

УДК 572.087:57.087.1

**АНТРОПОМЕТРИЯ И БИОИМПЕДАНСОМЕТРИЯ:
ПАРАЛЛЕЛИ И РАСХОЖДЕНИЯ****Синдеева Л.В., Казакова Г.Н.***ГБОУ ВПО «Красноярский государственный медицинский университет
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России», Красноярск, e-mail: kazakova_gn@kspu.ru*

Данная статья посвящена изучению методологических вопросов оценки состава тела человека, а именно массы жирового компонента. Значения абсолютной жировой массы женщин, рассчитанной методами антропометрии и биоимпедансного анализа, в популяционном масштабе характеризуются близкими значениями. Однако для персонализированной оценки данного параметра необходима коррекция антропометрических формул при наличии у обследуемых ожирения, недостатка массы тела, а также у лиц пожилого и старческого возраста. Для выявления скрытых причин несоответствия результатов методик применен кластерный анализ, в ходе которого всю выборку удалось разбить на четыре кластера по признаку соответствия (или несоответствия) результатов двух методик. На основе корреляционно-регрессионного анализа получены коррекционные уравнения, позволяющие проводить качественное сравнение архивных и современных научных материалов, основанных на методологически различных подходах.

Ключевые слова: состав тела, антропометрия, биоимпедансометрия, кластерный анализ**ANTHROPOMETRY AND BIOIMPEDANSOMETRY: PARALLELS
AND DIVERGENCES****Sindeeva L.V., Kazakova G.N.***Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky,
Krasnoyarsk, e-mail: kazakova_gn@kspu.ru*

This article is devoted to studying of methodological questions of an assessment of body composition (the fat mass). Values of absolute fatty weight in women calculated by methods of anthropometry of the bioimpedance analysis, in population scale are characterized by similar values. However correction of anthropometrical formulas is necessary for the personalized assessment of this parameter in the presence at surveyed obesity, a lack of weight of a body, at persons of elderly and senile age. The cluster analysis during which all selection managed to be broken into four clusters on the basis of compliance (or discrepancies) results of two techniques is applied to identification of the hidden reasons of discrepancy of results of techniques. On the basis of the correlation and regression analysis the correctional equations, allowing to carry out high-quality comparison of the archival and modern scientific materials based on methodologically various approaches are received.

Keywords: body composition, anthropometry, bioimpedansometry, cluster analysis

Все исследования в области морфологии здорового человека так или иначе носят сравнительный характер. Сравнению подвергаются материалы, полученные в разные годы, иногда объектом сопоставления данных становятся исследования, выполненные с интервалом в 40–50 лет [5, 7]. Непременным условием для проведения качественных параллелей между архивной и современной научной продукцией является единство методологического подхода. Это далеко не всегда представляется возможным, так как инженерная мысль не стоит на месте, и технические характеристики приборной базы с каждым годом расширяются. К способам оценки состава тела данный факт имеет непосредственное отношение [6]. В арсенале красноярских ученых имеются многочисленные базы данных физического статуса различных категорий населения, начиная с конца 1980-х годов [1, 4]. Все базы содержат расчеты жировой, мышечной и костной тканей по антропометрическим формулам. Учитывая широкое распространение метода биоимпедансного анализа в фундаментальных исследованиях

и практической медицине, возникла необходимость сравнения результатов двух разных подходов, имеющих полное право на независимое существование.

Цель исследования – сравнить результаты оценки массы жирового компонента, рассчитанного по антропометрическим формулам и с использованием биофизических технологий с целью проверки допустимости сопоставления данных.

Материалы и методы исследования

Обследование проведено на основании современной антропометрической и биоимпедансометрической оценки массы жирового компонента 2270 женщин (по формулам J. Matiegka и на аппарате АВС-01 «Медасс»). Антропометрия и биоимпедансометрия проводились в строгом соответствии с методологическими требованиями [3]. В работе использован кластерный анализ с целью разбиения выборки на однородные группы, объединенные каким-либо общим признаком. Из многочисленных методов кластеризации нами использован метод *k*-средних Мак-Куина как обеспечивающий наиболее точные результаты при работе с численно большими выборками [8]. Метод заключается в формировании групп (кластеров), отдельные элементы которого должны быть максимально приближены к центру кластера.

Для исследования интенсивности (слабая, средняя, сильная), вида (стохастическая и функциональная) и формы (линейная и нелинейная) взаимозависимости признаков в работе применен метод корреляционно-регрессионного анализа [2]. Степень сопряженности (интенсивности) между признаками определяли методом парной корреляции с вычислением коэффициента r . Для переменных величин Y и X слабой считалась корреляция при модульном значении $r < 0,5$, при $r = 0,5-0,7$ интенсивность связи признавалась средней, и при $r > 0,7$ расценивалась как сильная. Если коэффициент корреляции был близок к единице, связь признавалась функциональной, все остальные случаи статистически значимых корреляций определялись как стохастические.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы «Soma», разработанной специально для антропологических расчетов, а также в среде Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

При сравнении результатов оценки состава тела женщин методами антропоме-

трии и биоимпедансометрии по выборке в целом статистически значимых различий выявлено не было. Масса жировой ткани, рассчитанная по формуле J. Matiegka, составила $17,69 \pm 0,22$ кг, а полученная методом БИА – $17,25 \pm 0,23$ кг ($p = 0,16596$). Такой результат свидетельствует о возможности сопоставления научных сведений о степени жирового отложения, полученных в разное время и разными методами. Допустимость экстраполяции современных сведений о составе тела женского населения и независимость их от применяемой методологии подтверждается результатами корреляционно-регрессионного анализа. Высокая корреляция между полученными разными способами значениями жировой массы ($r = 0,949$; $p < 0,001$) определила возможность построения линейных регрессионных моделей, показывающих тесную зависимость параметров относительно друг друга (рис. 1).

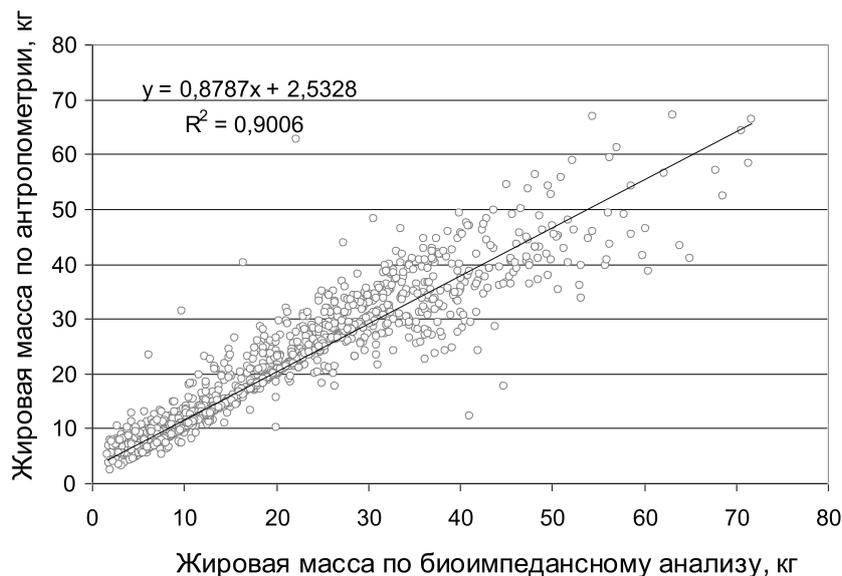


Рис. 1. Регрессионная модель зависимости величин жировой массы, рассчитанной на основании антропометрии и биоимпедансометрии

Высокий критерий достоверности аппроксимации ($R^2 = 0,9006$) подтверждает возможность сравнения результатов оценки количества жировой ткани, рассчитанных разными методиками, не прибегая к разработке корректировочных коэффициентов. Однако это утверждение будет справедливо только в случае общепопуляционных тенденций изменчивости жировой массы. На графической регрессионной модели отчетливо видно, что достаточно существенная часть выборки имеет выраженные отклонения от линии тренда. При этом практически полное совпадение сред-

них значений абсолютной жировой массы, рассчитанной разными способами, объясняется тем, что эти отклонения равномерно распределены по обе стороны линии. Иными словами, у части женщин результаты антропометрического расчета массы жировой ткани превышали аналогичные, полученные при проведении БИА, другая часть женщин характеризовалась обратной зависимостью – у них жировая масса на основе биоимпеданса была больше, чем при антропометрии. В этой связи база данных женщин была подвергнута кластеризации с целью выделения групп (кластеров) таким

образом, чтобы представители одного кластера оказались объединенными общим признаком – наличием соответствия или несоответствия результатов антропометрического и биоимпедансометрического обследований.

Методом *k*-средних Мак-Куина удалось выделить четыре кластера (рис. 2). Кластер 1 составили женщины, у которых было выявлено существенное несоответствие результатов антропометрии и биоимпедансометрии. Это были обследованные в возрасте от 16 до 55 лет. Большая часть представительниц данного кластера характеризовалась наличием ХЭН (средние значения ИМТ составили $18,3 \pm 0,16$ кг/м²). У женщин кластера 2 и кластера 3 обна-

ружено практически полное совпадение результатов оценки массы жировой ткани по двум методикам. Представительницы этих кластеров в среднем имели нормальную массу тела (значения ИМТ составляли $22,17 \pm 0,28$ и $23,08 \pm 0,31$ кг/м² соответственно). Кроме того часть женщин оказалась с избыточной массой тела, однако ни в одном из случаев повышенной массы тела ИМТ не превышал значения $30,0$ кг/м² (т.е. выявлена избыточная масса, но не ожирение). Различались данные кластеры только по возрасту. В кластер 2 преимущественно вошли женщины юношеского и первого зрелого возраста, кластер 3 был представлен женщинами второго зрелого возраста.

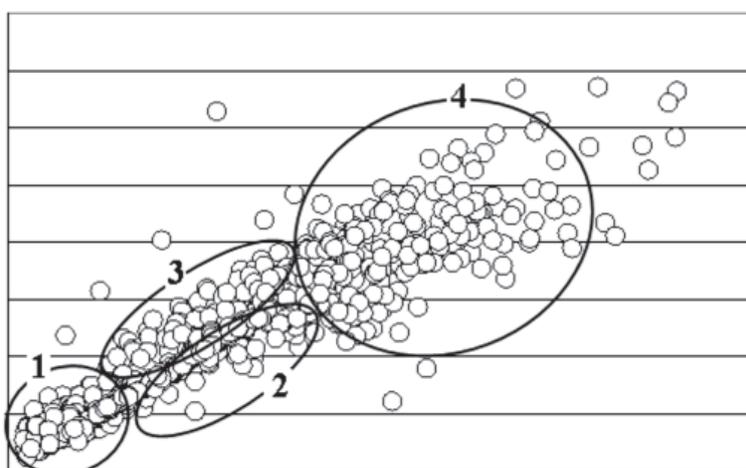


Рис. 2. Кластеризация женщин по признаку соответствия/несоответствия результатов методик оценки состава тела (жировая масса):
1, 2, 3, 4 – номера кластеров (описание в тексте)

В кластере 4 была зарегистрирована различная степень несовпадения результатов БИА и антропометрии. Данный кластер составили женщины пожилого и старческого возраста независимо от величины ИМТ. Также сюда вошли представительницы всех обследованных возрастных групп, имеющие ожирение (в среднем ИМТ женщин с ожирением был равен $34,74 \pm 0,22$ кг/м²).

Таким образом, результаты кластерного анализа позволяют констатировать, что при индивидуальной оценке состава тела возможно сравнение данных БИА и антропометрического обследования женщин только в возрастном диапазоне от 16 до 55 лет и при отсутствии резких отклонений массы тела от нормы (ХЭН, ожирение). У женщин пожилого и старческого возраста, а также в случае, когда значение ИМТ оказывается меньше $18,5$ кг/м² или больше $30,0$ кг/м² при сравнении результатов методик требуется коррекция аналитических формул.

Данную гипотезу подтверждает также анализ средних величин жировой массы, оцененных разными способами, у женщин в зависимости от возраста и величины ИМТ. Практически полное соответствие средних значений абсолютной жировой массы было выявлено в юношеском, первом зрелом и втором зрелом возрастах (рис. 3). У женщин пожилого и старческого возраста средние значения массы жировой ткани, рассчитанной на основе калиперометрии, были достоверно выше, чем полученные при проведении БИА.

В то же время у женщин от 16 до 55 лет при верификации методик четко прослеживается следующая закономерность. Совпадение результатов антропометрического и биоимпедансометрического обследований наблюдалось только у лиц с нормальной и умеренно повышенной массой тела. У женщин, чей ИМТ значительно отличался от нормального, выявлены

статистически значимые различия результатов. При этом различия общего количества подкожного жира у очень худых женщин (ИМТ < 18,5 кг/м²) и у женщин с ИМТ, превышающим 30,0 кг/м², были разнонаправленными: у первых масса жировой ткани, рассчитанная по антропометрическим формулам была больше, чем полученная на аппаратном методе, у вторых – результаты оценки массы жира по биоимпедансометрии оказались выше, чем

при антропометрии. Если по данным антропометрии абсолютная жировая масса у женщин с недостатком массы тела составила $8,88 \pm 0,13$ кг, то БИА дал иные значения – $6,39 \pm 0,15$ кг. Учитывая, что данная группа женщин отличается низкими значениями жировой массы, то разница между методиками в $2,49 \pm 0,08$ кг представляется весьма существенной (в процентном соотношении результаты методов отличаются на $30,50 \pm 0,88$ %).

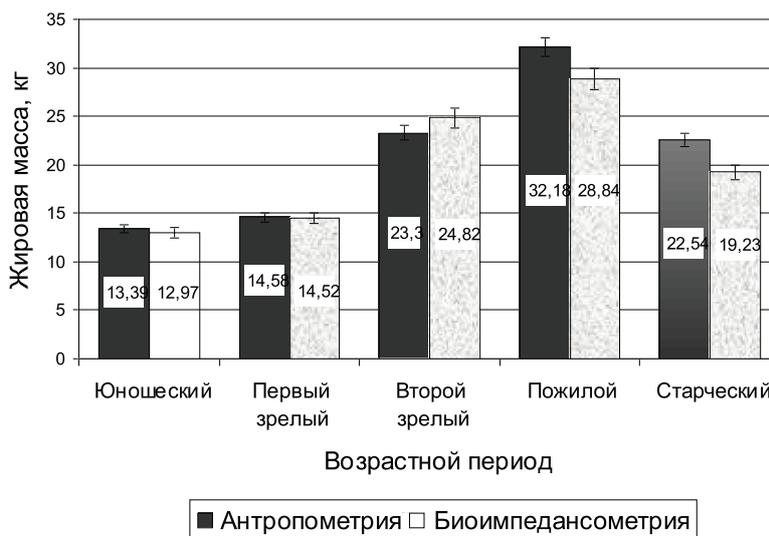


Рис. 3. Значения жировой массы, полученные различными методиками (антропометрия и биоимпедансометрия) в зависимости от возраста женщин

У женщин 16–55 лет, имеющих ожирение, результаты методик в среднем не совпали на $5,59 \pm 0,44$ кг (масса жировой ткани составила $34,80 \pm 0,64$ кг по биоимпедансометрии и $40,39 \pm 0,79$ по антропометрии). На первый взгляд, может показаться, что при наличии большой жировой массы такая разница результатов незначительна. Однако в процентном выражении это составило $18,29 \pm 1,39$ %, что не может не приниматься во внимание.

Следует отметить, что при сравнении методик и расчете процентного выражения несовпадений за 100% принимали жировую массу, рассчитанную по формуле J. Matiegka, чья методика является классической и апробированной многими учеными. Для обеспечения возможности сопоставления данных антропометрического и биоимпедансометрического обследований и расчета поправочных коэффициентов были выведены уравнения регрессии, отображающие линейную зависимость значений массы жировой ткани, рассчитанных разными способами. Такие уравнения позволят по известному значению жировой массы, полученной по

аналитическим формулам, рассчитать массу жировой ткани, которую предположительно будет иметь индивид при проведении БИА. Учитывая, что БИА – это условно эталонный объективный метод оценки состава тела, который в последние годы широко используется в практике, постепенно вытесняя антропометрический, полученные нами уравнения могут быть полезны для ретроспективных сравнений состава тела различных групп населения, оценка которых была проведена до массового применения биоимпедансометрии.

Как было отмечено выше, коррекции требуют антропометрические формулы расчета состава тела при применении их у женщин с низкой массой тела, ожирением, а также в старших возрастных группах. Для коррекции расчета жировой массы по антропометрическим формулам у женщин с низким ИМТ уравнение линейной регрессии имеет вид $y = 0,9322x - 1,8894$ (рис. 4). Подставляя в уравнение вместо x величину жировой массы по J. Matiegka, получаем в качестве неизвестного y массу жировой ткани, адаптированную под БИА.

Аналогичный вид имеют регрессионные модели жировой массы женщин с ожирением и представительниц старших возрастных групп. У обследованных, имеющих значения ИМТ более 30,0 кг/м², регрессионное уравнение представлено линейной функцией $y = 1,0146x + 5,0808$, где y – искомое значение жировой массы, а x – известное значение.

Для женщин пожилого и старческого возрастов коррекция результатов антропометрии также может осуществляться на основе регрессионных моделей. Для данной группы обследованных выведено уравнение вида $y = 1,9191x - 0,9136$. Все уравнения имели достаточно высокий критерий достоверности аппроксимации ($R^2 = 0,6841 - 0,7936$), что доказывает возможность замены эмпирического признака расчетным.

Таким образом, проведенное исследование показало возможность качественного сравнения результатов антропометрии и биоимпедансометрии на популяционном уровне. В случае индивидуальной оценки жировой массы женщин в ряде случаев требуется коррекция антропометрических формул расчета жирового компонента, а именно при наличии ожирения или, напротив, низкой массы тела, а также в пожилом и старческом возрасте.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 12-04-93106-НЦНИЛ_а «Изменчивость физического статуса населения различных регионов умеренных широт Евразии с учетом вектора времени» (2012–2014 годы).

Список литературы

1. Горбунов Н.С., Чикун В.И., Мишанин М.Н. Региональные особенности определения типа телосложения мужчин // Морфологические ведомости. – 2008. – Т. 1. – № 1–2. – С. 148–149.
2. Дрейпер Н.Р., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 912 с.
3. Мартиросов Э.Г., Руднев С.Г., Николаев Д.В. Применение антропологических методов в спорте, спортивной медицине и фитнесе. – М.: Физическая культура, 2010. – 120 с.
4. Николаев В.Г. Изменчивость морфофункционального статуса человека в биомедицинской антропологии (сообщение 3) // Сибирское медицинское обозрение. – 2009. – № 1. – С. 60–64.

5. Чижикова Т.П., Смирнова Н.С., Дерябин В.Е. и др. // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. – 2009. – № 3. – С. 23–36.

6. Чтецов В.П., Негашева М.А., Лапшина Н.Е. Изучение состава тела у взрослого населения: методические аспекты // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. – 2012. – № 2. – С. 43–52.

7. Jordan S., Lim L., Seubsman S. et al. // J. Epidemiol. Community Health. – 2012. – Vol. 66, № 1. – P. 75–80.

8. Par-Peled S., Sadry B. How fast is the k-means method? // Algorithmica. – 2005. – Vol. 43, № 3. – P. 185–202.

References

1. Gorbunov N.S., Chikun V.I., Mishanin M.N. Regional'nye osobennosti opredeleniya tipa teloslozheniya muzhchin // Morfologicheskie vedomosti. 2008. no. 1–2. pp. 148–149.
2. Drejper N.R., Smit G. Prikladnoj regressionnyj analiz. M.: Izdatel'skij dom «Vil'jams», 2007. 912 p.
3. Martirosov Je.G., Rudnev S.G., Nikolaev D.V. Primenenie antropologicheskikh metodov v sporte, sportivnoj medicine i fitnese. M.: Fizicheskaja kul'tura, 2010. 120 p.
4. Nikolaev V.G. Izmenchivost' morfofunkcional'nogo statusa cheloveka v biomedicinskoj antropologii (soobshhenie 3) // Sibirskoe medicinskoe obozrenie. 2009. no. 1. pp. 60–64.
5. Chizhikova T.P., Smirnova N.S., Derjabin V.E. i dr. // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 23: Antropologija. 2009. no 3. pp. 23–36.
6. Chtecov V.P., Negasheva M.A., Lapshina N.E. Izuchenie sostava tela u vzroslogo naselenija: metodicheskie aspekty // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija XXIII. Antropologija. 2012. no 2. pp. 43–52.
7. Jordan S., Lim L., Seubsman S. et al. // J. Epidemiol. Community Health. 2012. 66(1): 75–80.
8. Par-Peled S., Sadry B. How fast is the k-means method? // Algorithmica. 2005. 43(3): 185–202.

Рецензенты:

Игнатова И.А., д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник клинического отделения экологической патологии Института медицинских проблем Севера СО РАМН, г. Красноярск;

Горбунов Н.С., д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории этногенетических и метаболических проблем нормы и патологии Института медицинских проблем Севера СО РАМН, г. Красноярск;

Железнов Л.М., д.м.н., профессор, декан лечебного факультета, ГОУ ВПО «Оренбургская государственная медицинская академия», г. Оренбург.

Работа поступила в редакцию 07.08.2013.