

УДК 611.71:572.087(571.5)

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ ДЛЯ РАСЧЕТА КОСТНОЙ МАССЫ В АНТРОПОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ЖЕНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ)

Синдеева Л. В., Казакова Г. Н.

ГБОУ ВПО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, Красноярск, Россия (660022, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1), e-mail: lsind@mail.ru

В статье представлены результаты одномоментного антропометрического и биоимпедансометрического определения состава тела человека на примере женского населения Восточной Сибири. Всем обследованным рассчитывали костную массу антропометрическим методом по формуле J. Matiegka с последующим выявлением корреляционных связей между костной массой и параметрами биоимпедансометрии. На основании корреляционного анализа установлено, что наилучшим образом масса скелета связана с общим количеством воды в организме и величиной активного сопротивления. Для каждой возрастной группы разработаны регрессионные модели, характеризующие возможность расчета костной массы по параметрам биоимпедансометрии. Линейная зависимость между изучаемыми параметрами отсутствовала. Из нелинейных моделей наиболее значимыми для расчета костной массы являются полиномиальные второй и третьей степеней.

Ключевые слова: антропометрия, биоимпедансометрия, состав тела, костная масса.

POSSIBILITY OF USE OF THE BIOIMPEDANSOMETRIC PARAMETERS FOR CALCULATION OF BONE MASS IN ANTHROPOLOGICAL RESEARCHES (ON THE EXAMPLE OF THE FEMALE POPULATION IN EASTERN SIBERIA)

Sindeeva L. V., Kazakova G. N.

Krasnoyarsk State Medical University n.a. V. F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk, Russia (660022, Krasnoyarsk, street Partizana Zheleznyaka, 1), e-mail: lsind@mail.ru

In article the results of one-stage anthropometrical and bioimpedansometrical definition of body composition of the person are presented, on the example of the female population of Eastern Siberia. All surveyed counted bone mass an anthropometrical J. Matiegka's method with the subsequent identification of correlation communications between the bone mass and bioimpedansometry parameters. On the basis of the correlation analysis it is established that in the best way the mass of a skeleton is connected with water total in an organism and the size of active resistance. The regression models characterizing possibility of calculation of bone mass on parameters of a bioimpedansometry are developed for each age group. Linear dependence between studied parameters was absent. From nonlinear models the most significant for calculation of bone mass are polynomial the second and third degrees.

Keywords: anthropometry, bioimpedansometry, body composition, bone mass.

Введение. Количественное изучение состава тела *in vivo* относится к числу интенсивно развивающихся разделов морфологии человека [10]. В настоящее время это научное направление претерпевает новый подъем в связи с развитием и внедрением в практику новых технологий [4, 11]. Современные приборы, оценивающие составные компоненты массы тела, должны обладать высокой точностью, быть неинвазивными и иметь возможность применения в полевых условиях. На сегодняшний день этим требованиям лучше всего отвечает биоимпедансный анализ. Основанный на различиях физических свойств живых тканей, этот метод сводит к минимуму присутствие элемента субъективизма в измерениях [8].

Биоимпедансный анализ широко распространен в различных сферах медицины и биологии. Доступные большинству исследователей базовые программы оценки состава тела по параметрам биоимпеданса включают характеристику элементов общей массы в рамках трехкомпонентной модели: жировая масса, тощая масса, а также количество воды в организме. Существуют специальные программы биоимпедансного анализа, позволяющие определить абсолютное количество мышечной ткани, активных клеточных элементов, оценить уровень основного обмена [8]. Тем не менее на сегодняшний день отсутствует какой-либо опыт расчетов массы скелета по параметрам электрического сопротивления. Из многочисленных антропометрических признаков, характеризующих количественную изменчивость костной ткани, наилучшим образом зарекомендовали себя дистальные диаметры сегментов конечностей [2, 7]. Однако измерения их могут быть затруднены, а результаты искажены у представителей старших возрастных групп или у пациентов, имеющих значительную деформацию суставов, обусловленную теми или иными заболеваниями. В связи с этим поиск биоэлектрических предикторов, объективно описывающих вариабельность массы скелета, в настоящее время является актуальным.

Цель исследования: выявить взаимосвязимость отдельных антропометрических и биоимпедансометрических параметров и на их основе показать возможность использования показателей биоимпедансометрии для оценки массы скелета.

Материалы и методы исследования. В обследовании приняли участие 2270 женщин в возрасте от 16 до 89 лет. Данный возрастной диапазон в соответствии с антропологической классификацией был разбит на 5 периодов: юношеский возраст (16–20 лет), первый период зрелого возраста (21–35 лет), второй период зрелого возраста (36–55 лет), пожилой (56–74 лет) и старческий возраст (75–89 лет).

Антропометрическое обследование проведено по классической методике В. В. Бунака [1] с последующим расчетом компонентного состава тела по методу J. Matiegka [5]. Одновременно с антропометрическим методом проводили биоимпедансный анализ на аппарате ABC-01 «Медасс» (регистрационное удостоверение Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения и социального развития № ФСР 2007/01219 от 26.11.2007). Статистическая обработка включала корреляционно-регрессионный анализ по Н. Р. Дрейпер и Г. Смит [3] и методы вариационной статистики [9].

Результаты и обсуждение. Разработка способа оценки массы костной ткани по параметрам биоимпедансометрии проведена отдельно для каждой возрастной группы. У всех обследованных была рассчитана костная масса по аналитической формуле J. Matiegka. Затем был проведен анализ корреляционных связей между костной массой и параметрами биоимпедансометрии. Критериями для вычисления массы скелета могут служить лишь те

параметры, которые находятся друг с другом в корреляционной зависимости силой не менее 0,5.

У женщин 16–20 лет из всех показателей, определяемых методом БИА, только три оказались связанными друг с другом достоверными средними и сильными корреляциями – это жировая масса ($r=0,649$), тощая масса ($r=0,686$) и общая вода ($r=0,709$). С точки зрения статистики любой из этих параметров может использоваться для построения регрессионных моделей расчета костной ткани. Однако с биологической точки зрения, считаем более целесообразным использовать для таких целей показатель общей гидратации организма, так как вода, являясь весьма мобильным компонентом массы тела, в костной ткани характеризуется достаточным постоянством. На рисунке 1 представлена регрессионная зависимость костной массы от общего количества воды в организме для юношеского возраста.

Данная графическая функция является полиномиальной третьей степени. Из всего арсенала возможных методов регрессионного анализа именно эта модель имела наиболее высокий критерий точности аппроксимации ($R^2=0,5883$). По полученному уравнению можно рассчитать количество костной ткани по известному значению общего содержания воды. Для этого в уравнение вида $y=0,0004x^3-0,0371x^2+1,533x-14,151$, где y – искомое значение костной массы, необходимо вместо x поставить количество воды (в кг), определяемое методом БИА.

У женщин первого и второго зрелого возраста, а также у пожилых, корреляционные связи абсолютной костной массы с параметрами биоимпедансометрии оказались аналогичными с юношеским возрастом, а именно – коэффициент корреляции r между массой скелета и жировой массой по биоимпедансу колебался от 0,521 до 0,629, между костной массой и тощей массой – от 0,559 до 0,655 и между костной массой и общим количеством воды – от 0,562 до 0,701. Во всех группах женщин наилучшая модель регрессии между массой скелета и общим количеством воды была, также как и в юношеском возрасте, полиномиальная третьей степени, а отличались уравнения только значениями коэффициента регрессии и свободного члена уравнения (табл. 1).

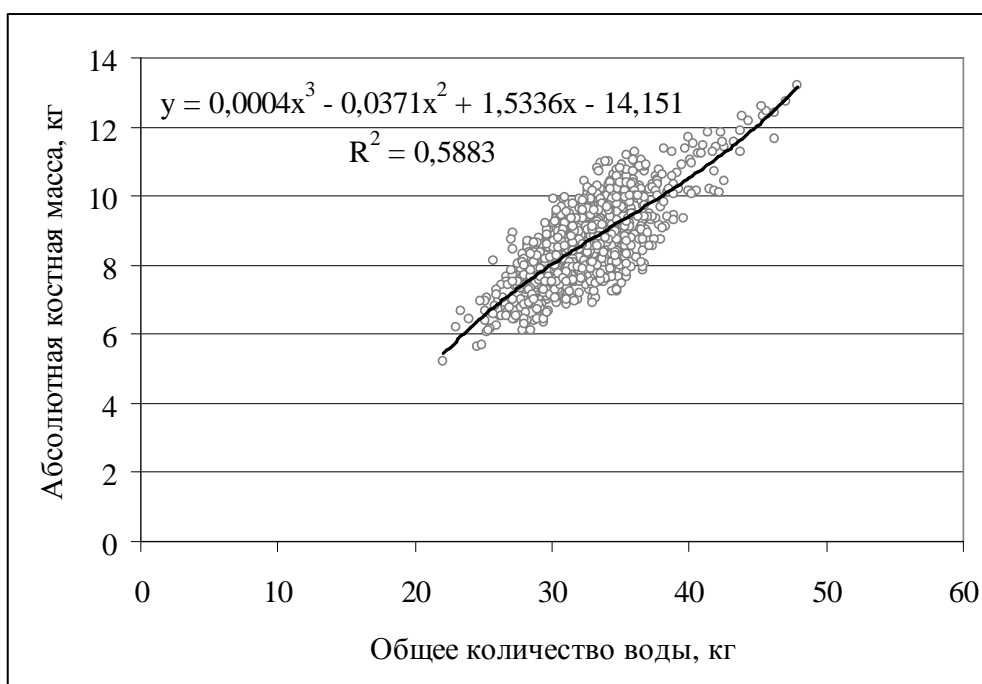


Рис. 1. Полиномиальная регрессионная модель зависимости массы костной ткани и общего количества воды в организме женщин 16–20 лет

Таблица 1

Регрессионные уравнения для расчета абсолютной костной массы по параметрам биоимпедансометрии

Возрастной период	Уравнение полиномиальной регрессии третьей степени	Критерий точности аппроксимации R^2
Юношеский	$y=0,0004x^3 - 0,0371x^2 + 1,5336x - 14,151$	0,588
Первый зрелый	$y=0,0014x^3 - 0,1402x^2 + 4,8745x - 49,762$	0,613
Второй зрелый	$y=0,0001x^3 - 0,0176x^2 + 1,0243x - 10,212$	0,535
Пожилой	$y=0,0002x^3 - 0,0163x^2 + 0,7609x - 4,4131$	0,507

Примечание: При расчете костной массы у женщин юношеского, первого зрелого, второго зрелого и пожилого возраста в уравнение вместо x подставляется значение общего количества воды в организме.

У женщин старческого возраста костная масса, рассчитанная по формуле J. Matiegka, находилась в иных корреляционных взаимоотношениях с показателями биоимпедансометрии. Наиболее значимые корреляции имели следующие пары признаков: костная масса и АКМ ($r=0,547$), костная масса и общее количество воды ($r=0,523$), костная масса и активное сопротивление ($r=-0,703$). Для проведения регрессионного анализа была выбрана последняя пара, как имеющая самый высокий коэффициент корреляции. При построении регрессионных моделей между абсолютной костной массой и активным сопротивлением наиболее значимой оказалась полиномиальная второй степени с высоким критерием точности аппроксимации $R^2=0,745$ (рис. 2). Регрессионное уравнение вида

$y=0,00008x^2-0,0845x+29,608$ отражает изменчивость массы скелета в зависимости от величины активного сопротивления, где x – активное сопротивление, измеряемое в ходе БИА, y – искомая величина абсолютной костной массы.

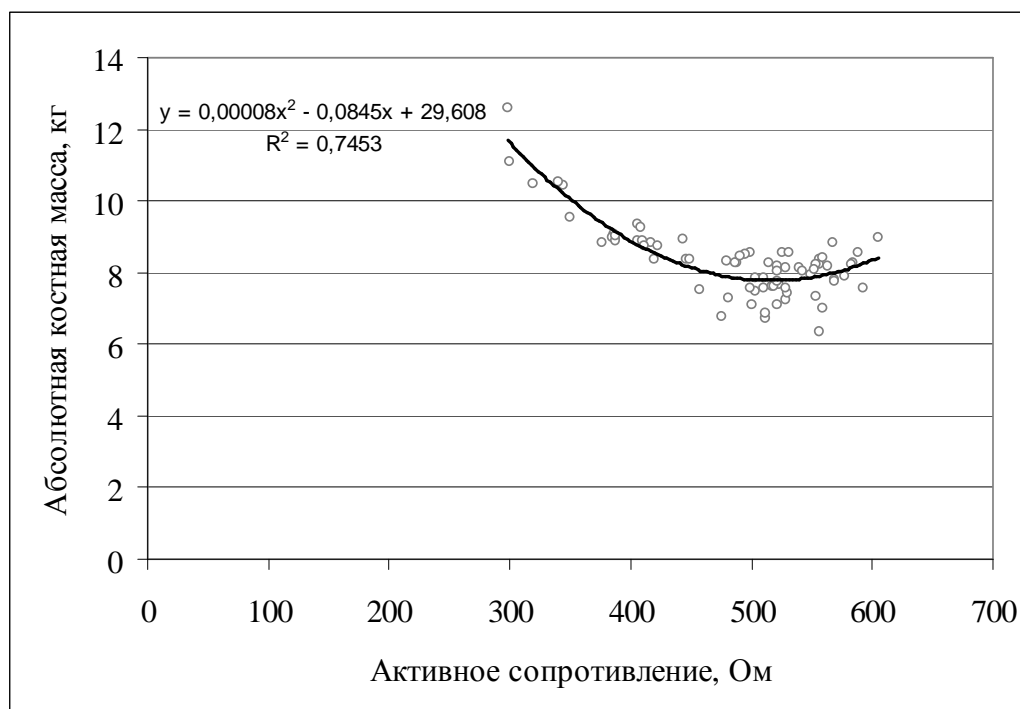


Рис. 2. Полиномиальная регрессионная модель зависимости массы костной ткани и активного сопротивления в организме женщин старческого возраста

Для проверки достоверности уравнений регрессии, выведенных с целью расчета костной массы по параметрам биоимпедансометрии, было произведено контрольное обследование независимой выборки из 100 женщин. Данная выборка была составлена методом случайной сортировки из базы данных, любезно предоставленной канд. мед. наук Нехаевой Т. И., проводившей одновременное антропометрическое и биоимпедансометрическое обследование женщин, проживающих в Красноярском крае [6], а также из собственной базы данных женщин, не вошедших в основную группу обследования.

Каждой женщине в группе контроля был проведен расчет массы скелета по формуле J. Matiegka, которая оказалась равной $8,86 \pm 0,05$ кг. Расчет абсолютной костной массы по соответствующим возрасту женщин регрессионным уравнениям показал близкие результаты. В целом по группе контроля данный показатель был равен $8,49 \pm 0,04$ кг, что несколько ниже величины аналогичного показателя по J. Matiegka. Однако эти различия не превысили критический 5-процентный уровень, что позволяет говорить о взаимозаменяемости методик и правомерности использования показателей биоимпедансометрии в качестве критериев оценки массы скелета.

Таким образом, полученные факты свидетельствуют о возможности расчета абсолютной костной массы на основе параметров биоимпедансного анализа.

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. Бунак В. В. Методика антропометрических исследований / В. В. Бунак. – М.; Л., Госмедиздат, 1931. – 222 с.
2. 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.
3. Дрейпер Н. Р., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 912 с.
4. Мартиросов Э. Г., Николаев Д. В., Руднев С. Г. Технологии и методы определения состава тела человека. – М.: Наука, 2006. – 248 с.
5. Мартиросов Э. Г., Руднев С. Г., Николаев Д. В. Применение антропологических методов в спорте, спортивной медицине и фитнесе. – М.: Физическая культура, 2010. – 120 с.
6. Нехаева Т. И. Опыт применения биоимпедансного анализа в системе мониторинга здоровья представителей старших возрастных групп // Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы: тр. XIII науч.-практ. конф. – М., 2011. – С. 187-190.
7. Николаев В. Г. Изменчивость морфофункционального статуса человека в биомедицинской антропологии (сообщение 3) // Сибирское медицинское обозрение. – 2009. – № 1. – С. 60-64.
8. Николаев Д. В., Смирнов А. В., Бобринская И. Г., Руднев С. Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. – М.: Наука, 2009. – 392 с.
9. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. – М.: Медиа Сфера, 2006. – 312 с.
10. Jiménez A., Omana W., Flores L. et al. Prediction of whole-body and segmental body composition by bioelectrical impedance in morbidly obese subjects // *Obes. Surg.* – 2012. – V. 22, № 4. – P. 587-593.
11. Pfrimer K., Moriguti J. C., Lima N. K. et al. Bioelectrical impedance with different equations versus deuterium oxide dilution method for the inference of body composition in healthy older persons // *J. Nutr. Health. Aging.* – 2012. – V.16, № 2. – P.124-127.

Рецензенты:

Савченко А.А., д.м.н., профессор, руководитель лаборатории молекулярно-клеточной физиологии и патологии ФГБУ «НИИ медицинских проблем Севера» СО РАМН, г.Красноярск.

Лесовская М.И., д.б.н., профессор, заведующий кафедрой психологии, педагогики и экологии человека Института международного менеджмента и образования Красноярского государственного аграрного университета Министерства сельского хозяйства РФ, г. Красноярск.