

Л. И. Берштейн, Е. В. Цырлина, Е. Б. Самойлова, И. Г. Коваленко

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТАВА ТЕЛА У ЛЮДЕЙ С НОРМАЛЬНОЙ И ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА

НИИ онкологии им. Н. Н. Петрова (дир. — член-корр. РАМН К. П. Хансон), Санкт-Петербург

Исследование состава тела — важный способ оценки гормонально-метаболического статуса человека, находящий широкое применение в эндокринологии и в ряде связанных с ней дисциплин. Здесь достаточно упомянуть о том, что состав тела — один из факторов, определяющих чувствительность тканей к инсулину, и что на основании состава тела могут быть выделены различные формы ожирения (связанные как с увеличением только жировой массы, так и с одновременным увеличением доли жира и безжировой (тощей) массы в теле) [4, 5, 10]. Существует пять различных уровней, на которых может изучаться состав тела (атомный, молекулярный, клеточный, тканевый, организменный) и которые все связаны между собой. Так, на соответствующих уровнях общее содержание углерода в теле, жир, жировые клетки, жировая ткань и толщина подкожного жирового слоя являются параметрами, так или иначе имеющими отношение к наличию или отсутствию ожирения [5]. С другой стороны, когда речь идет об оценке состава тела, то чаще всего условно предполагается, что тело представляет собой два “пространства” (компартамента), существенно различающихся по свойствам: а) жир (нейтральный жир и липиды тела) и б) свободная от жира масса. Условно допускается также, что “жировое пространство” безводно, не содержит калия и имеет плотность 900 кг/м³. “Безжировое пространство” (тощая масса) в свою очередь имеет плотность 1100 кг/м³, а содержание в нем калия находится в среднем на уровне 62 (у женщин) — 68 (у мужчин) мэкв/кг [4].

Тощая масса включает в себя кости, связки, сухожилия, базальные мембраны, однако ее наиболее активным и динамичным компонентом является мышечная ткань. Изменение объема последней при ряде физиологических и патологических состояний настолько типично, что наряду с гипертрофией был даже предложен термин “саркопения” для обозначения потери мышечной массы при некоторых заболеваниях, в том числе эндокринных [8].

Методы, используемые для оценки состава тела, могут быть подразделены на основании того, направлены ли они преимущественно на определение содержания жира или доли тощей массы в теле. С другой стороны, некоторые известные методы, хотя они и считаются весьма точными, требуют сложного лабораторного оборудования, что ограничивает возможность их широкого применения. В этом смысле метод биоэлектрического импеданса (БЭИ), имеющий достаточно долгую историю, но лишь недавно начавший применяться для оценки состава тела в том аспекте, о котором говорилось выше, и

ориентированный преимущественно на определение тощей (безжировой) массы, привлекает к себе внимание прежде всего своей относительной несложностью и неинвазивностью. Принципы данного метода изложены в ряде работ [6, 9]. Задача настоящего исследования сводилась к тому, чтобы сопоставить результаты двух других методов (нередко используемых до сих пор для оценки состава тела) у людей с нормальной и избыточной массой тела.

Материал и методы

Обследованы 32 женщины в возрасте от 21 года до 78 лет. У всех измеряли рост (в см) и массу (в кг).

На основании этих данных рассчитывали величину индекса Брока (в %):

$$\frac{\text{Масса, кг} - (\text{рост, см} - 100)}{\text{рост, см} - 100} \cdot 100$$

С помощью специального калипера (тип Harpenden) измеряли толщину подкожной жировой складки в 4 точках (на трицепсе, бицепсе, над лопаткой и на пересечении срединной подмышечной линии с крестцовой костью). На основании чего рассчитывали содержание жира в теле [3].

В моче, собранной в течение 24 ч, определяли содержание креатинина реакцией Яффе [2] и по формуле, рекомендованной для людей, питающихся *ad libitum* [1], рассчитывали величину тощей массы (в кг). Для измерения БЭИ всего тела использовали прибор ML 9402, изготовленный лабораторией АПРИ фирмы “Электронные медицинские системы” (Санкт-Петербург) с учетом методики, разработанной компанией “RJL Systems” (Детройт, США). Входная часть прибора была выполнена по схеме электроплетизмографа с четырехэлектродной системой измерения. Генератор тока обеспечивал следующие характеристики: частота — 50 кГц, действующее значение тока 800 мкА. Электроды, вводящие сигнал, размещались на границе фалангометакарпального сочленения тыльной поверхности правой руки и по середине метатарзальной дуги верхней стороны правой ноги, а детекторные электроды — вблизи гороховидной кости на задней поверхности правого предплечья и вентрально в области щиколотки правой ноги [9]. Прибор подключали к IBM-совместимому компьютеру, имеющему свободный последовательный порт RS232C, и для перехода от данных измерения электропроводности к величине, характеризующей тощую массу тела (в кг), использовали формулу, рекомендованную для женщин фирмой “RJL Systems”: тощая масса, кг = 5,091 + + 0,6483 (рост/сопротивляемость, Ом) + 0,1699 × масса (формула 1), а также формулы, скорректированные соответственно для женщин с нормальной (формула 2) и избыточной (формула 3) массой [9].

Статистическая обработка данных осуществлялась компьютеризованным методом с помощью стандартного пакета программ.

Результаты и их обсуждение

Средние данные, характеризующие основные изучавшиеся показатели у женщин с избытком массы тела (индексом Брока) меньше и больше 20% (по отношению к “идеальному” значению), представлены в табл. 1. Обе группы оказались близки по возрасту пробандов, и потому сравне-

Таблица 1

Основные антропометрические показатели у обследованных женщин при использовании различных методов исследования

Группа	Число больных	Возраст, годы	Масса тела, кг	Рост, см	Усредненный избыток массы тела, %	Тощая масса (в кг), определенная	
						по креатинину	с учетом толщины подкожных жировых складок
С избытком массы тела $< +20\%$	21	$49,5 \pm 3,2$	$61,3 \pm 1,6$	$160,7 \pm 1,0$	$+1,5 \pm 2,7$	$42,0 \pm 1,2$	$36,3 \pm 0,8$
С избытком массы тела $\geq +20\%$	11	$49,9 \pm 4,1$	$79,9 \pm 10,5^*$	$159,5 \pm 1,7$	$+34,2 \pm 3,9^*$	$45,5 \pm 4,1$	$43,9 \pm 2,3^*$

Группа	Тощая масса (в кг), определенная			Содержание жира в теле (в %), определенное			
	при оценке БЭИ			с учетом толщины подкожных жировых складок	при оценке БЭИ		
	формула 1	формула 2	формула 3		формула 1	формула 2	формула 3
С избытком массы тела $< +20\%$	$47,1 \pm 1,9$	$41,9 \pm 0,9$	$41,6 \pm 0,9$	$35,3 \pm 1,5$	$21,1 \pm 1,6$	$30,4 \pm 1,8$	$30,8 \pm 1,7$
С избытком массы тела $\geq +20\%$	$53,9 \pm 2,6$	$46,8 \pm 1,4^*$	$46,1 \pm 1,5^*$	$43,8 \pm 0,3^*$	$32,4 \pm 2,2^*$	$40,6 \pm 0,9$	$42,1 \pm 0,5^*$

* Отличие от данных у женщин с избытком массы тела $< +20\%$ достоверно ($p < 0,05$).

ние величины остальных показателей, свойственных этим группам, между собой вполне оправдано. Из табл. 1 следует, что женщины с избыточной массой тела достоверно отличаются от женщин с нормальной массой по величине тощей массы в том случае, если для оценки этого показателя учитывается толщина подкожных жировых складок или используются формулы 2 и 3 при измерении БЭИ; при оценке содержания жира в теле разница выявляется при использовании как сведений о толщине подкожного жирового слоя, так и всех трех формул, рекомендованных для преобразования значений БЭИ. В группе женщин с нормальной массой тела привлечение формул 2 и 3 давало значения величины тощей массы, промежуточные по отношению к результатам, полученным с помощью формулы 1 и измерения толщины подкожных жировых складок; в группе женщин с избыточной массой наблюдалась аналогичная закономерность. В группе женщин как с нормальной, так и с избыточной массой использование формулы 1 давало наименьшие значения содержания жира в теле; промежуточные значения были получены с помощью формулы 2 (см. табл. 1).

Проведенный корреляционный анализ выявил отсутствие связи между величиной тощей массы, рассчитанной на основании измерения БЭИ, с одной стороны, и определения содержания креатинина в моче — с другой (табл. 2). В то же время была обнаружена прямо пропорциональная зависимость между значениями тощей массы, полученными путем измерения БЭИ или пересчитанными на основании сведений о толщине подкожных жировых складок. Наиболее значимой эта зависимость оказалась у лиц моложе 50 лет, при индексе Брока от 0 до $+19\%$ и при использовании формулы 2 (см. табл. 2). Несколько иные закономерности были выявлены (табл. 3) при сопоставлении результатов оценки не величины тощей массы, а содержания жира в теле, полученных на основе измерения подкожного жирового слоя и БЭИ: выраженность связей (даже в случае их достоверности) не столь высока (за исключением возраста старше 50 лет), эти связи не выявляются при индексе Брока свыше

Таблица 2

Сопоставление (коэффициент линейной корреляции) результатов определения величины тощей массы по измерению БЭИ с данными двух других методов

Метод измерения тощей массы	Измерение БЭИ		
	формула 1	формула 2	формула 3
Определение креатинина в моче			
все обследуемые	0,07	0,14	0,10
Расчет на основании сведений о толщине жировых складок			
все обследуемые	0,83*	0,94*	0,88*
возраст > 50 лет	0,29	0,65	0,59
50 лет и моложе	0,89*	0,95*	0,89*
индекс Брока:			
$< 0\%$	0,34	0,82*	0,63
$> 0\%$	0,91*	0,96*	0,96*
$> 10\%$	0,91*	0,96*	0,96*
$> 20\%$	0,09*	0,95*	0,96*

Примечание. Здесь и в табл. 3 звездочкой отмечены статистически значимые различия ($p < 0,05$).

Таблица 3

Коэффициент корреляции между результатами определения содержания жира в теле по толщине подкожных жировых складок и данным измерения БЭИ

Метод определения содержания жира в теле	Измерение БЭИ		
	формула 1	формула 2	формула 3
Измерение толщины подкожных жировых складок			
все обследуемые	0,72*	0,87*	0,84*
возраст:			
> 50 лет	0,51	0,80*	0,79*
≤ 50 лет	0,80*	0,91*	0,86*
индекс Брока:			
$< 0\%$	0,39	0,70*	0,49
$> 0\%$	0,77*	0,70*	0,68*
$> +10\%$	0,74*	0,71*	0,73*
$> +20\%$	0,23	0,21	0,23

$+20\%$, а “преимущества” формулы 2 в целом менее заметны, чем по данным табл. 2.

По существу все методы прижизненного изучения состава тела у человека являются непрямыми. В связи с этим нередко возникает вопрос

об их точности и специфичности [7]. Ранее было показано, что данные метода изучения состава тела (величина тощей массы) путем измерения БЭИ с высокой степенью достоверности коррелируют с результатами измерения тощей массы с помощью денситометрии [6]. В результате настоящей работы выяснилось, что хотя средние (групповые) абсолютные значения, характеризующие величину тощей массы при измерении БЭИ и экскреции креатинина, практически совпадают (см. табл. 1), коррелятивной связи между этими данными не отмечается. В то же время данные, полученные путем измерения БЭИ и толщины подкожного жирового слоя, коррелируют весьма значимо, причем, когда речь идет о величине тощей массы, эта корреляция выражена в большей степени, чем когда определяется содержание жира в теле. Помимо этого, степень данной взаимосвязи модифицируется в зависимости от возраста обследуемых и, отчасти, от величины индекса Брока (см. табл. 2, 3). Не все формулы, рекомендованные для пересчета данных измерения БЭИ, оказались, по нашим наблюдениям, пригодными в этих целях. В целом же использование БЭИ для изучения состава тела представляется удобным, надежным и адекватным методом, который может широко применяться в эндокринологической практике (ожирение, болезни щитовидной железы, корковой части надпочечников и т.д.) в процессе диагностики и лечения больных и при исследовании различных типов макросомии [1].

Выводы

1. Использование метода БЭИ позволяет оценить величину тощей (безжировой) массы, и полученные при этом данные коррелируют в большей степени с результатами, основанными на измерении толщины подкожного жирового слоя, чем с результатами определения содержания креатинина в моче.

© Б. А. ЗЕЛИНСКИЙ, С. А. СОКУР, 1995

УДК 616-056.257-092:616.16-005-07

Б. А. Зелинский, С. А. Сокур

ПАТОФИЗИОЛОГИЯ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА ПРИ ОЖИРЕНИИ

Кафедра клинической эндокринологии (зав. — проф. Б. А. Зелинский) факультета усовершенствования врачей и лечебного факультета Винницкого государственного медицинского института им. Н. И. Пирогова

Роль нейроэндокринной системы в создании необходимого для жизни тканевого гомеостаза и гемокинеза делает проблему микроциркуляции при различных эндокринных заболеваниях особенно важной. Микрососудистое русло — конечное звено сердечно-сосудистой системы, где реализуется ее транспортная функция, обеспечивающая трансапиллярный обмен [4, 8, 9]. Этим и объясняется большое внимание, уделяемое исследованию микроциркуляции при сахарном ди-

2. Наиболее оптимальной из расчетных формул для перехода от результатов измерения БЭИ к величине тощей массы является формула К. Segal и соавт. [9] для лиц с нормальной массой тела.

3. Метод БЭИ может быть использован для оценки состава тела у больных с различной эндокринной патологией как до начала лечения, так и для контроля за его эффективностью при некоторых заболеваниях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берштейн Л. М. // Успехи соврем. биол. — 1991. — Т. 111. — С. 765-781.
2. Комаров Ф. И., Коровкин Б. Ф., Меньшиков В. В. Биохимические исследования в клинике. — М., 1981.
3. Durnin J. V. G. A., Womersley J. // Brit. J. Nutr. — 1974. — Vol. 32. — P. 77-97.
4. Forbes G. B. Human Body Composition: Growth, Aging, Nutrition and Activity. — New York, 1987.
5. Heymsfield S. B., Gallagher D., Poehlman E. T. // Exp. Geront. — 1994. — Vol. 29. — P. 377-389.
6. Lukaski H. C., Johnson P. E., Bolonchuk W. W., Lykken G. I. // Amer. J. clin. Nutr. — 1985. — Vol. 41. — P. 810-817.
7. Lukaski H. C. // Ibid. — 1987. — Vol. 46. — P. 537-556.
8. Roubenoff R., Kehayias J. J. // Nutr. Rev. — 1991. — Vol. 49. — P. 163-175.
9. Segal K. R., Van Loan M., Fitzgerald P. I. et al. // Amer. J. clin. Nutr. — 1988. — Vol. 47. — P. 7-14.
10. Yki-Jarvinen H., Koivisto V. A. // Diabetes. — 1983. — Vol. 32. — P. 965-969.

Поступила 08.12.94

L. M. Bershtein, Ye. V. Tsyrlina, Ye. B. Samoilova, I. G. Kovalenko - ASSESSMENT OF BODY COMPOSITION IN NORMAL-WEIGHING AND OBESE SUBJECTS BY THE BIOELECTRICAL IMPEDANCE METHOD

Summary. Body composition (lean mass, fat content) was assessed in 32 women aged 21 to 78 by measuring the thickness of subcutaneous fat in 4 typical sites and urinary excretion of creatinine, and estimating whole-body bioelectrical impedance (BI) by tetrapolar analyzer attached to personal computer. Results of BI measurements better correlated with body composition values assessed from the thickness of subcutaneous fat (particularly so in subjects aged under 50 and with Broca's index from 0 to +19%). Hence, BI assessment may be used to evaluate body composition in patients with various endocrine diseases before the treatment and to monitor its efficacy in some diseases.

абете [2], атеросклерозе, ишемической болезни сердца [5, 7, 10].

Известно, что одним из важнейших этиопатогенетических факторов развития указанных заболеваний является ожирение [1, 3, 6]. В то же время на фоне многочисленных работ по исследованию функционального состояния мышц сердца, сердечно-сосудистой системы в целом при ожирении остается малоизученным микроциркуляторное русло, что, несомненно, влияет