentage of fat mass in young people and older adults in Chile. *Endocrinol. Diabetes Nutr. (Engl. Ed.)*, 2022, vol. 69, no. 1, pp. 25–33. DOI: 10.1016/j.endien.2022.01.002
2. Safaei M., Sundararajan E.A., Driss M., Boulila W., Shapi'i A. A systematic literature review on obesity: Understanding the causes & consequences of obesity and reviewing various machine learning approaches used to predict obesity. *Comput. Biol. Med.*, 2021, vol. 136, pp. 104754. DOI: 10.1016/j.compbio.2021.104754
3. Hu L., Huang X., You C., Li J., Hong K., Li P., Wu Y., Wu Q. [et al.]. Prevalence of overweight, obesity, abdominal obesity and obesity-related risk factors in southern China. *PLoS One*, 2017, vol. 12, no. 9, pp. e0183934. DOI: 10.1371/journal.pone.0183934
4. Young N., Atan I.K., Rojas R.G., Dietz H.P. Obesity: how much does it matter for female pelvic organ prolapse? *Int. Urogynecol. J.*, 2018, vol. 29, no. 8, pp. 1129–1134. DOI: 10.1007/s00192-017-3455-8
5. Chooi Y.C., Ding C., Magkos F. The epidemiology of obesity. *Metabolism*, 2019, vol. 92, pp. 6–10. DOI: 10.1016/j.metabol.2018.09.005
6. Tuovinen E.-L., Saarni S.E., Männistö S., Borodulin K., Patja K., Kinnunen T.H., Kaprio J., Korhonen T. Smoking status and abdominal obesity among normal- and overweight/obese adults: Population-based FINRISK study. *Prev. Med. Rep.*, 2016, vol. 4, pp. 324–330. DOI: 10.1016/j.pmedr.2016.07.003
7. Dedov I.I., Shestakova M.V., Melnichenko G.A., Mazurina N.V., Andreeva E.N., Bondarenko I.Z., Gusova Z.R., Dzugova F.K. [et al.]. Interdisciplinary Clinical Practice Guidelines “Management of obesity and its comorbidities”. *Ozhirenie i metabolism*, 2021, vol. 18, no. 1, pp. 5–99. DOI: 10.14341/omet12714 (in Russian).
8. Rehunen S.K., Kautiainen H., Korhonen P.E., Eriksson J.G. Lean body mass is not beneficial, but may be detrimental for glucose tolerance – Splitting body mass index according to body composition. *Prim. Care Diabetes*, 2020, vol. 14, no. 6, pp. 747–752. DOI: 10.1016/j.pcd.2020.05.003
9. Pyastolova N.B. Quetelet index as a tool for assessing the physical condition of the body. *Fizicheskaya kul'tura. Sport. Turizm. Dvigatel'naya rekreatsiya*, 2020, vol. 5, no. 4, pp. 43–48. DOI: 10.24411/2500-0365-2020-15406 (in Russian)
10. De Lorenzo A., Martinoli R., Vaia F., Di Renzo L. Normal weight obese (NWO) women: an evaluation of a candidate new syndrome. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*, 2006, vol. 16, no. 8, pp. 513–523. DOI: 10.1016/j.numecd.2005.10.010
11. Romero-Corral A., Somers V.K., Sierra-Johnson J., Korenfeld Y., Boarin S., Korinek J., Jensen M.D., Parati G., Lopez-Jimenez F. Normal weight obesity: a risk factor for cardiometabolic dysregulation and cardiovascular mortality. *Eur. Heart J.*, 2010, vol. 31, no. 6, pp. 737–746. DOI: 10.1093/eurheartj/ehp487
12. Kozlova L.V., Bekezin V.V., Druzhinina T.V., Peresetskaya O.V. Place of bioimpedance analysis in epidemiological assessment of nutritional status of adults and children (review). *Smolenskii meditsinskii al'manakh*, 2017, no. 4, pp. 13–22 (in Russian).
13. Lee D.H., Keum N., Hu F.B., Orav E.J., Rimm E.B., Willett W.C., Giovannucci E.L. Predicted lean body mass, fat mass, and all cause and cause specific mortality in men: prospective US cohort study. *BMJ*, 2018, vol. 362, pp. k2575. DOI: 10.1136/bmj.k2575
14. Xiao P., Cheng H., Yan Y., Liu J., Zhao X., Li H., Mi J. High BMI with adequate lean mass is not associated with cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *J. Nutr.*, 2021, vol. 151, no. 5, pp. 1213–1221. DOI: 10.1093/jn/nxaa328
15. Haldar S., Chia S.C., Henry C.J. Body Composition in Asians and Caucasians: comparative analyses and influences on cardiometabolic outcomes. *Adv. Food Nutr. Res.*, 2015, vol. 75, pp. 97–154. DOI: 10.1016/bs.afnr.2015.07.001
16. Perevoshchikova N.K., Seliverstov I.A., Drakina S.A., Chernykh N.S. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice. *Mat' i ditya v Kusbasse*, 2021, no. 3 (86), pp. 11–20. DOI: 10.24412/2686-7338-2021-3-11-20 (in Russian).
17. Samoylov A.S., Zholinskiy A.V., Rylova N.V., Velichko M.N., Bolshakov I.V., Bodrov A.V., Simonov R.A., Chizhikov P.D. Modern methods of body composition analysis. *Prakticheskaya meditsina*, 2022, vol. 20, no. 1, pp. 21–26. DOI: 10.32000/2072-1757-2022-1-21-26 (in Russian).
18. Górnicka M., Szewczyk K., Białkowska A., Jancichova K., Habanova M., Górnicki K., Hamulka J. Anthropometric indices as predictive screening tools for obesity in adults; the need to define sex-specific cut-off points for anthropometric indices. *Appl. Sci.*, 2022, vol. 12, no. 12, pp. 6165. DOI: 10.3390/app12126165
19. WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet*, 2004, vol. 363, no. 9403, pp. 157–163. DOI: 10.1016/s0140-6736(03)15268-3
20. Kyle U.G., Pirlich M., Lochs H., Schuetz T., Pichard C. Increased length of hospital stay in underweight and overweight patients at hospital admission: A controlled population study. *Clin. Nutr.*, 2005, vol. 24, no. 1, pp. 133–142. DOI: 10.1016/j.clnu.2004.08.012
21. WHO European Regional Obesity Report 2022. Copenhagen, Denmark, WHO, 2022, 206 p. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/353747.pdf> (May 05, 2023).
22. Pluta W., Dudzińska W., Lubkowska A. Metabolic Obesity in People with Normal Body Weight (MONW) – Review of Diagnostic Criteria. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 2, pp. 624. DOI: 10.3390/ijerph19020624
23. Nimptsch K., Konigorski S., Pischon T. Diagnosis of obesity and use of obesity biomarkers in science and clinical medicine. *Metabolism*, 2019, vol. 92, pp. 61–70. DOI: 10.1016/j.metabol.2018.12.006
24. Gažarová M., Bihari M., Lorková M., Lenártová P., Habánová M. The Use of Different Anthropometric Indices to Assess the Body Composition of Young Women in Relation to the Incidence of Obesity, Sarcopenia and the Premature Mortality Risk. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 19, pp. 12449. DOI: 10.3390/ijerph191912449
25. Aune D., Sen A., Norat T., Janszky I., Romundstad P., Tonstad S., Vatten L.J. Body Mass Index, Abdominal Fatness, and Heart Failure Incidence and Mortality: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Circulation*, 2016, vol. 133, no. 7, pp. 639–649. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.016801
26. Zhang D., Chen J., Wang J., Gong S., Jin H., Sheng P., Qi X., Lv L. [et al.]. Body mass index and risk of brain tumors: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2016, vol. 70, no. 7, pp. 757–765. DOI: 10.1038/ejen.2016.4

Al'yoshina O.O., Averyanova I.V. Anthropometric indices and bioimpedance body composition as ontogenetic indicators to describe risk of obesity. Health Risk Analysis, 2024, no. 1, pp. 111–120. DOI: 10.21668/health.risk/2024.1.11.eng

Получена: 31.10.2023

Одобрена: 11.03.2024

Принята к публикации: 20.03.2024