

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ И БИОИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ – МАРКЕРЫ ФИЗИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ ЖЕНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

Синдеева Л.В., Петрова М.М., Николаев В.Г., Медведева Н.Н., Шнайдер Н.А.,
Шульмин А.В., Деревцова С.Н.

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

В статье представлены результаты антропометрического и биоимпедансометрического обследования женщин 16–89 лет, постоянно проживающих на территории Красноярского края. Выявлено, что все изученные признаки имеют возрастные особенности. Это касается габаритных размеров, жирового, мышечного и костного компонентов массы тела, биоэлектрических параметров организма. Из всех изученных параметров биоимпедансометрии наибольшим возрастным трансформациям подвержен фазовый угол, являющийся биофизическим индикатором общего состояния организма. Выявлено значительное его снижение с возрастом. Именно фазовый угол можно считать одним из важных маркеров физического здоровья женщин. Также в качестве биомаркеров выступают такие параметры, как относительное содержание в организме жировой ткани и активная клеточная масса.

Ключевые слова: антропометрия, биоимпедансометрия, состав тела, маркеры физического здоровья

ANTHROPOMETRIC AND BIOIMPEDANSOMETRIC INDICATORS ARE MARKERS OF PHYSICAL HEALTH IN FEMALE POPULATION

Sindeeva L.V., Petrova M.M., Nikolaev V.G., Medvedeva N.N., Schnayder N.A.,
Chulmin A.V., Derevtsova S.N.

Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasensky, e-mail: lsind@mail.ru

The article presents the results of anthropometric and bioimpedance survey of women 16-89 years, permanently residing on the territory of Krasnoyarsk region. Revealed that all studied traits are age features. It concerns the dimensions, fat, muscle and bone components of body weight, bioelectrical parameters of the organism. Of all investigated parameters bioimpedance highest age transformations subject to a phase angle, which is a biophysical indicator of the General condition of the body. Revealed a significant decrease with age. It is the phase angle can be considered one of the important markers of physical health of women. Also as biomarkers are parameters such as the relative content in the body fat tissue and active cell mass.

Keywords: anthropometry, bioimpedancemetry, body composition, markers of physical health

В структуру здоровья во все периоды онтогенетического цикла человека существенный вклад вносит физический статус. На этапе роста и развития становление физических качеств закладывает резервы благополучия на будущее и связано с формированием и особенностями функционирования всех систем юного организма. Для взрослого человека физический статус – это мощный критерий работоспособности, стрессоустойчивости, адаптационных способностей. Отклонения тех или иных параметров физического развития от популяционной нормы могут стать серьезным препятствием в профессиональном отборе даже при отсутствии серьезных заболеваний. В пожилом и старческом возрастах хорошие физические данные являются важным фактором функциональной независимости [7]. Физический статус — понятие динамичное. Изменения морфофункциональных признаков в течение жизни зависят от многих причин, определяются целым рядом закономерностей и подчиняются законам возрастной ступенчатости,

наследственности, единства организма и среды [5]. Так или иначе, успешно управлять физическими качествами человека на благо здоровья возможно только в том случае, если предполагаемые закономерности доказаны.

Цель исследования

Сопоставить методологически различные подходы (антропометрия и биоимпедансометрия) к оценке состава тела и выявить маркеры, характеризующие изменчивость физического статуса женщин с учетом возраста, которые можно расценивать как предикторы хронических неинфекционных заболеваний.

Материалы и методы исследования

Всего обследованы 2270 женщин в возрасте от 16 до 89 лет. Данная когорта была разбита на группы соответственно возрастной периодизации, принятой в 1965 г. на VII Всесоюзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии АПН СССР и рекомендованной для морфологических исследований: 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 использованием стандартизированного набора инструментов. Методика обследования включала определение 12 измерительных признаков, суммарно характеризующих степень развития жирового, мышечного и костного компонентов, а также позволяющих вычислить антропометрические индексы.

Для объективной оценки состава тела на основе электрических свойств организма применяли биоимпедансный анализ. Данный анализ проводили при помощи анализатора состава тела и баланса водных секторов организма АВС-01 «Медасс» (регистрационное удостоверение Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения и социального развития № ФСР 2007/01219 от 26.11.2007). Данный прибор позволяет получить достоверную информацию о составе тела в рамках трехкомпонентной модели – жировая масса, тощая масса и общая жидкость организма, а также дает возможность определения ряда дополнительных параметров, таких как мышечная масса, активная клеточная масса (АКМ) и уровень основного обмена.

Статистическую обработку данных начинали с анализа распределения каждого признака в выборке путем оценки значений его параметров, характеризующих центральную тенденцию или рассеяние наблюдений по области значений признака [4]. В случае несоответствия распределения признаков нормальному закону проводилась нормализация выборки по методу Бокса-Кокса [8]. Для каждого параметра вычисляли среднее

арифметическое \bar{X} и его ошибку m_x . Достоверность различий абсолютных величин оценивалась по критерию Стьюдента, различий долей – по критерию χ^2 .

Результаты и обсуждение

Анализируя данные антропометрии, можно констатировать, что возрастные особенности в той или иной степени имеются у всех изученных параметров (табл. 1). В самой молодой группе женщин (16–20 лет) средние значения длины тела составили $164,78 \pm 0,19$ см, что достоверно не отличалось от аналогичного показателя в первом периоде зрелого возраста ($p=0,9370$). В старших возрастных группах с увеличением возраста регистрировались достоверно более низкие значения длины тела (от $161,33 \pm 0,32$ см во втором зрелом до $156,44 \pm 0,65$ см – в старческом; $p=0,00000$).

При анализе массы тела выявлен следующий характер возрастной изменчивости. В период от 16 лет и до завершения первого зрелого возраста имела место стойкая тенденция к увеличению средних значений массы тела ($p=0,02023$). Резкий скачок величин данного показателя приходился на второй зрелый возраст (от $58,61 \pm 0,52$ кг в 21–35 лет до $73,01 \pm 0,76$ кг в 36–55 лет; $p=0,00000$). Наибольшие значения массы тела регистрировались у пожилых женщин ($78,22 \pm 0,88$ кг). Пиковые величины массы тела в пожилом возрасте сменялись более низкими ее значениями в старческом, в среднем у женщин старше 75 лет указанный показатель был равен $66,89 \pm 1,56$ кг.

Возрастная изменчивость массы тела женщин сопряжена с накоплением преимущественно жировой ткани, а не безжирового компонента, о чем свидетельствует анализ величин жировых складок. Если в юношеском периоде онтогенеза усредненная жировая складка составляла $6,24 \pm 0,07$ мм, то к пожилому возрасту ее значение было больше в 2,2 раза (до $13,89 \pm 0,23$ мм; $p=0,00000$). В топографии подкожного жира возрастных различий выявлено не было. Вне зависимости от возраста жировая складка на животе была представлена самыми высокими значениями ($21,28 \pm 0,28 \div 45,90 \pm 0,83$ мм). Вторая по величине складка располагалась на задней поверхности плеча ($15,06 \pm 0,17 \div 31,91 \pm 0,52$ мм). Наименьшее развитие подкожно-жирового слоя зарегистрировано на предплечье во всех возрастных группах ($6,82 \pm 0,11 \div 17,83 \pm 0,39$ мм). Все различия были статистически достоверны ($p=0,00000 \div 0,03051$).

Таблица 1

Антропометрические показатели женщин 16–89 лет

Параметр	Все женщины n=2270	Юношеский возраст n=1058	I период зрелого возраста n=508	II период зрелого возраста n=358	Пожилый возраст n=253	Старческий возраст n=75
	1	2	3	4	5	6

Длина тела, см	163,09±0,14	164,78±0,19	164,77±0,27	161,33±0,32	157,21±0,40	156,44±0,65
	$p_{2-3}=0,9370$; $p_{2-4;2-5;2-6;3-4;3-5;3-6;4-5;4-6}=0,00000$; $p_{5-6}=0,34718$					
Масса тела, кг	62,71±0,30	57,02±0,29	58,61±0,52	73,01±0,76	78,22±0,88	66,89±1,56
	$p_{2-3}=0,02023$; $p_{2-4;2-5;2-6;3-4;3-5;3-6;4-5;5-6}=0,00000$; $p_{4-6}=0,00073$					
Средняя жировая складка, мм	7,95±0,08	6,24±0,07	6,67±0,12	10,01±0,19	13,89±0,23	10,39±0,44
	$p_{2-3}=0,00354$; $p_{2-4;2-5;2-6;3-4;3-5;3-6;4-5;5-6}=0,00000$; $p_{4-6}=0,40557$					
Обхват плеча, см	27,27±0,09	25,32±0,09	25,68±0,16	30,92±0,22	32,54±0,28	29,57±0,46
	$p_{2-3}=0,25140$; $p_{2-4;2-5;2-6;3-4;3-5;3-6;5-6}=0,00000$; $p_{4-5}=0,00001$; $p_{4-6}=0,01023$					
Обхват предплечья, см	23,51±0,05	22,68±0,06	22,57±0,10	25,24±0,14	25,81±0,19	25,05±0,28
	$p_{2-3}=0,11549$; $p_{2-4;2-5;2-6;3-4;3-5;3-6}=0,00000$; $p_{4-5}=0,02069$; $p_{4-6}=0,60786$; $p_{5-6}=0,06656$					
Обхват бедра, см	55,18±0,13	53,49±0,15	54,12±0,25	59,24±0,32	58,21±0,43	55,74±0,66
	$p_{2-3}=0,03220$; $p_{2-4;2-5;3-4;3-5;4-6}=0,00000$; $p_{2-6}=0,00034$; $p_{3-6}=0,01625$; $p_{4-5}=0,2570$; $p_{5-6}=0,00822$					
Обхват голени, см	35,19±0,07	34,41±0,08	34,17±0,14	37,21±0,19	37,19±0,25	36,09±0,38
	$p_{2-3}=0,08950$; $p_{2-4;2-5;2-6;3-4;3-5;3-6}=0,00000$; $p_{4-5}=0,81067$; $p_{4-6}=0,01471$; $p_{5-6}=0,03821$					
Обхват грудной клетки, см	88,46±0,20	84,35±0,21	85,01±0,32	95,30±0,47	100,16±0,55	96,12±1,02
	$p_{2-3}=0,06885$; $p_{2-4;2-5;2-6;3-4;3-5;3-6;4-5}=0,00000$; $p_{4-6}=0,38697$; $p_{5-6}=0,00034$					
Обхват ягодиц, см	97,45±0,22	93,11±0,22	94,74±0,38	104,59±0,52	109,13±0,65	101,83±1,11
	$p_{2-3}=0,00027$; $p_{2-4;2-5;2-6;3-4;3-5;3-6;4-5;5-6}=0,00000$; $p_{4-6}=0,02502$					
Поперечный диаметр грудной клетки, см	25,97±0,06	24,80±0,06	25,18±0,10	27,80±0,18	29,26±0,22	27,53±0,35
	$p_{2-3}=0,00147$; $p_{2-4;2-5;2-6;3-4;3-5;3-6;4-5}=0,00000$; $p_{4-6}=0,85648$; $p_{5-6}=0,00011$					
Диаметр плеч, см	33,08±0,07	33,33±0,09	33,12±0,13	33,16±0,18	32,28±0,22	31,41±0,28
	$p_{2-3}=0,13589$; $p_{2-4}=0,1250$; $p_{2-5;2-6;3-6}=0,00000$; $p_{3-4}=0,82728$; $p_{3-5}=0,00010$; $p_{4-5}=0,00166$; $p_{4-6}=0,00008$; $p_{5-6}=0,07148$					
Диаметр таза, см	27,52±0,06	26,69±0,07	27,48±0,10	28,93±0,14	28,75±0,20	28,44±0,27
	$p_{2-3;2-4;2-5;2-6;3-4;3-5}=0,00000$; $p_{3-6}=0,00091$; $p_{4-5}=0,38473$; $p_{4-6}=0,21516$; $p_{5-6}=0,56118$					

Масса жирового компонента самыми низкими значениями была представлена в юношеском возрасте (13,39±0,19 кг; $p=0,00000$). Тем не менее уже в первом периоде зрелого возраста женщины характеризовались несколько большими величинами жировой массы (14,58±0,34 кг; $p=0,00383$). У представительниц старших возрастных групп имеет место значительное увеличение средних значений данного параметра до 23,3±0,54 кг во втором зрелом возрасте и еще большее – до 32,18±0,67 кг – в пожилом ($p=0,00000$). Женщины старческого возраста по абсолютной массе жира достоверно не отличались от представительниц второго зрелого возраста (22,54±1,19 кг; $p=0,73582$).

При анализе возрастной изменчивости абсолютных величин мышечного и костного компонентов не было выявлено логически обоснованных закономерностей, что связано с наличием существенных различий массы тела женщин за длительный период от юношеского до старческого возраста. По этой причине более обоснованным является анализ не абсолютных значений массы тканевых компонентов, а относительных показателей, выраженных в процентах от массы тела.

Следует отметить, что характер возрастной изменчивости процентного содержания жира в организме имел сходные с абсолютным жиром тенденции, а именно с увеличением возраста от юношеского до пожилого отмечалось достоверное увеличение массовой доли жировой ткани от $22,67 \pm 0,21\%$ до $40,25 \pm 0,52\%$ ($p=0,00000$). В группе женщин старше 75 лет, напротив, относительная жировая масса имела меньшие значения ($32,50 \pm 1,05\%$) по сравнению с пожилыми ($p=0,00000$).

Относительная мышечная масса в двух возрастных периодах (юношеский и первый зрелый) не имела достоверных различий и составила соответственно $44,83 \pm 0,15\%$ и $43,67 \pm 0,21\%$ ($p=0,0947$). У женщин второго зрелого возраста выявлены более низкие значения данного показателя ($39,52 \pm 0,32\%$; $p=0,00000$). Минимальными значениями мышечный компонент представлен в пожилом возрасте ($31,74 \pm 0,44\%$; $p=0,00000$), при этом необходимо подчеркнуть, что во все возрастные периоды, кроме пожилого, мышечный компонент является преобладающим над жировым относительно массы тела. В пожилом возрасте относительная масса скелетной мускулатуры оказалась на 8,51% меньше, чем масса жировой ткани. У женщин старческого возраста процент мышечной массы был равен $37,45 \pm 0,76\%$, что несколько выше, чем в пожилом, и достоверно не отличается от аналогичного показателя женщин второго зрелого возраста ($p=0,08355$).

Наибольшие значения относительной костной массы были выявлены в двух самых молодых возрастных категориях (юношеской и первой зрелой) – $15,24 \pm 0,05\%$ и $15,22 \pm 0,08\%$ соответственно. Минимальными значениями доля костной ткани представлена в группах пожилого и старческого возраста ($12,52 \pm 0,11\%$ и $12,65 \pm 0,25\%$ соответственно; $p=0,00000$). Женщины второго зрелого возраста по величине указанного параметра занимали промежуточное положение ($13,37 \pm 0,09\%$).

Помимо антропометрического метода, для оценки состава тела применяли также биоимпедансный анализ, дающий дополнительные возможности характеристики морфофункционального статуса человека. Из классической трехкомпонентной модели состава тела, определяемой по антропометрическим формулам, в структуре биоимпедансного анализа присутствуют жировая и мышечная масса. Все остальные модули, а именно общее количество воды в организме, уровень основного обмена, биоэлектрические параметры тканей, невозможно рассчитать на основании антропометрии. Тем не менее перечисленные показатели являются существенными в учении о составе тела, так как многочисленные исследования подтверждают их значимость как информативных критериев границ нормальной и патологической изменчивости отдельных органов, систем и организма в целом [2].

Возрастные изменения различных компонентов состава тела приводят к их процентному перераспределению. Так, увеличение количества жировой ткани в организме сопровождается уменьшением доли тощей (безжировой) массы и отдельных ее составляющих (мышечной и костной тканей, водного компонента). По нашим данным в самой молодой группе женщин (16–20 лет) безжировой компонент (без фракционирования его на отдельные элементы) в процентах от массы тела составлял $78,27 \pm 0,26\%$, и уже в первом периоде зрелого возраста отмечалась тенденция к его снижению ($p=0,00439$). Во втором зрелом возрасте относительная тощая масса была меньше, чем в юношеском, на $10,41\%$ ($p=0,00000$). Общее снижение количества безжировой массы от юношеского до пожилого возраста включительно составило $14,07\%$ ($p=0,00000$). В старческом возрасте процент тощей массы был выше, чем в пожилом, и был равен $71,17 \pm 1,14\%$ ($p=0,00000$).

Активная клеточная масса (АКМ) является специфическим показателем, определяемым методом БИА. Данный показатель представляет собой часть тощей массы, включающей массы мышц, внутренних органов, мозга и нервных клеток. Очень важно, чтобы на протяжении длительного времени АКМ оставалась неизменной. В нашем исследовании выявлено, что различия абсолютной АКМ у представительниц разных возрастных групп незначительны и не подчиняются строгим закономерностям. В то же время процентное содержание АКМ в каждой последующей возрастной группе имело более низкие значения, однако общая разница между величинами данного показателя (от юношеского до старческого возраста) составила всего $3,99\%$.

В БИА все компоненты состава тела связаны с биоэлектрическими свойствами тканей. Общее сопротивление организма складывается из двух компонентов – активного и реактивного сопротивлений. Активное сопротивление создается при участии водных растворов электролитов во внутри- и межклеточном пространствах. Материальным субстратом реактивного (емкостного) сопротивления являются мембраны клеток и клеточных органелл [6]. Известно, что структура тканей с возрастом претерпевает значительные преобразования, связанные с изменением водно-электролитного состава и проницаемости клеточных мембран [9]. В связи с этим биоэлектрические свойства организма, определяемые методом БИА, имеют выраженные различия в зависимости от возраста. В нашем исследовании максимальное активное сопротивление тканей имели женщины в возрасте до 36 лет (различий величин данного параметра между юношеским и первым зрелым возрастом выявлено не было – $586,65 \pm 1,92$ Ом и $588,81 \pm 2,84$ Ом соответственно; $p=0,51968$). Минимальные значения указанного показателя регистрировались в пожилом и старческом возрастах ($496,15 \pm 4,30$ Ом и $500,85 \pm 7,84$ Ом соответственно). Женщины второго зрелого возраста занимали промежуточное положение

по величине активного сопротивления ($526,26 \pm 3,30$ Ом; $p=0,00000 \div 0,00209$). Реактивное сопротивление характеризовалось аналогичным характером возрастных преобразований – отмечено постепенное снижение его значений в каждой последующей возрастной группе (от $76,35 \pm 0,41$ Ом в юношеском до $57,01 \pm 1,4$ Ом в старческом; $p=0,00000$). При этом у молодых женщин не выявлено различий данного показателя в интервале от юношеского до первого зрелого возраста ($p=0,65009$).

Соответственно изменчивости компонентов биоимпеданса возрастным трансформациям подвержен также фазовый угол, отражающий упорядоченность клеточных структур организма и, как следствие, являющийся своеобразным биофизическим индикатором общего состояния организма [6]. Средние значения фазового угла у женщин 16–20 лет достоверно не отличались от полученных в возрасте 21–36 лет, составив соответственно $7,28 \pm 0,020$ и $7,41 \pm 0,030$ ($p=0,21525$). В старших возрастных группах выявлено уменьшение значений фазового угла от $7,34 \pm 0,050$ во втором зрелом до $6,51 \pm 0,140$ у представителей старческого возраста ($p=0,00000 \div 0,00328$).

Коллективом Научно-образовательного центра «Морфология и физиология здорового человека» ГБОУ ВПО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России разработана методология оценки соматонейропсихологического здоровья человека. В предыдущих статьях показано, что в роли маркеров для оценки физического здоровья населения могут выступать такие показатели, как: индекс массы тела, индекс полового диморфизма и коэффициент скорости старения [3; 5]. Детальный анализ антропометрических и биоимпедансометрических показателей женского населения всех возрастных групп показал, что в качестве маркеров в оценке физического здоровья женщин мы можем назвать компонентный состав тела, а именно относительное содержание жировой ткани, активную клеточную массу и фазовый угол. Данные параметры не только имеют возрастные изменения, но их показатели можно расценивать как предикторы хронических неинфекционных заболеваний.

Список литературы

1. Бунак В.В. Методика антропометрических исследований. – М.-Л., Госмедиздат, 1931. – 222 с.
2. Динь Т.М., Ткаченко С.А., Попов С.Н. и др. Проявления функциональной мышечной асимметрии у теннисистов и возможности ее оценки // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2012. – № 5. – С. 33–35.

3. Кантимирова Е.А., Маховская Т.С., Галась А.Ю. и др. Эффективность сна как маркер здоровья студентов младших и старших курсов медицинского университета // Современные проблемы науки и образования. – 2015. — №4. – <http://science-education.ru/127-20641>.
4. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. – М.: Медиа Сфера, 2006. – 312 с.
5. Романенко А.А., Деревцова С.Н., Петрова М.М. и др. Маркеры в оценке физического здоровья представителей юношеского возраста // Современные проблемы науки и образования. – 2015. — №3. – <http://science-education.ru/123-19597>.
6. Фролов А.В., Николаев Д.В. Инструментальный анализ состава тела в спортивной медицине и диетологии // Рецепт. – 2011. – № 4. – С. 139–142.
7. Фролова Е.В., Корыстина Е.М. Комплексная оценка состояния здоровья пожилого человека и возможности ее осуществления в общей врачебной практике // Российский семейный врач. – 2010. – № 1. – С. 12–23.
8. Box G. E. P., Cox D.R. An analysis of transformation // J. Royal Statistical Society : Series B (Statistical Methodology). – 1964. – Vol. 26, № 2. – P. 211–246.
9. Schlanger L. E., Bailey J. L., Sands J. M. Electrolytes in the aging // Adv. Chronic Kidney Dis. – 2010. – Vol. 17, № 4. – P. 308–319.

Рецензенты:

Галактионова М.Ю., д.м.н., доцент, зав. кафедрой поликлинической педиатрии и пропедевтики детских болезней с курсом ПО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск;

Винник Ю.С., д.м.н., профессор, зав. кафедрой общей хирургии им. проф. М.И. Гульмана КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск.