

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

УДК 572.087

**Индексы подкожного и висцерального жираотложения
и их связь с комплексом эндогенных и экзогенных факторов
в группе взрослого населения Республики Алтай****А.Н. Роккина^{1,*} , А.Э. Праведникова^{2,3} , Ю.В. Шидловский^{2,3} ,
Е.В. Попова⁴ , Л.В. Задорожная¹ , И.А. Хомякова¹ **¹Научно-исследовательский институт и Музей антропологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия, 125009, г. Москва, ул. Моховая, д. 1, стр. 1;²ФГБУН Институт биологии гена РАН, Россия, 119334, г. Москва, ул. Вавилова, д. 34/5;³Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Министерство здравоохранения Российской Федерации, Россия, 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2;⁴кафедра физического воспитания и спорта, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Горно-Алтайский государственный университет, Россия, 649000, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, д. 1

*e-mail: ann.rokk@gmail.com

Проведен анализ связей комплекса антропогенетических и средовых факторов со значениями индексов подкожного и висцерального жираотложения, определяемых в локальных отведениях биоимпедансного анализа в группе взрослых мужчин и женщин — этнических алтайцев. Было обследовано 110 «условно здоровых» мужчин (62) и женщин (48) — представителей коренных народов Алтая — в возрасте от 17 до 35 лет. Программа обследования включала антропометрическое обследование, определение состава тела с использованием биоимпедансометрии (анализатор ABC-02 «Медасс»), измерение локальных импедансов в абдоминальной области, определение генотипов по полиморфным системам генов разобщающих белков *UCP1-3*. Показан половой диморфизм по большинству исследованных морфофункциональных признаков. Для индексов подкожного и висцерального жираотложения выявлен высокий уровень корреляционной зависимости с индексом центрального ожирения и долей жировой массы тела. Эндогенные признаки пол, возраст и число «бережливых» аллелей генов разобщающих белков 1-3 не оказывают значимого влияния на индексы подкожного и висцерального жираотложения в обследованной группе лиц молодого возраста (17–35 лет). В результате отбора информативных признаков с помощью метода случайного леса и алгоритма «Voguta» было выявлено, что ведущими предикторами, ассоциированными с абдоминальной топографией жираотложения в обследованной группе, являются WHtR (Waist-to-height ratio — отношение обхвата талии к длине тела) и %ЖМ (процент жировой массы в организме).

Ключевые слова: абдоминальное жиротложение, локальная импедансометрия, висцеральный жир, UCP, антропометрия, физическая нагрузка

В современном мире от последствий избыточного веса и ожирения умирает больше людей, чем от последствий дефицита массы тела [1]. Люди с ожирением значительно отличаются друг от друга по характеру распределения жира (топографии), что обуславливает различные риски развития заболеваний, коморбидных ожирению. В связи с этим выделяют несколько типов ожирения, самым неблагоприятным из которых является абдоминальный тип, когда основная масса жира расположена в области живота. Абдоминальное ожирение несет более высокие риски развития диабета 2 типа и осложнений в работе сердца, а также является независимым фактором, увеличивающим риск преждевременной смерти и инва-

ливности у взрослых [2]. Таким образом, топография жираотложения является самостоятельным признаком, тесно связанным с риском развития и тяжестью течения кардиометаболических заболеваний [3]. Абдоминальное жиротложение складывается из двух компонентов: подкожного и висцерального жира, которые отличаются по анатомическим, молекулярно-физиологическим и метаболическим свойствам, а также ассоциированы с различными рисками развития и тяжестью кардиометаболических нарушений [4]. Прямая количественная оценка висцерального и подкожного жираотложения проводится с помощью методов компьютерной и магнитно-резонансной томографии, которые, несмотря на свою точность,

обладают рядом ограничений (лучевая нагрузка, использование радиоактивного контрастного вещества, дорогостоящая аппаратура, использовать которую возможно только стационарно, высокая стоимость и продолжительность исследования). По этим причинам невозможно использование данных методов в экспедиционных и скрининговых исследованиях. Поэтому были разработаны и валидированы методы не прямой количественной оценки висцерального и подкожного жира отложения с использованием локальной импедансометрии [5, 6]. Возможность использования отечественного биоимпедансного оборудования для раздельной оценки подкожного и висцерального жира отложения была показана в работе Соловьевой с соавт. [7].

Кроме энергетического дисбаланса, формирующегося в результате действия экзогенных факторов (социально-экономические, уровень физической активности, пищевые привычки и др.), причиной повышенного жира отложения может являться генетическая предрасположенность. Полиморфизм генов разобщающих белков *UCP1-3* (rs1800592, rs660339, rs1800849) активно изучается в аспекте предрасположенности к ожирению. В ряде исследований показано, что точечные мутации в этих генах ассоциированы с повышенным риском ожирения и развития кардиометаболических заболеваний [8, 9]. Мутантные аллели генов *UCP1-3* являются «бережливыми» и детерминируют повышенный уровень жира отложения, в том числе абдоминального [10, 11].

Республика Алтай занимает лидирующие позиции по уровню детского, подросткового и взрослого ожирения по сравнению с другими субъектами РФ [12]. Антропометрические исследования показали, что коренные народы, населяющие территорию республики, имеют склонность к абдоминальному жира отложению вне зависимости от половозрастных и социально-экономических факторов [13]. Целью настоящего исследования являлось изучение связей традиционных антропометрических признаков и индексов, характеризующих особенности жира отложения, а также пола, возраста, полиморфизма генов *UCP1-3* и уровня регулярной физической активности с показателями подкожного и висцерального жира отложения в абдоминальной области, полученными с помощью локальной импедансометрии.

Материалы и методы

Общая характеристика выборки. Было обследовано 110 условно здоровых мужчин (62) и женщин (48) — представителей коренных народов Алтая в возрасте от 17 до 35 лет, проживающих на территории Республики Алтай. 76 человек были обследованы в г. Горно-Алтайск, 34 — в Улаганском районе. Обследование было проведено

в июне 2018 г. В ходе анкетирования были установлены: этническая принадлежность добровольцев, уровень регулярной физической нагрузки (высокая или низкая), семейное положение, уровень образования и др.

Антропометрическое обследование. Антропометрическое обследование проводилось по стандартной методике [14] с использованием антропометрических инструментов GPM (DKSH, Швейцария) и включало в себя измерение длины и массы тела, толщины кожно-жировых складок (КЖС) на корпусе и конечностях, ширины костных эпифизов и костных диаметров, окружностей корпуса и конечностей. Была проведена оценка компонентного состава тела с использованием анализатора ABC-02 «Медасс» (НТЦ «Медасс», Россия) [15]. Биоимпедансный анализ (БИА) выполнялся с использованием одноразовых электродов (F3001, FIAВ, Италия) при частоте зондирующего тока 50 кГц в трех отведениях:

1. По стандартной тетраполярной схеме «запястье — голеностопный сустав» на правой стороне тела с наложением электродов при положении испытуемых лежа на спине.

2. Располагали токовые электроды на расстоянии 12 см, а измерительные электроды — на расстоянии 7 см слева и справа от пупка при положении испытуемых стоя (для оценки подкожного жира отложения в абдоминальной области) [5].

3. Устанавливали токовые электроды в надпупочной точке и симметричной ей точке на спине в горизонтальной плоскости, а измерительные электроды — на левой стороне тела в той же горизонтальной плоскости на расстоянии 1/8 окружности талии от точек установки токовых электродов (для оценки висцерального жира отложения в абдоминальной области). Измерение также проводилось при положении испытуемых стоя [6].

При помощи программного обеспечения ABC01-0362 (НТЦ «Медасс», Россия) были определены показатели активного и реактивного сопротивления (R , Ом — для первого отведения; R_s , Ом — для второго отведения; R_v , Ом — для третьего отведения), абсолютные значения жировой (ЖМ), скелетно-мышечной (СММ) и безжировой массы (БЖМ). Для оценки топографии жира отложения были рассчитаны следующие антропометрические индексы: ИМТ (индекс массы тела) = масса тела, кг/(длина тела, м)²; WHtR (waist-to-height ratio, индекс центрального ожирения) = обхват талии, см/длина тела, см; индекс Т/Б (индекс талия/бедро, WHR — waist-to-hip ratio) = обхват талии, м/обхват ягодиц, м; BAI (body adiposity index, индекс жира отложения) = (обхват ягодиц, см/(длина тела, м)^{1.5}) — 18.

Для не прямой оценки подкожного жира отложения в абдоминальной области был рассчитан индекс подкожного жира — ИПЖ ($R_s \times OT^2 \times 10^{-4}$ —

произведение значения активного сопротивления во втором отведении и квадрата окружности талии (ОТ)). Для непрямо́й оценки висцерального жира был рассчитан индекс висцерального жира — ИВЖ ($R_v \times OT^2 \times 10^{-4}$ — произведение значения активного сопротивления в третьем отведении и квадрата окружности талии). Термины «индекс висцерального жира» и «индекс подкожного жира» были введены ранее [7].

Генотипирование. Геномную ДНК получали из образцов буккального эпителия с помощью набора реагентов COrDIS SPRINT (ООО «ГОРДИЗ», Россия) согласно протоколу производителя. Для определения полиморфных вариантов генов *UCP1* (rs1800592), *UCP2* (rs660339), *UCP3* (rs1800849) использовали двухстадийную полимеразную цепную реакцию (ПЦР), где продукты амплификации первой реакции с парой праймеров для каждого гена служили матрицей для ПЦР в реальном времени (Real-time PCR) с новыми парами праймеров и флуоресцирующими зондами. Для первого этапа ПЦР использовали пары праймеров: 5'-TTAGTGATAATAAATATATCCTCTCTCCCA и 5'-AAGTAGGAGAAAGTTTGCCTCAGGTT для *UCP1*, 5'-GCATCGCAGATCTCATCACC и 5'-ACCCTTGCTCCATACTCAGC для *UCP2*, 5'-CCTTGTACCAAGGAAGCGT и 5'-TGCTCTCTGAAAGCCTCCAAT для *UCP3*. Условия амплификации включали начальную денатурацию при 95°C в течение 2 мин, 35 циклов: денатурация — 30 с при 95°C, отжиг праймеров — 30 с при 58,5°C, элонгация — 30 с при 72°C. ПЦР в реальном времени проводили с использованием системы CFX96 Touch Real-Time PCR Detection System (Bio-Rad, США), набора реагентов НПО «СибЭнзим» (Россия) и пар праймеров и флуоресцирующих зондов: 5'-TATTTCCCAGTGGTGGCTAATGA и 5'-GTGGCAGCAAGTTCTGAATGT, FAM-CAAA TGCACCTTGATCAAACTGTGGTCAATCAGAAAT CGCT-RTQ1 и R6G-CAAATGCACTCGATCAAAC TGTGGTCAATCAGAAATCGCT-RTQ1 для *UCP1*; 5'-GGAGCATCGAGATGACTGGAG и 5'-CCGGCAACCAGCCCAT, Cy5-CGGTACTGGGCGCTGGCTGT-RTQ2 и Cy5.5-CGGTACTGGGCGCTGACTGT-RTQ2 для *UCP2*; 5'-TTAAAGCACCCCAAGTCAAGAGG и 5'-GTGGCAGCAGGGATTGGAT, Cy5-AAGGTTTCAGGTCAGCCCGTGTGTATAAGAC-RTQ2 и ROX-AAGGTTTCAGGTCAGCCCTGTGTGTATAAGAC-RTQ2 для *UCP3*. Условия амплификации включали предварительную денатурацию в течение 10 мин при 95°C, 50 циклов: денатурация — 15 с при 95°C, отжиг праймеров — 30 с при 59,5°C, элонгация — 30 с при 72°C. Постановка реакций для *UCP1* и *UCP2* осуществлялась в мультиплексе. Генотип определяли по уровню флуоресценции соответствующего красителя. Общее количество индиви-

дов, для которых было выполнено генотипирование: *UCP1* — 97, *UCP2* — 91, *UCP3* — 96.

Статистическая обработка данных. Статистическая обработка полученных данных проводилась в среде R [16]. Для разведочного анализа данных был использован протокол, рекомендованный Zuur et al. [17], который включал анализ выбросов (тест Граббса, package “outliers”), проверку нормальности распределения (критерий Шапиро-Уилка) и проверку гомоскедастичности в подгруппах исследуемой выборки (тест Левене) (package “car”). Анализ значимости различий между мужчинами и женщинами по признакам, распределение которых отличалось от нормального, проводили с использованием критерия Манна-Уитни, для признаков, имеющих нормальное распределение (длина тела, процент жировой массы (%ЖМ), удельный обмен веществ), использовали t-критерий Стьюдента. Для анализа корреляций между признаками рассчитывали коэффициенты корреляции Спирмена. Анализ связей показателей висцерального и подкожного жира отложения с комплексом исследуемых признаков проводили с использованием алгоритма «случайного леса» (package “randomForest”). Прогнозирование выполнялось по 500 деревьям, было использовано 55% и 90% (для ИВЖ и ИПЖ соответственно) исходных переменных. Эффективность моделей оценивалась с помощью 10-кратной перекрестной проверки. Оценку важности предикторов проводили при помощи алгоритма «Boruta» (package “Boruta”).

Биоэтика. Обследование было проведено с соблюдением правил биоэтики. Было получено положительное заключение локального комитета по биоэтике биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (№ 91-о от 24.05.2018г.). Все добровольцы, участвовавшие в обследовании, были осведомлены о целях и методах обследования и дали свои информированные согласия. Генетические образцы были зашифрованы, все данные анализировались в обезличенном виде.

Результаты и обсуждение

В данном исследовании впервые для взрослого населения Республики Алтай была апробирована методика отдельной косвенной оценки подкожного и висцерального жира отложения в абдоминальной области с использованием отечественного биоимпедансного анализатора и был проведен анализ связей полученных показателей с традиционными антропометрическими признаками, отражающими количество жира и его топографию, некоторыми генетическими маркерами риска развития ожирения, половозрастными признаками и уровнем регулярной физической активности. В обследованной выборке частоты встречаемости минорных аллелей *UCP1* rs1800592-G,

UCP2 rs660339-Т, UCP3 rs1800849-Т составили 0,35, 0,22, 0,37 соответственно. Частоты встречаемости генотипов составили 0,48/0,33/0,19 (АА, АG, GГ – UCP1), 0,66/0,22/0,12 (СC, СТ, ТТ – UCP2), 0,41/0,49/0,10 (СC, СТ, ТТ – UCP3). В исследуемой выборке по большинству признаков были обнаружены значимые различия между мужчинами и женщинами (табл. 1): у мужчин значимо выше значения признаков, связанных с абдоминальным жиротложением, в том числе ИПЖ и ИВЖ, однако значимые различия в %ЖМ и ИМТ отсутствуют. Ранее был описан половой диморфизм в уровне висцерального жиротложения: у мужчин висцерального жира больше, чем у женщин, при меньшем значении общей ЖМ тела [18].

Таблица 1
Значения основных антропометрических признаков в подгруппах обследованной выборки

	Мужчины (n = 62)			Женщины (n = 48)		
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3
ДТ, см**	172,3	167,0	178,8	158,1	154,5	162,5
ОТ, см**	77,40	71,70	82,70	69,75	66,30	76,00
МТ, кг***	67,2	58,5	74,9	54,8	51,3	60,2
ИМТ, кг/кв.м.	22,31	21,02	25,49	21,63	19,83	24,36
Индекс Т/Б**	0,83	0,80	0,87	0,75	0,73	0,81
WHtR*	0,45	0,43	0,50	0,43	0,42	0,47
ИПЖ*	23,23	14,33	30,85	13,01	10,13	21,33
ИВЖ*	7,06	4,59	10,08	4,85	4,18	7,48
ФУ, град.**	7,29	6,95	7,74	6,29	5,90	6,69
%ЖМ	21,81	15,56	28,07	19,84	15,22	25,62
СММ, кг	28,0	19,6	32,1	26,6	19,8	31,2
БЖМ, кг	51,2	41,0	59,1	47,7	40,7	57,0

Примечание: Me – медиана; Q1 – нижний квартиль; Q3 – верхний квартиль; ДТ – длина тела; ОТ – обхват талии; МТ – масса тела; ИМТ – индекс массы тела; индекс Т/Б – отношение обхвата талии к обхвату бедер; WHtR (Waist-to-Height Ratio) – отношение обхвата талии к длине тела; ИПЖ – индекс подкожного жира; ИВЖ – индекс висцерального жира; ФУ – фазовый угол; %ЖМ – процент жировой массы; СММ – скелетно-мышечная масса; БЖМ – безжировая масса. Значения признаков, различия по которым между мужчинами и женщинами достигает уровня значимости: *** – <0,001; ** – <0,01; * – <0,05 (Критерий Манна-Уитни, t-критерий Стьюдента).

В качестве предикторов для ИПЖ и ИВЖ были рассмотрены эндогенные (полиморфизм генов UCP1-3, пол и возраст) факторы, а также различные антропометрические признаки, в том числе традиционно используемые в медицине для диагностики висцерального ожирения: ИМТ, ОТ, индекс Т/Б, WHtR [19, 20]. Была показана высокая значимая корреляционная связь ИПЖ и ИВЖ с индексом WHtR и %ЖМ (табл. 2), остальные признаки имеют средний уровень связи с ИПЖ и ИВЖ. Корреляция антропометрических признаков и индексов, отражающих количество жира и его топографию, с ИВЖ в целом оказалась гораздо слабее и зачастую не достигала уровня статистической значимости.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции параметров жиротложения в абдоминальной области, измеренных в локальных отведениях методом импедансометрии, с традиционными антропометрическими признаками и индексами

	Мужчины (n = 62)		Женщины (n = 48)	
	ИПЖ	ИВЖ	ИПЖ	ИВЖ
ОГ	0,32***	0,06	0,43***	0,04*
ОТ	0,36	0,09	0,58***	0,09*
ОРП	0,34***	0,14*	0,53***	0,11**
КЖС над подвздошным гребнем	0,37***	0,13*	0,49***	0,10*
СДГ	0,28**	0,09	0,35***	0,01**
МТ	0,30***	0,03	0,47***	0,07*
ИМТ	0,35***	0,12*	0,49***	0,10**
Индекс Т/Б	0,35***	0,19*	0,61***	0,17
WHtR	0,75***	0,85***	0,53***	0,68***
%ЖМ	0,75***	0,74***	0,56**	0,66***
СММ	–0,09	–0,04	–0,15	–0,07
БЖМ	0,04	0,11	–0,09	0,04

Примечание: ОГ – обхват груди; ОТ – обхват талии; ОРП – обхват расслабленного плеча; КЖС над подвздошным гребнем – косая кожно-жировая складка на животе; СДГ – сагиттальный диаметр груди; МТ – масса тела; ИМТ – индекс массы тела; индекс Т/Б – отношение ОТ к обхвату бедер; WHtR (Waist-to-Height Ratio) – отношение обхвата талии к длине тела; %ЖМ – процент жировой массы в организме; СММ – скелетно-мышечная масса; БЖМ – количество безжировой массы в организме; корреляции значимы на уровне: *** – <0,001; ** – <0,01; * – <0,05.

В результате отбора информативных признаков с помощью метода случайного леса и алгоритма «Boruta» было выявлено, что ведущими предикторами, ассоциированными с абдоминальной топографией жиротложения в обследованной группе, являются WHtR и %ЖМ. Вероятно, оба указанных признака могут быть более информативными для оценки абдоминального жиротложения, чем ИМТ, ОТ и индекс Т/Б. Доля объясненной изменчивости ИПЖ для модели случайного леса составила 64% (остаточная сумма квадратов = 94,39; ошибка наблюдений, не попавших в сумку = 12,3%). Доля объясненной изменчивости ИВЖ для модели случайного леса составила 55% (остаточная сумма квадратов = 25,46; ошибка наблюдений, не попавших в сумку = 10,1%). Признаки, вошедшие в каждую модель, показаны на рисунке. К признакам, которые оказывают значимое влияние на оба индекса абдоминального жиротложения, относятся: WHtR, %ЖМ, фазовый угол, безжировая масса, обхват расслабленного плеча, удельный обмен веществ и содержание скелетно-мышечной массы. ИМТ, индекс Т/Б и масса тела, широко использующиеся в скрининговых исследованиях, не связаны с ИВЖ, но являются значимыми для ИПЖ. Высокие значения ИПЖ связаны с большими значениями толщины кожно-жировых складок на корпусе и конечностях, обхватов корпуса и конечностей, а также с поперечными размерами скелета (сагит-

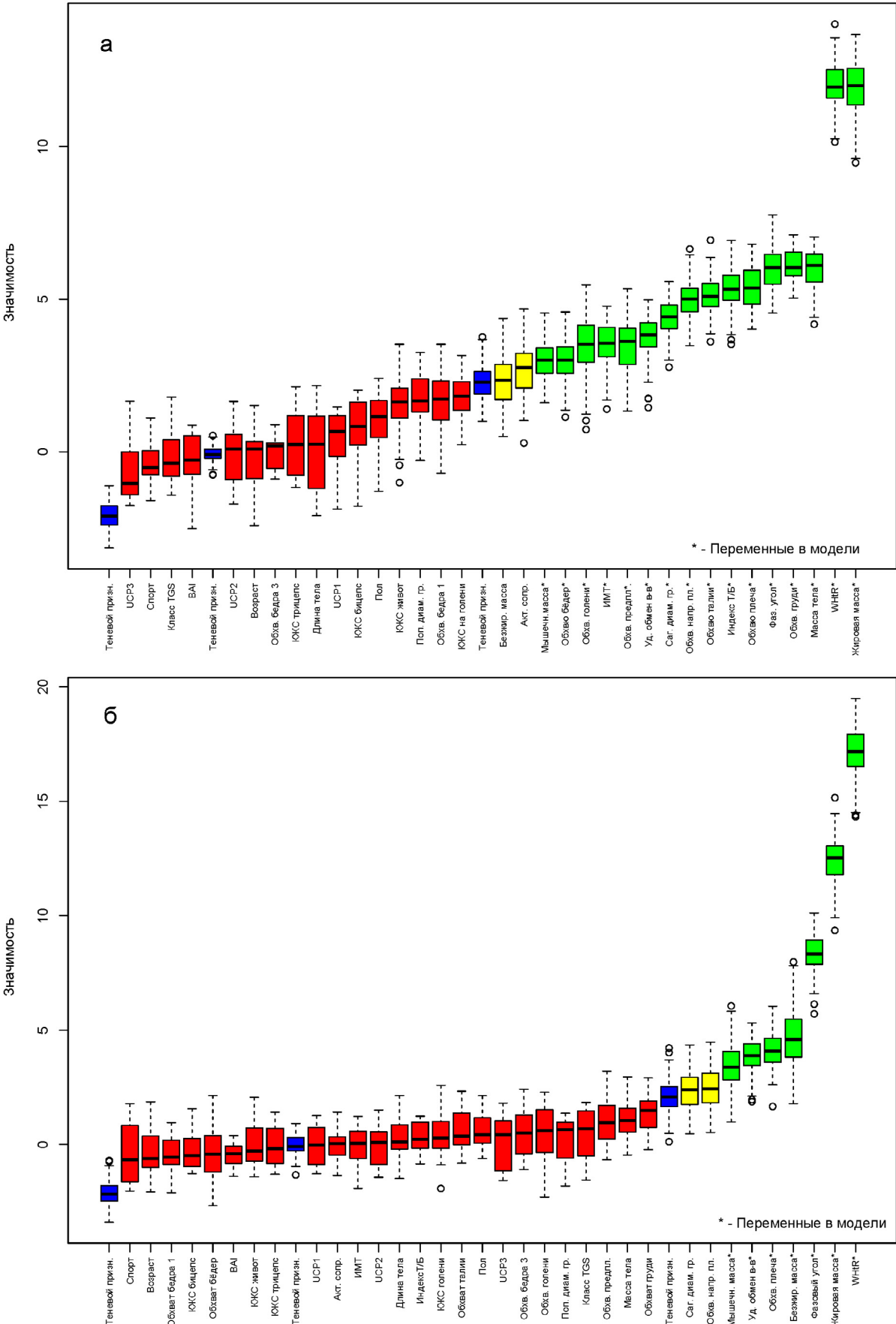


Рисунок. Ранжирование предикторов с использованием алгоритма «Boruta». Пояснения: А — для ИПЖ ($R_s \times OT^2 \times 10^{-4}$), Б — для ИВЖ ($R_v \times OT^2 \times 10^{-4}$). Зеленым цветом показаны признаки, вошедшие в предсказательную модель и являющиеся значимыми для соответствующих индексов, красным цветом — признаки вне модели, синим цветом показана важность для значений теневых признаков.

тальным диаметром грудной клетки и шириной локтя). При этом ИВЖ не связан с толщиной кожно-жировых складок. Это позволяет предположить, что накопление висцерального жира является относительно независимым процессом, на который влияет обособленный комплекс факторов. Результаты показывают, что величина фазового угла, характеризующего уровень физической активности, и связанное с ним количество БЖМ и, вероятно, СММ могут быть одними из ведущих морфофункциональных признаков, определяющих висцеральное жиротложение, так как ранжирование значимости предикторов выделило морфологические и функциональные признаки, связанные с развитием скелетных мышц (БЖМ, СММ, фазовый угол, удельный обмен веществ). Эндогенные признаки пол, возраст и число «бережливых» аллелей генов *UCP1-3* не оказывают значимого влияния на ИПЖ и ИВЖ в обследованной группе лиц молодого возраста (17–35 лет).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (дата обращения: 25.08.2020).
2. Ibrahim M.M. Subcutaneous and visceral adipose tissue: structural and functional differences // *Obes. Rev.* 2010. Vol. 11. N 1. P. 11–18.
3. Tanaka T., Kishi S., Ninomiya K., Tomii D., Koseki K., Sato Y., Okuno T., Sato K., Koike H., Yahagi K., Komiyama K., Aoki J., Tanabe K. Impact of abdominal fat distribution, visceral fat, and subcutaneous fat on coronary plaque scores assessed by 320-row computed tomography coronary angiography // *Atherosclerosis*. 2019. Vol. 287. P. 155–161.
4. Jialal I., Devaraj S. Subcutaneous adipose tissue biology in metabolic syndrome // *Horm. Mol. Biol. Clin. Investig.* 2018. Vol. 33. N 1. DOI: 10.1515/hmbci-2017-0074.
5. Scharfetter H., Schlager T., Stollberger R., Felsberger R., Hutten H., Hinghofer-Szalkay H. Assessing abdominal fatness with local bioimpedance analysis: basics and experimental findings // *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 2001. Vol. 25. N 4. P. 502–511.
6. Ryo M., Maeda K., Onda T., Katashima M., Okumiya A., Nishida M., Yamaguchi T., Funahashi T., Matsuzawa Y., Nakamura T., Shimomura I. A new simple method for the measurement of visceral fat accumulation by bioelectrical impedance // *Diabetes Care*. 2005. Vol. 28. N 2. P. 451–453.
7. Соловьева А.Е., Гиль-Ордонес Э., Гонзалес-Корреа К.Х., Руднев С.Г. Применение локальной импедансометрии для оценки подкожного и висцерального жиротложения в абдоминальной области у студентов вуза // *Морфология*. 2019. Т. 156. № 4. С. 85–90.
8. Sámano R., Huesca-Gómez C., López-Marure R., Hernández-Cabrera A.K., Rodríguez-Ventura A., Tolentino M., Morales R.M., Gamboa R. Association between UCP polymorphisms and adipokines with obesity in Mexican adolescents // *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.* 2018. Vol. 31. N 5. P. 561–568.
9. Pravdnikova A.E., Shevchenko S.Y., Kerchev V.V., Kerchev V.V., Skhirtladze M.R., Larina S.N., Kachaev Z.M., Egorov A.D., Shidlovskii Y.V. Association of uncoupling protein (Ucp) gene polymorphisms with cardiometabolic diseases // *Mol. Med.* 2020. Vol. 26. N 1: 51.
10. Brondani L.A., Assmann T.S., de Souza B.M., Bouças A.P., Canani L.H., Crispim D. Meta-analysis reveals the association of common variants in the uncoupling protein (UCP) 1–3 genes with body mass index variability // *PLoS One*. 2014. Vol. 9. N 5: e96411.
11. Salopuro T., Pulkkinen L., Lindström J., Kolehmainen M., Tolppanen A.M., Eriksson J.G., Valle T.T., Aunola S., Ilanne-Parikka P., Keinänen-Kiukaanniemi S., Tuomilehto J., Laakso M., Uusitupa M. Variation in the UCP2 and UCP3 genes associates with abdominal obesity and serum lipids: the Finnish Diabetes Prevention Study // *BMC Med. Genet.* 2009. Vol. 10. N 1: 94.
12. Официальный сайт Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Алтай [Электронный ресурс]. 2006–2015. URL: <http://04.gospotrebnadzor.ru/index.php/press-center/healthy-lifestyle/11171-12082019.html> (дата обращения: 25.08.2020).
13. Хомякова И.А., Балинова Н.В. Антропологические исследования в Республике Алтай: предварительный анализ морфологических особенностей северных и южных алтайцев // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 23. Антропол.* 2017. № 4. С. 28–41.
14. Негашева М.А. Основы антропометрии. М.: Экон-Информ, 2017. 216 с.
15. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009. 392 с.

16. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. [Электронный ресурс] // R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. URL: <https://www.R-project.org/> (дата обращения: 25.08.2020).

17. Zuur A. F., Ieno E. N., Elphick C. S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems // *Methods Ecol. Evol.* 2010. Vol. 1. N 1. P. 3–14.

18. Browning L. M., Mugridge O., Dixon A. K., Aitken S. W., Prentice A. M., Jebb S. A. Measuring abdominal adipose tissue: comparison of simpler methods with MRI // *Obes. Facts.* 2011. Vol. 4. N 1. P. 9–15.

19. Fang H, Berg E, Cheng X, Shen W. How to best assess abdominal obesity // *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 2018. Vol. 21. N 5. P. 360–365.

20. Pouliot M. C., Jean-Pierre Després J. P., Lemieux S., Moorjani S., Bouchard C., Tremblay A., Nadeau A., Lupien P. J. Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women // *Am. J. Cardiol.* 1994. Vol. 73. N 7. P. 460–468.

Поступила в редакцию 22.09.2020 г.

После доработки 25.01.2021 г.

Принята в печать 02.02.2021 г.

RESEARCH ARTICLE

Subcutaneous and visceral fat indices and their relationship with the complex of endogenous and exogenous factors in the group of adult population of the Altai Republic

A.N. Rokkina^{1,*} , A.E. Pravednikova^{2,3} , Yu.V. Shidlovskii^{2,3} , E.V. Popova⁴ ,
L.V. Zadorozhnaya¹ , I.A. Khomyakova¹ 

¹Research Institute and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State University, Mokhovaya str. 11–1, Moscow, 125009, Russia;

²Institute of Gene Biology, Russian Academy of Sciences, Vavilova str. 34/5, Moscow, 119334, Russia;

³I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Ministry of Health of the Russian Federation, Trubetskaya str. 8–2, Moscow, 11999, Russia;

⁴Gorno Altaisk State University, Lenkina str. 1, Gorno-Altai, 649000, Russia

*e-mail: ann.rokk@gmail.com

The aim of the study was to analyze the association between complex of anthropogenetic and environmental factors with subcutaneous and visceral fat indices measured by local configurations of bioimpedance analysis in group of ethnic Altaians. In this study we examined whether anthropogenetic and environmental factors contributed to subcutaneous (SFI) and visceral fat indexes (FVI) measured by local configurations of bioimpedance analysis among ethnic Altaians. The study included 110 relatively healthy participants aged 17 to 35 years; 48 were female (44%). The examination program included anthropometric measurements, buccal swabs collection for genetic analysis (*UCP1-3*, rs1800592, rs660339, rs1800849) and body composition assessment by using bioelectrical impedance analysis (ABC-02 “Medass”), which was applied using a conventional whole-body «wrist-to-ankle» measurement configuration and two local measurement configurations in the abdominal region for the assessment of subcutaneous and visceral fat. Significant gender-related differences were found in the most morphological and functional characteristics. Maximal correlations were shown for subcutaneous and visceral fat indexes with WHtR and body fat percentage. Endogenous factors such as sex, age and genotype were not found to have significant effect on SFI and VFI in the examined group. Informative feature selection was performed by random forest and Boruta algorithm and WHtR and body fat percentage were revealed as the key predictors of abdominal fat deposition indexes.

Keywords: abdominal obesity, local impedancemetry, visceral fat, UCP, anthropometry, physical activity

Funding: The research was funded by Russian Foundation for Basic Research (project numbers 18-09-00258, 18-59-94015, 20-49-040004 r_a) and was performed under the state assignment of Moscow State University (project number 19-119013090163-2).

Сведения об авторах

Роккина Анна Николаевна — лаборант НИИ и Музея антропологии МГУ; магистрант кафедры антропологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-629-40-70; e-mail: ann.rokk@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0809-2088>

Праведникова Анна Эрнестовна — мл. науч. сотр. лаборатории регуляции экспрессии генов в развитии Института биологии гена РАН; аспирант кафедры биологии и общей генетики Первого МГМУ имени И.М. Сеченова. Тел.: 8-499-135-40-96; e-mail: pravednikova.anya@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4572-5318>

Шидловский Юлий Валерьевич — докт. биол. наук, зав. лабораторией регуляции экспрессии генов в развитии Института биологии гена РАН; зав. кафедрой биологии и общей генетики Первого МГМУ имени И.М. Сеченова. Тел.: 8-499-135-40-96; e-mail: yul.biogen@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3643-9889>

Попова Елена Викторовна — канд. биол. наук, доц. кафедры физического воспитания и спорта, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Горно-Алтайский государственный университет. Тел.: 8-38822-6-73-66; e-mail: ms.biolog@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4241-3669>

Задорожная Людмила Викторовна — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. НИИ и Музея антропологии МГУ. Тел.: 8-495-629-40-70; e-mail: mumla@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8819-5329>

Хомякова Ирина Анатольевна — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. НИИ и Музея антропологии МГУ. Тел.: 8-495-629-40-70; e-mail: irina-khomyakova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2811-2034>