

© А. Е. Соловьева, Э. Гиль-Ордонес, К. Х. Гонзалес-Корреа, С. Г. Руднев, 2019
УДК 572.511

А. Е. Соловьева¹, Э. Гиль-Ордонес^{1, 2}, К. Х. Гонзалес-Корреа², С. Г. Руднев^{3, 4}

ПРИМЕНЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ИМПЕДАНСОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОДКОЖНОГО И ВИСЦЕРАЛЬНОГО ЖИРООТЛОЖЕНИЯ В АБДОМИНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ У СТУДЕНТОВ ВУЗА

¹ Кафедра внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики им. акад. В. С. Моисеева (зав. — проф. Ж. Д. Кобалава), Медицинский институт, Российский университет дружбы народов; ² факультет наук о здоровье (декан — проф. А. Пава Риполл), Университет Кальдас, г. Манисалес, Колумбия; ³ ФГБУН «Институт вычислительной математики им. Г. И. Марчука» РАН (дир. — академик РАН проф. Е. Е. Тьртъшников); ⁴ отделение анализа статистики здоровья населения (зав. — проф. А. Е. Иванова), ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава РФ

Цель — изучить эффективность локальной импедансометрии для оценки подкожного и висцерального жирового отложения в абдоминальной области у студентов вуза с использованием отечественного биоимпедансного оборудования.

Материал и методы. Проведено поперечное клинико-эпидемиологическое обследование 103 студентов Медицинского института РУДН (42 мужского и 61 женского пола) в возрасте от 19 до 34 лет. Импедансометрию применяли в трех отведениях: в стандартном отведении «запястье—голеностопный сустав» и локально в абдоминальной области для оценки подкожного и висцерального жира по схемам Н. Scharfetter и соавт. (2001) и М. Руо и соавт. (2005) соответственно. Большинство обследованных (68,9%) имели нормальные значения индекса массы тела.

Результаты. Максимальные корреляции с толщиной кожно-жировых складок параметров локального импеданса были выше (0,90 — для мужчин и 0,88 — для женщин), чем для обхвата талии, индекса массы тела и показателей состава тела (0,85 — для мужчин и 0,77 — для женщин).

Выводы. Показана возможность более точной оценки содержания подкожного жира в абдоминальной области на основе локальной импедансометрии в сравнении с традиционными маркерами жирового отложения. Для характеристики эффективности метода при оценке висцерального жира, проверки и уточнения расчетных формул, оптимизации частотного диапазона измерений необходимо сочетанное применение референсного метода (например рентгеновской компьютерной томографии) и импедансной спектроскопии.

Ключевые слова: абдоминальная область, подкожный и висцеральный жир, локальная импедансометрия, калиперометрия

Распределение жировой ткани в организме и, в частности, соотношение висцерального и подкожного жира в абдоминальной области тела, являются значимыми факторами риска развития метаболического синдрома и сердечно-сосудистых заболеваний [1, 6]. Применение референсных методов оценки жирового отложения в абдоминальной области (рентгеновской компьютерной и магнитно-резонансной томографии, РКТ, МРТ) ограничено низкой доступностью, высокой стоимостью обследования и наличием лучевой нагрузки (в случае РКТ). В то же время, простые антропометрические индикаторы, такие как индекс массы тела (ИМТ) и обхват талии (ОТ), не обладают высокой диагностической

эффективностью [10, 11]. Одним из наиболее распространенных скрининговых методов оценки жирового отложения, ввиду неинвазивности, оперативности измерений, портативности и сравнительно низкой стоимости оборудования, является импедансометрия [2], однако измерения в стандартном отведении «запястье-голеностопный сустав» не позволяют получать отдельные оценки содержания подкожного и висцерального жира.

Для оценки содержания подкожного жира в абдоминальной области Н. Scharfetter и соавт. [13] предложили локальную схему измерений с расположением электродов на передней поверхности туловища вдоль ОТ. На ограниченной выборке взрослых людей (n=24) они выяви-

Сведения об авторах:

Соловьева Анжела Евгеньевна (e-mail: anzhela.solovieva@gmail.com), кафедра внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики им. акад. В. С. Моисеева; Гиль-Ордонес Эдinson (*Gil-Ordoñez Edinson*) (e-mail: edinson.521416304@ucaldas.edu.co), лечебный факультет, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8

Гонзалес-Корреа Клара Хелена (*González-Correa Clara Helena*) (e-mail: clara.gonzalez@ucaldas.edu.co), факультет наук о здоровье Университета Кальдас, Калле 65 № 26–10, центральный кампус, лабораторное здание, лаборатория E-204, г. Манисалес, Кальдас, Колумбия

Руднев Сергей Геннадьевич (e-mail: sergey.rudnev@gmail.com), ФГБУН «Институт вычислительной математики им. Г. И. Марчука» РАН), 119333, Москва, ул. Губкина, 8

ли высокую корреляцию значений локального импеданса и толщины подкожно-жирового слоя, установленной методом МРТ, под измерительным электродом ($r^2=0,99$). Для оценки содержания висцерального жира М. Руо и соавт. [12] предложили локальную схему измерений с расположением электродов на передней и задней поверхности туловища вдоль ОТ. В группе условно здоровых взрослых людей и пациентов с подозрением на наличие сердечно-сосудистых заболеваний ($n=91$) они получили высокую корреляционную зависимость импеданса и отношения площади висцерального жира на поперечном РКТ-срезах туловища на уровне пупка к квадрату ОТ ($r=0,88$). В исследовании К. Шойи и соавт. [14] величина биоимпедансной оценки висцерального жира по указанной схеме значимо коррелировала с большим количеством факторов метаболического риска (диастолическое АД, триглицериды, низкий ЛВП), чем ОТ. В исследовании с использованием РКТ на ограниченной выборке ($n=18$) S. Watson и соавт. [16] уточнили формулу для оценки содержания висцерального жира на основе локального импеданса и величины ОТ. Однако предложенная ими альтернативная формула только на основе ОТ обеспечила сопоставимую по точности оценку и, таким образом, преимущество локальной импедансометрии оказалось под вопросом.

Известно, что указанные локальные схемы измерений внедрены в практику биоимпедансного обследования анализаторами состава тела Maltron BioScan 920-II (Maltron International, Великобритания), при этом встроенные формулы на основе импедансометрии для оценки площади висцерального и подкожного жира не были опубликованы. В России данные схемы измерений, по нашим сведениям, ранее не применялись. Измеренные значения импеданса зависят от частоты тока, типа используемого оборудования и электродов [5, 8, 15], а корреляционные связи между признаками могут существенно варьировать в зависимости от группы обследованных (например, с учетом пола, возраста и индекса массы тела).

Цель настоящего исследования — изучить эффективность локальной импедансометрии для оценки подкожного и висцерального жира в абдоминальной области у студентов вуза.

Материал и методы. В поперечное клинико-эпидемиологическое исследование, проведенное в лаборатории неинвазивных исследований гемодинамики РУДН в период с апреля по июль 2018 г., включали студентов Медицинского института РУДН в возрасте от 18 лет и старше при условии добровольного согласия. Критериями исключения являлись наличие установленного кардиостимулятора, металлического имплантата или беременность. Были

обследованы 103 условно здоровых студента обоего пола (42 мужского и 61 женского) в возрасте от 19 до 34 лет, включая 89 студентов из России и 14 — из других стран (в том числе 12 — из ближнего зарубежья). На момент обследования у них отсутствовали острые или обострения хронических заболеваний. Программа обследования включала заполнение индивидуально-регистрационной карты, измерение длины и массы тела с использованием ростомера и медицинских весов Seca 767 (Seca, Германия), обхватных размеров тела, калиперометрию и импедансометрию.

С использованием сантиметровой ленты измеряли ОТ в положении ленты на 5–6 см выше подвздошных гребней, обхват живота на уровне пупка и обхват бедер (ОБ) на уровне наиболее выступающей области ягодиц. Индекс талия—бедра (ИТБ) определяли как отношение ОТ к ОБ. Измеряли толщину кожно-жировых складок (КЖС) на туловище и конечностях по описанным схемам [4, 7] с использованием калипера GPM (DKSH, Швейцария): на груди — диагональная складка, взятая посередине между передней подмышечной линией и соском; на животе возле пупка — вертикальная складка на уровне пупка справа на расстоянии 5 см от него; над подвздошным гребнем — диагональная складка, взятая вдоль его естественной линии; под лопаткой — диагональная складка, расположенная под углом 45° на расстоянии 2 см вниз от нижнего угла лопатки; над двуглавой мышцей плеча — вертикальная складка, взятая посередине между акромиальным и локтевым отростком при опущенной и расслабленной руке; над трехглавой мышцей плеча — вертикальная складка, взятая при опущенной и расслабленной руке; на середине голени сзади — вертикальная складка, взятая на средней линии медиальной поверхности икроножной мышцы на уровне максимальной окружности.

КЖС измеряли по два раза, а результат усредняли.

Биоимпедансные измерения выполняли с использованием анализатора состава тела ABC-01 «Медасс» (НТЦ Медасс, Россия) и одноразовых биоадгезивных электродов F3001 (FIAB, Италия) при частоте зондирующего тока 50 кГц в трех отведениях: в стандартном отведении «запястье—голеностопный сустав» на правой стороне тела при положении испытуемых лежа на спине с руками и ногами, разведенными в стороны под углом $30-45^\circ$. При этом пару измерительных электродов закрепляли на линиях сочленения костей предплечья и кисти, а также голени и стопы соответственно, а пару токопроводящих электродов — на 4–5 см дистальнее [2, 3].

Локально, в абдоминальной области, в положении испытуемого стоя в естественной, характерной для него позе регистрировали значение активного сопротивления: при оценке подкожного жира отложения (R_S) — с креплением токопроводящих электродов на расстоянии 12 см, а измерительных электродов — на расстоянии 7 см от пупка слева и справа в горизонтальной плоскости, клеммами вниз [13]; при оценке висцерального жира отложения (R_V) — с креплением токопроводящих электродов в надпупочной и симметричной ей точке горизонтальной плоскости на спине, а измерительных электродов — в той же горизонтальной плоскости на левой стороне тела на расстоянии $1/8$ обхвата живота от указанных точек, клеммами вниз [12].

При реализации локальных схем измерений расстояния до указанных антропометрических точек рассчитывали от воображаемой средней линии электрода.

Рассчитывали индексы подкожного ($R_S \times OT^2$) и висцерального жира ($R_V \times OT^2$). Анализировали взаимосвязи параметров импеданса с традиционными маркерами жира отложения:

толщиной КЖС, ИМТ, ОТ, ОБ, ИТБ, а также с биоимпедансными оценками жировой массы тела (ЖМТ) и процентного содержания жира в массе тела (%ЖМТ), полученными при измерениях в стандартном отведении «запястье—голеностопный сустав».

Все измерения проводили с соблюдением правил биоэтики (экспертное заключение комитета по этике Медицинского института РУДН, протокол № 31 от 22.03.2018 г.), подписанием информированных согласий на проведение обследования для каждого испытуемого и конфиденциальным (деперсонифицированным) использованием полученных данных. Статистическую обработку данных проводили в пакетах программ *Minitab 18.1* и *MS Excel 2010*. Для анализа ассоциаций между признаками рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена. Значимость различий между группами оценивали по критерию Манна—Уитни (при критическом уровне значимости $p=0,05$).

Результаты исследования. Большинство анализируемых показателей значимо различались в зависимости от пола (табл. 1). Значения ИМТ варьировали в пределах от 15,4 до 34,2 кг/м². Согласно классификации ВОЗ, 71 студент (68,9%) имел нормальную, 14 (13,6%) — недостаточную, а 18 (17,5%) — избыточную массу тела (в том числе 4 — с ожирением I степени).

Медианные значения активного сопротивления значимо различались в зависимости от пола только для измерений в стандартном отведении «запястье—голеностопный сустав» (табл. 2). Значения безжировой массы тела (БМТ) были выше в подгруппе мужчин, а %ЖМТ — в подгруппе женщин; значимые различия ЖМТ отсутствовали. Толщина КЖС на конечностях у женщин была выше, чем у мужчин; статистически значимые различия толщины КЖС на туловище отсутствовали.

Локальный импеданс R_S и индекс подкожного жира $R_S \times OT^2$ коррелировали с толщиной КЖС выше (максимальные значения 0,90 и 0,88 в подгруппах мужчин и женщин соответственно), чем R_V и «общий» импеданс R (табл. 3). Указанные корреляции были выше, чем для ОТ, ИМТ и других традиционных маркеров жирового отложения (максимальные значения 0,85 для ИМТ в подгруппе мужчин и 0,77 для %ЖМТ в подгруппе женщин, данные не показаны). Более выра-

Таблица 1

Общая характеристика группы обследованных: медиана и межквартильный диапазон

Показатель	Пол	
	мужской (n=42)	женский (n=61)
Возраст, лет	21,8 (21,1; 24,7)	21,7 (21,2; 22,1)
ДТ, см	178 (174; 182)	165 (161; 168)*
МТ, кг	73,2 (65,5; 85,3)	54,5 (50,6; 60,7)*
ИМТ, кг/м ²	23,1 (20,4; 25,9)	20,0 (18,8; 22,5)*
ОТ, см	78,5 (74,8; 86,0)	67,0 (65,0; 70,5)*
ОБ, см	100,1 (94,8; 104,3)	93,0 (90,0; 97,0)*
ИТБ, б/р	0,80 (0,76; 0,83)	0,72 (0,70; 0,74)*
САД, мм рт. ст.	120,8 (111,9; 131,8)	112,0 (104,5; 119,5)*
ДАД, мм рт. ст.	70,0 (63,9; 77,1)	71,0 (66,0; 76,0)
ДК _{пр} , даН	33,5 (28,0; 38,1)	16,0 (12,3; 20,0)*
ДК _{лев} , даН	28,0 (24,4; 33,4)	12,5 (9,8; 16,3)*

Примечание. ДТ — длина тела; МТ — масса тела; ИМТ — индекс массы тела; ОТ — обхват талии; ОБ — обхват бедер; ИТБ — индекс талия—бедро; САД (ДАД) — систолическое (диастолическое) артериальное давление; ДК_{пр} (ДК_{лев}) — динамометрия правой (левой) кисти.

Здесь и в табл. 2: * значимые различия между подгруппами мужчин и женщин ($p<0,05$).

Таблица 2

Параметры импедансометрии, показатели состава тела и кожно-жировые складки в группе обследованных: медиана и межквартильный диапазон

Показатель	Пол	
	мужской (n=42)	женский (n=61)
R , Ом	498,2 (460,2; 542,7)	650,1 (608,6; 695,5)*
R_S , Ом	29,7 (22,1; 51,6)	30,0 (26,0; 38,2)
R_V , Ом	10,5 (8,9; 14,3)	11,9 (10,4; 13,9)
БМТ, кг	60,3 (55,9; 64,9)	41,2 (38,6; 43,8)*
ЖМТ, кг	12,5 (9,5; 17,5)	14,3 (10,3; 17,3)
%ЖМТ	17,7 (14,4; 20,5)	25,5 (20,8; 28,9)*
КЖС, мм:		
над двуглавой мышцей плеча	5,4 (4,2; 7,0)	7,0 (5,5; 10,5)*
над трехглавой мышцей плеча	10,0 (6,9; 14,5)	12,5 (10,8; 19,3)*
на середине голени сзади	11,1 (6,5; 14,1)	15,0 (12,0; 18,8)*
на груди	7,6 (5,5; 12,3)	7,5 (5,5; 12,3)
на животе возле пупка	20,5 (13,8; 32,8)	19,5 (14,6; 25,8)
над подвздошным гребнем	12,5 (7,8; 21,0)	13,5 (10,5; 21,3)
под лопаткой	12,9 (10,6; 20,1)	13,0 (10,5; 17,3)

Примечание. R — активное сопротивление при измерениях в стандартном отведении «запястье—голеностопный сустав» на частоте 50 кГц; R_S (R_V) — активные сопротивления при измерениях в абдоминальной области для оценки подкожного (висцерального) жира [12, 13]; БМТ — безжировая масса тела; ЖМТ — жировая масса тела; %ЖМТ — процентное содержание жира в массе тела; КЖС — кожно-жировые складки.

Таблица 3

Корреляции Спирмена параметров импеданса, измеренного локально в абдоминальной области и в стандартном отведении «запястье-голеностопный сустав», с традиционными маркерами жиротложения

Пол	Показатели импедансометрии	КЖС на туловище				КЖС на конечностях				ИМТ	ОТ	ОБ	ИТБ	ЖМТ	%ЖМТ
		на животе возле пупка	над подвздошным гребнем	на груди	под лопаткой	над двуглавой мышцей плеча	над трехглавой мышцей плеча	над на середине голени сзади							
Мужчины (n=42)	R_S	0,86	0,85	0,66	0,76	0,68	0,77	0,66	0,72	0,70	0,67	0,44	0,75	0,76	
	R_V	0,76	0,73	0,68	0,63	0,63	0,67	0,58	0,55	0,55	0,50	0,39	0,61	0,64	
	R	-0,39	-0,51	n.s.	-0,51	-0,31	-0,41	-0,36	-0,71	-0,64	-0,56	-0,44	-0,49	-0,38	
	$R_S \times OT^2$	0,88	0,90	0,70	0,82	0,70	0,80	0,70	0,85	0,85	0,78	0,56	0,87	0,86	
	OT	0,72	0,80	0,63	0,80	0,65	0,73	0,61	0,95	1,0	0,85	0,74	0,92	0,87	
Женщины (n=61)	R_S	0,75	0,79	0,53	0,75	0,57	0,69	0,50	0,55	0,52	0,52	n.s.	0,70	0,78	
	R_V	0,64	0,63	0,50	0,63	0,53	0,58	0,47	0,45	0,38	0,37	n.s.	0,53	0,57	
	R	-0,26	-0,31	-0,28	-0,35	-0,39	-0,37	-0,35	-0,67	-0,58	-0,54	n.s.	-0,39	n.s.	
	$R_S \times OT^2$	0,82	0,88	0,63	0,83	0,70	0,76	0,59	0,71	0,76	0,68	0,33	0,82	0,85	
	OT	0,67	0,72	0,64	0,72	0,69	0,66	0,63	0,81	1,0	0,81	0,49	0,79	0,72	

Примечание. КЖС — кожно-жировые складки; ИМТ — индекс массы тела; ОТ — обхват талии; ОБ — обхват бедер; ИТБ — индекс талии-бедра; ЖМТ — жировая масса тела; %ЖМТ — процентное содержание жира в массе тела; R — активное сопротивление при измерении в стандартном отведении «запястье-голеностопный сустав» на частоте 50 кГц; R_S (R_V) — активные сопротивления при измерении в абдоминальной области для оценки подкожного (висцерального) жира [12, 13]; n.s. — отсутствие значимой корреляции ($p > 0,05$).

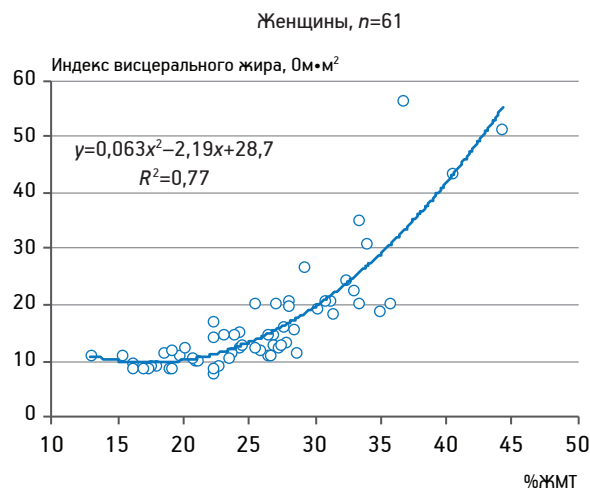
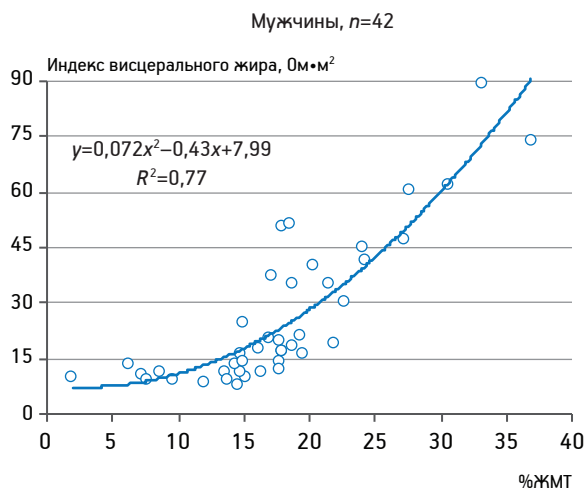
женные корреляции с параметрами локального импеданса наблюдались для КЖС в абдоминальной области, менее выраженные — на груди и голени. Корреляции параметров импеданса с толщиной КЖС были, в среднем, выше в подгруппе мужчин.

Значения индекса висцерального жира $R_V \times OT^2$ в подгруппах женщин и мужчин при низких значениях %ЖМТ (до 10–15% у мужчин и 17–22% у женщин) изменялись мало, а затем росли с увеличением %ЖМТ (рисунком).

Обсуждение полученных данных. В результате проведенного исследования впервые в России апробированы две известные методики локальной импедансометрии для оценки содержания подкожного и висцерального жира в абдоминальной области с использованием отечественного биоимпедансного оборудования.

Результаты измерений, получаемые различными устройствами для импедансометрии, могут не соответствовать друг другу [5, 8, 15]. Прежде всего, здесь имеет значение качество электронной схемы измерительного устройства и применяемых электродов, а также соответствие используемых отведений и частот переменного тока. Например, при применении импедансной спектроскопии в алгоритмах может использоваться оценка значения импеданса для индивидуальной характеристической частоты тока (при которой реактивная составляющая импеданса максимальна), а в остальных случаях чаще используется традиционная частота тока 50 кГц. Упомянутый выше анализатор Maltron BioScan 920-II (Великобритания) является многочастотным, а реализованные алгоритмы оценки подкожного и висцерального абдоминального жира не опубликованы. Заранее было неясно, позволяют ли возможности стандартного отечественного оборудования рассчитывать на получение сопоставимых результатов.

Полученные данные указывают на возможность более точной по сравнению с традиционными маркерами жиротложения и показателями измерений в стандартном отведении «запястье-голеностопный сустав» оценки содержания подкожного жира в абдоминальной области по схеме H. Scharfetter и соавт. [13] на основе одночастотной локальной импедансометрии в группе условно здоровых людей молодого возраста. Для характеристики эффективности метода при оценке висцерального жира по схеме M. Ruo и соавт. [12], проверки и уточнения расчетных формул для оценки площади



Зависимость индекса висцерального жира от %ЖМТ

абдоминального и висцерального жира в поперечном сечении туловища, оптимизации частотного диапазона измерений необходимо сочетанное применение референсного метода (например РКТ) и импедансной спектроскопии. При этом измерения в стандартном отведении желательны выполнять по полисегментной (восьмиэлектродной) схеме с целью дополнительной оценки информативности импеданса туловища.

В соответствии с рекомендацией ВОЗ, верхней границей интервала подросткового и юношеского возраста считается возраст 24 года [9]. К возрастному интервалу от 19 до 24 лет относили 87% студентов рассматриваемой выборки. Основным вопросом исследования являлась величина корреляции параметров локальной импедансометрии с показателями ожирения в абдоминальной области. Можно предположить, что ведущим фактором, влияющим на величину указанной корреляции в рассматриваемом возрастном диапазоне, является распределение значений ИМТ или ОТ: чем больше разброс значений, тем выше корреляция. В обследованной сравнительно однородной группе студентов вуза с преимущественно нормальными значениями ИМТ наблюдалась сильная прямая корреляционная связь локальных параметров импедансометрии R_V и R_S в подгруппе мужчин ($r=0,82$) и умеренная связь — в подгруппе женщин ($r=0,66$), что может объясняться пропорциональным развитием жировой ткани в молодом возрасте. Таким образом, значимый результат был получен для «самого неблагоприятного» случая — относительно малого разброса значений ИМТ в условиях, когда средние значения ИМТ соответствовали норме.

В предлагаемой работе введены в научный оборот новые термины — индексы висцерального и подкожного жира. Показатель «индекс

висцерального жира» был выделен из класса независимых переменных линейных регрессионных моделей, использованных в статье [16] для оценки площади поперечного сечения висцерального жира на уровне пупка. Индекс подкожного жира был введен по аналогии. Можно предположить, что отношение этих индексов (т.е. величина R_V/R_S) пропорционально отношению площадей висцерального и подкожного жира и может быть использовано для классификации типа ожирения в абдоминальной области.

Благодарности

Авторы выражают признательность сотрудникам Научно-исследовательского института и Музея антропологии МГУ им. М. В. Ломоносова Е. З. Годиной, Э. А. Бондаревой, Л. В. Задорожной и И. А. Хомяковой за предоставленное антропометрическое оборудование, набор ЭКГ электродов и полезные обсуждения. Авторы благодарят студентов Медицинского института РУДН, принявших участие в исследовании. Теоретическая часть исследования выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-59-94015 для СГР).

Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования: А. Е. С., К. Х. Г. К., С. Г. Р.

Сбор и обработка материала: А. Е. С., Э. Г. О.

Статистическая обработка данных, начальный вариант рукописи: С. Г. Р.

Анализ и интерпретация данных: С. Г. Р., А. Е. С., Э. Г. О., К. Х. Г. К.

Написание текста: С. Г. Р., А. Е. С., Э. Г. О., К. Х. Г. К.

Авторы сообщают об отсутствии в статье конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

- Окорочков П. Л., Васюкова О. В., Воронцов А. В. Методы оценки количества и распределения жировой ткани в организме и их клиническое значение // Проблемы эндокринологии. 2014. Т. 60, № 3. С. 53–58 [Okorokov P. L., Vasyukova O. V., Vorontsov A. V. The methods for the characteristic of adipose tissue quantity and distribution in the organism and their clinical significance // Problemy endokrinologii. 2014. Vol. 60, № 3. P. 53–58. In Russ.].

2. Руднев С.Г., Соболева Н.П., Стерликов С.А., Николаев Д.В., Старунова О.А., Черных С.П., Ерюкова Т.А., Колесников В.А., Мельниченко О.А., Пономарёва Е.Г. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. 493 с. [Rudnev S.G., Soboleva N.P., Sterlikov S.A., Nikolaev D.V., Starunova O.A., Chernykh S.P., Eryukova T.A., Kolesnikov V.A., Mel'nichenko O.A., Ponomareva E.G. Bioimpedance study of body composition in the Russian population. M.: RIO TsNIIOIZ, 2014. 493 p. In Russ.]
3. Смирнов А.В., Колесников В.А., Николаев Д.В., Ерюкова Т.А. ABC-01 «Медасс»: анализатор оценки баланса водных секторов организма с программным обеспечением (руководство пользователя). М.: НТЦ Медасс, 2009. 38 с. [Smirnov A.V., Kolesnikov V.A., Nikolaev D.V., Eryukova T.A. AVS-01 «Medass»: an analyzer and software for the assessment of body water compartments (user manual). M.: NTTs Medass, 2009. 38 p. In Russ.]
4. Carter J.E.L., Heath B.H. Somatotyping: development and applications. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 517 p.
5. Chumlea W.C., Guo S.S., Kuczmarski R.J., Flegal K.M., Johnson C.L., Heymsfield S.B., Lukaski H.C., Friedl K., Hubbard V.S. Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data // *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 2002. Vol. 26, № 12. P. 1596–1609.
6. Fox C.S., Massaro J.M., Hoffmann U., Pou K.M., Maurovich-Horvat P., Liu C.Y., Vasan R.S., Murabito J.M., Meigs J.B., Cupples L.A., D'Agostino R.B. Sr, O'Donnell C.J. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: association with metabolic risk factors in the Framingham Heart Study // *Circulation.* 2007. Vol. 116, № 1. P. 39–48.
7. Leahy S., O'Neill C., Sohun R., Toomey C., Jakeman P. Generalised equations for the prediction of percentage body fat by anthropometry in adult men and women aged 18–81 years // *Br. J. Nutr.* 2013. Vol. 109, № 4. P. 678–685.
8. Nescolarde L., Lukaski H., De Lorenzo A., de-Mateo-Silleras B., Redondo-Del-Río M.P., Camina-Martín M.A. Different displacement of bioimpedance vector due to Ag/AgCl electrode effect // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2016. Vol. 70, № 12. P. 1401–1407.
9. Patton G.C., Sawyer S.M., Santelli J.S. et al. Our future: a *Lancet* commission on adolescent health and wellbeing // *Lancet.* 2016. Vol. 387, № 10036. P. 2423–2478.
10. Pinho C.P.S., Diniz A.D.S., de Arruda I.K.G., Leite A.P.D.L., Petribú M.M.V., Rodrigues I.G. Predictive models for estimating visceral fat: The contribution from anthropometric parameters // *PLoS One.* 2017. Vol. 12, № 7. P. e0178958.
11. Rankinen T., Kim S.Y., Perusse L., Després J.P., Bouchard C. The prediction of abdominal visceral fat level from body composition and anthropometry: ROC analysis // *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 1999. Vol. 23, № 8. P. 801–809.
12. 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, № 2. P. 451–453.
13. 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, № 4. P. 502–511.
14. Shoji K., Maeda K., Nakamura T., Funahashi T., Matsuzawa Y., Shimomura I. Measurement of visceral fat by abdominal bioelectrical impedance analysis is beneficial in medical checkup // *Obes. Res. Clin. Pract.* 2008. Vol. 2, № 4. P. 269–275.
15. Silva A.M., Matias C.N., Nunes C.L., Santos D.A., Marini E., Lukaski H.C., Sardinha L.B. Lack of agreement of in vivo raw bioimpedance measurements obtained from two single and multi-frequency bioelectrical impedance devices // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2019. Vol. 73, № 3. P. 1077–1083. doi: 10.1038/s41430-018-0355-z
16. Watson S., Blundell H.L., Evans W.D., Griffiths H., Newcombe R.G., Rees D.A. Can abdominal bioelectrical impedance refine the determination of visceral fat from waist circumference? // *Physiol. Meas.* 2009. Vol. 30, № 7. P. 53–58.

Поступила в редакцию 08.12.2018
Получена после доработки 15.04.2019

APPLICATION OF LOCAL BIOIMPEDANCE ANALYSIS FOR EVALUATION OF SUBCUTANEOUS AND VISCERAL FAT DEPOSITION IN THE ABDOMINAL AREA IN UNIVERSITY STUDENTS

A. E. Soloveva¹, E. Gil-Ordoñez^{1,2},
C. H. González-Correa², S. G. Rudnev^{3,4}

Objective — to study the efficiency of the local bioimpedance analysis for the assessment of subcutaneous and visceral fat deposition in the abdominal region in university students using domestic bioimpedance equipment.

Material and methods. Cross-sectional clinical epidemiological study of 103 medical students of the Peoples' Friendship University of Russia (42 males and 61 females) aged 19–34 was conducted. Bioelectrical impedance analysis 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 according to Scharfetter et al. (2001) and Ryo et al. (2005), respectively. The majority of the study subjects (68,9%) were within the normal BMI range.

Results. Maximal correlations of the skinfold thickness with local resistance parameters (Spearman rho=0,90 for males, 0,88 for females) were higher than with the waist circumference, body mass index and bioimpedance body composition estimates (0,85 for males, 0,77 for females).

Conclusions. Our results demonstrate possibility of more accurate, as compared with the conventional markers of body fatness, assessment of subcutaneous fat using local bioimpedance measurement. Combined use of the reference method (e. g., computed tomography) and bioelectrical impedance spectroscopy is necessary to evaluate an effectiveness of the visceral fat assessment, to check and refine the respective predictive formulae, and to optimize measurement frequency range.

Key words: abdominal region, subcutaneous and visceral fat, local bioimpedance analysis, skinfold caliper measurements

¹ Institute of Medicine, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 8 Miklukho-Maklaya St., Moscow 117198; ² Faculty of Health Sciences, University of Caldas, Calle 65 № 26–10, Manizales, Colombia; ³ Marchuk Institute of Numerical Mathematics, Russian Academy of Sciences, 8 Gubkin St., Moscow 119333; ⁴ Department of Health Statistics Analysis, Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of Ministry of Health of the Russian Federation, 11 Dobrolyubov St., Moscow 127254