

© С.Е. Байбаков, Н.С. Бахарева, Н.С. Чупрунова и Ю.Р. Шейх-Заде, 2014
УДК 572.512

С.Е. Байбаков, Н.С. Бахарева, Н.С. Чупрунова и Ю.Р. Шейх-Заде

МОРФОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕНДЕРНЫХ РАЗЛИЧИЙ В ТЕЛОСЛОЖЕНИИ ЧЕЛОВЕКА

Кафедра нормальной анатомии (зав. — проф. С.Е. Байбаков), Кубанский государственный медицинский университет, г. Краснодар

У 154 девушек и 58 юношей в возрасте от 17 лет до 21 года определяли новый индекс массы тела $ИМТ_2 = M/H^3$, индекс формы тела $ИФТ = S/M^{2/3}$, индекс телосложения $ИТ = (M/H^3)^{1/2}$ и индекс упитанности $ИУ = M/HC^2$, где S — окружность запястья, а H , M и S — длина, масса и площадь тела человека. При этом было показано, что все перечисленные индексы обнаруживают высокосignификантные гендерные различия, если в каждом из них вместо массы использовать условный объем тела, получаемый делением фактической массы тела на ее среднестатистическую плотность, составляющую $1,064 \text{ кг/дм}^3$ у мужчин и $1,034 \text{ кг/дм}^3$ — у женщин.

Ключевые слова: *новый индекс массы тела, индекс формы тела, индекс телосложения, индекс упитанности организма, условный объем тела*

Согласно классификации М.В. Черноруцкого [2], все люди делятся на астеников (АС), нормостеников (НС) и гиперстеников (ГС) в зависимости от соотношения продольно-поперечных размеров тела.

Более подробный анализ типов телосложения [3] позволил выделить нормально, избыточно и недостаточно упитанных АС, НС и ГС, а также нормально упитанных полу-АС и полу-ГС (всего 11 вариантов).

Теоретической и методической базой для такого деления явились специальные соматические показатели, наиболее важными из которых оказались новый индекс массы тела ($ИМТ_2$), впервые отмеченный среди аналогов под №5 [3], а также найденные вместе с ним индекс телосложения (ИТ) и индекс упитанности организма (ИУ).

При этом за рамками обсуждения новых индексов остались гендерные различия телосложения человека, а также способы их выявления при одновременном обследовании крупных и мелких субъектов разного пола, различающихся между собой по типу телосложения и уровню упитанности организма. В связи с этим целью данной работы явилось методическое решение указанной проблемы, предполагающее максимальную нейтрализацию всех факторов, способных исказить реальные гендерные различия в телосложении человека.

Методика исследования. У 179 студенток и 67 студентов II курса медицинского университета выясняли возраст (A , годы), измеряли длину тела (H , см), массу тела (M , кг) и окружность запястья ведущей руки (C , см). Затем обе выборки были подвергнуты статистической выбраковке по всем перечисленным показателям в соответствии с правилом 3 сигм, сократившей количество изучаемых девушек и юношей до 154 и 58 человек.

У всех оставшихся студентов определяли традиционный индекс массы тела $ИМТ_1 = M/H^2 \text{ (кг/м}^2\text{)}$ [6, 7, 10], $ИМТ_2 = M/H^3 \text{ (кг/м}^3\text{)}$, $ИТ = (M/H^3)^{1/2} \text{ (усл.ед.)}$, $ИУ = M/HC^2 \text{ (кг/дм}^3\text{)}$, площадь тела $S = d(MH)^{1/2} \text{ (см}^2\text{ при «d», равном 165,0 у мужчин и 166,1 у женщин)}$ [4], а также индекс формы тела $ИФТ = S/M^{2/3} \text{ (усл. ед.)}$. Последний из приведенных показателей является аналогом коэффициента «с» в известном уравнении $S = cV^{2/3} = c(M/D)^{2/3}$, где D — плотность тела. Согласно этому уравнению, площадь любого тела прямо пропорциональна корню III степени из его объема в квадрате, а коэффициент «с», при этом, есть показатель формы данного тела и всех его изомеров (т. е. геометрически подобных тел). Если же сравниваются алломеры (т. е. объекты, отличающиеся по форме тела), то коэффициент «с» принимает строго индивидуальное значение для каждого тела даже при полном совпадении объема этих тел. При этом замена показателя объема на параметр массы никак не нарушает сущность обсуждаемого уравнения (но только при одинаковой плотности всех изучаемых тел!), а получаемый таким образом ИФТ ведет себя так же, как коэффициент «с».

Наряду с перечисленными параметрами формы тела, учитывали количество наблюдений (n), их среднее арифметическое значение ($\bar{X}_n$), стандартную ошибку ($s_{\bar{x}}$), а также показатели значимости (P) наблюдаемых различий. За возрастную и соматическую норму всех показателей принимали интервал $1,00 \pm 0,10 \bar{X}_n$ [3].

Сведения об авторах:

Байбаков Сергей Егорович (e-mail: bse.mail@mail.ru), Бахарева Нина Семеновна (e-mail: bahareva_1955@mail.ru), кафедра нормальной анатомии; Чупрунова Наталья Сергеевна (e-mail: chuprunova_nataly@mail.ru), студентка III курса, Шейх-Заде Юрий Решадович (e-mail: yurh@rambler.ru), кафедра нормальной физиологии, Кубанский государственный медицинский университет, 350063, Краснодар, ул. Седина, 4

Результаты исследования. Суммарные итоги исследования представлены в *табл. 1*, согласно которой из всех соматических индексов (ИМТ₁, ИМТ₂, ИФТ, ИТ, ИУ) значимые гендерные различия обнаруживают только ИМТ₁ и ИУ организма, причем сдвиги обоих показателей имеют при этом прямо противоположный характер. В связи с этим более информативным представляется сопоставление не просто однополых выборок, состоящих из разнообъемных и разноупитанных АС, НС и ГС, а объективно выявленных в каждой выборке субъектов одинакового типа телосложения, например, нормально упитанных нормостеников (НОУНС), классификационными признаками которых служат нормальные значения ИМТ₂, ИТ и ИУ.

При использовании такого подхода сохраняется парадоксальная динамика ИМТ₁ и подчеркнутое постоянство ИФТ, но, в то же время, становятся значимыми гендерные отличия ИМТ₂ и ИТ (*табл. 2*), что можно объяснить высоким уровнем изомеризации субъектов, оказавшихся в строго стандартизированных НОУНС-группах.

Чтобы проверить это предположение, все НОУНС-девушки (n=71) были разделены на 2 выборки относительно среднего значения длины тела, указанного в *табл. 2*. В результате были получены 2 подгруппы одинаково сложенных девушек (*табл. 3*), позволяющие подтвердить или

опровергнуть их соответствие правилу геометрического подобия, согласно которому увеличение линейных размеров тела в (n) раз увеличивает площадь и объем получаемого изомера уже в (n²) и (n³) раза. Поэтому изменение среднего значения длины тела между подгруппами в 1,056 раза должно было увеличить среднюю площадь и средний объем (а также массу) тела, соответственно, в 1,115 и 1,178 раза, т. е. до 16 888 см² и 61,24 кг. Как показали реальные измерения (*см. табл. 3*), оба показателя действительно выросли до 16 882 см² и 61,19 кг, что всего на 0,04 и 0,08% отличало их от теоретически предсказанных результатов. В то же время, все новые соматические индексы, как и следовало ожидать, приняли одинаковые значения как у мелких, так и у крупных девушек-изомеров.

Таким образом, изомеризация обследуемых субъектов явно способствует выявлению гендерных различий в телосложении человека (*см. табл. 2*). Но в то же время, это обстоятельство никак не отражается на индексе формы тела: $ИФТ = S/M^{2/3} = S/(VD)^{2/3}$, основной задачей которого как раз и является отражение различий объема, площади и внешней формы тела. Однако для определения объема тела по его массе необходимо знание средней плотности тела: $D = M/V$, составляющей в среднем 1,064 кг/дм³ для мужчин и 1,034 кг/дм³ для женщин.

Таблица 1

Сравнительная морфометрическая оценка недифференцированных по телосложению девушек и юношей

Группы	СП	А	Н	М	С	S	ИФТ	ИМТ ₁	ИМТ ₂	ИТ	ИУ
Девушки, n=154	$\bar{x}$	18,80	164,3	56,5	15,30	15 878	10,80	20,91	12,74	3,560	1,470
	$\pm s_{\bar{x}}$	0,10	0,5	0,6	0,10	100	0,020	0,19	0,12	0,020	0,010
Юноши, n=58	$\bar{x}$	18,80	177,1	69,3	17,20	18 227	10,86	22,1	12,48	3,52	1,320
	$\pm s_{\bar{x}}$	0,10	1,0	1,5	0,10	225	0,04	0,4	0,25	0,04	0,020
	Δ	0	7,8**	22,5**	12,4**	14,8**	0,5	5,5*	2,1	1,1	11,3**

Примечание. Здесь и в *табл. 2–4*: СП — статистические показатели; Δ — гендерные различия показателей в процентах. Единицы измерения указаны в методике.

*, ** — значимость различий при $P < 0,05$ и $P < 0,001$ соответственно.

Таблица 2

Сравнительная морфометрическая оценка девушек и юношей, отнесенных к нормально упитанному нормостеническому типу телосложения

Группы	СП	А	Н	М	С	S	ИФТ	ИМТ ₁	ИМТ ₂	ИТ	ИУ
НОУНС-Д, n=71	$\bar{x}$	18,80	164,5	56,6	15,30	16 021	10,880	20,86	12,68	3,560	1,470
	$\pm s_{\bar{x}}$	0,10	0,7	0,8	0,10	139	0,010	0,15	0,08	0,010	0,010
НОУНС-Ю, n=27	$\bar{x}$	18,80	176,9	67,5	17,00	18 017	10,880	21,51	12,17	3,490	1,320
	$\pm s_{\bar{x}}$	0,20	1,4	1,6	0,10	284	0,020	0,26	0,14	0,020	0,020
	Δ	0	7,5**	19,2**	11,1**	12,5**	0	3,1*	4,2**	2,1**	11,4**

Примечание. Здесь и в *табл. 4*: НОУНС-Д и НОУНС-Ю — нормально упитанные нормостеники-девушки и нормально упитанные нормостеники-юноши.

Исходя из этого условия, все соматические индексы, включающие параметр массы, были трансформированы в объем-учитывающие аналоги (табл. 4) путем деления фактической M на его среднестатистическую плотность (D_{cp}) для получения условного (т. е. индивидуально предполагаемого) объема тела. Как видно из табл. 4, последнее сразу выявило гендерные различия всех изучаемых показателей, за исключением $ИМТ_1$, который, наоборот, полностью утратил при этом все признаки полового диморфизма.

Обсуждение полученных данных. Анализируя гендерные характеристики $ИМТ_1$ [6, 7, 10], нельзя не отметить, что он широко используется в качестве основного индекса, рекомендованного ВОЗ для оценки упитанности человека [8, 9, 11], которая, как известно, у мужчин выражена в меньшей степени, чем у женщин [1]. Однако простое сопоставление $ИМТ_1$ у нормально сложенных юношей и девушек сразу показывает, что гендерные различия этого показателя имеют парадоксальный характер и отражают не упитанность или половой диморфизм телосложения, а четко выраженную зависимость самого индекса от роста даже у строго стандартизированных изомеров одного пола и возраста.

И наконец, при максимальной коррекции условий исследования $ИМТ_1$ неожиданно утрачивает все «гендерные» особенности, что лишний раз указывает на несостоятельность этого показателя,

имеющего сугубо эмпирическое и поэтому практически необъяснимое происхождение [3].

Между тем, при строгом математическом описании зависимости длина тела-масса тела (или длина тела—объем тела) выясняется, что более правильным индексом массы тела является не $ИМТ_1$, а $ИМТ_2$ [3–5], полностью лишенный недостатков прототипа и отражающий не степень упитанности или тип телосложения организма, а избыток или недостаток реальной M по отношению к его должной (нормостенической) массе (M_d), описываемой уравнением $M_d = kH^3$, где k — среднестатистический (т. е. по сути дела — видовой) $ИМТ_2$, учитывающий половые, возрастные и онтогенетические особенности телосложения человека.

Следующим фактором, мешающим изучению гендерных различий телосложения, является традиционный методический подход, согласно которому во всех антропометрических исследованиях вместо обязательного геометрического понятия объема тела ($дм^3$) ошибочно используется неадекватный физический параметр массы ($кг$), что можно делать только условно и только при округлении плотности тела до $1,000 кг/дм^3$ у каждого человека, а также при полном понимании того, что эта процедура изначально создает индивидуальное завышение предполагаемого объема тела ($V=M/D$), составляющее в среднем 6,4% у нормально упитанных мужчин и 3,4% — у таких же женщин.

Таблица 3

Сравнительная морфометрическая оценка мелких и крупных девушек-изомеров, отнесенных к нормально упитанному нормостеническому типу телосложения

Группы	СП	A	H	M	C	S	ИФТ	$ИМТ_1$	$ИМТ_2$	ИТ	ИУ
М-НОУНС-Д, n=35	$\bar{x}$ $\pm s_{\bar{x}}$	18,70 0,10	160,0 0,6	52,0 0,7	14,80 0,10	15 135 124	10,880 0,020	20,29 0,20	12,69 0,13	3,560 0,020	1,480 0,010
К-НОУНС-Д, n=36	$\bar{x}$ $\pm s_{\bar{x}}$	18,90 0,10	169,0 0,6	61,2 0,8	15,80 0,10	16 882 139	10,880 0,020	21,41 0,19	12,67 0,11	3,560 0,020	1,460 0,010
	Δ	1,1	5,6**	17,8**	6,8**	11,5**	0	5,5**	0,2	0,1	1,1

Примечание. М-НОУНС-Д и К-НОУНС-Д — мелкие и крупные нормально упитанные нормостеники-девушки.

Таблица 4

Объем-учитывающие морфометрические характеристики девушек и юношей, отнесенных к нормально упитанному нормостеническому типу телосложения

Группы	СП	A	H	V	C	S	ИФТ	$ИМТ_1$	$ИМТ_2$	ИТ	ИУ
НОУНС-Д n=71	$\bar{x}$ $\pm s_{\bar{x}}$	18,80 0,10	164,5 0,7	55,0 0,75	15,30 0,1	16 021 139	11,130 0,01	20,17 0,15	12,26 0,08	3,500 0,01	1,420 0,01
НОУН-Ю, n=27	$\bar{x}$ $\pm s_{\bar{x}}$	18,80 0,20	176,9 1,4	63,5 1,5	17,00 0,10	18 017 284	11,340 0,020	20,21 0,24	11,44 0,13	3,380 0,020	1,240 0,010
	Δ	0	7,5**	15,9**	11,1**	12,5**	1,9**	0,2	7,2**	3,6**	14,5**

При моногендерных исследованиях эта погрешность принимает системный, т. е. всеобщий характер и поэтому не отражается на сути получаемых выводов. Однако при сравнительном исследовании разнополых субъектов указанный компромисс становится невозможным, и единственным выходом из положения оказывается определение в каждом случае условного (т. е. предполагаемого) объема тела путем деления фактической массы тела на его среднестатистическую плотность $D_{\text{ср}}$.

Как показывает анализ, такой методический прием также допускает вероятность небольшой индивидуальной погрешности условного объема, особенно в случае ожирения или исхудания изучаемого субъекта, когда индивидуальная плотность тела оказывается чуть ниже или чуть выше, чем используемая для расчетов среднестатистическая плотность. Однако получаемая при этом системная погрешность условного объема тела всегда будет стремиться к нулю, приближая средневывборочный условный объем тела (V_n) к его реальному значению, вытекающему из уравнения: $V_n = M_n / D_{\text{ср}}$, где M_n — средневывборочная масса тела.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно констатировать целесообразность использования во всех антропометрических исследованиях условного объема тела, получаемого делением фактической массы организма на усредненный поправочный коэффициент, составляющий 1,034 кг/дм³ для женщин и 1,064 кг/дм³ — для мужчин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Человек: медико-биологические данные. Международная комиссия по радиологической защите. Публикация №23. М., Медицина, 1977.
2. Черноруцкий М.В. Учение о конституции. В кн.: Частная патология и терапия внутренних болезней. Под ред. Г.Ф.Ланга и Д.Д.Плетнева. М., Л., Госиздат, 1928, т. 4, с. 171.
3. Шейх-Заде Ю.Р. Морфометрическая оценка относительного содержания жировой ткани в организме человека. Морфология, 2012, т. 142, вып. 6, с. 77–81.
4. Шейх-Заде Ю.Р. и Галенко-Ярошевский П.А. Математическая модель площади тела человека. Бюл. exper. биол., 2000, т. 129, № 3, с. 356–357.
5. Шмидт-Ниельсен К. Размеры животных: почему они так важны? М., Мир, 1987.
6. Eknoyan G. Adolphe Quetelet (1796–1874) – the average man and indices of obesity. Nephrol. Dial. Transplant., 2008, v. 23, № 1, p. 47–51.
7. Keys A., Fidanza F., Karvonen M.J. et al. Indices of relative weight and adiposity. J. Chronic Diseases, 1972, v. 25, p. 329–343.
8. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO Technical Report Series 894. Geneva, WHO, 2000.
9. Physical Status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. WHO Technical Report Series 854. Geneva, WHO, 1995.
10. Quetelet A. (1832). Цит. по: G.Eknoyan (2008) и A.Keys, F.Fidanza, M.J.Karvonen et al. (1972).
11. The Practical Guide: Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults. Final Version. NIH Publication, October 2000, Number 00–4084.

Поступила в редакцию 07.12.2013

Получена после доработки 27.12.2013

MORPHOMETRIC ASSESSMENT OF GENDER DIFFERENCES IN HUMAN CONSTITUTION

S.Ye.Baibakov, N.S.Bakhareva, N.S.Chuprunova, Yu.R.Sheikh-Zade

In 154 girls and 58 young men aged 17–21 years, a new body mass index ($BMI_2 = M/H^3$), body form index ($BFI = S/M^{2/3}$), body build index [$BBI = (M/H^3)^{1/2}$], and body fatness index ($BFI = M/HC^2$) were determined; in which C, H, M, S correspond to the wrist circumference, body height, body mass and body area. It was shown that all the indices mentioned demonstrated highly significant gender differences if calculation of each of them was based, not on the body mass, but on a conventional body volume obtained by division of the factual body mass by the average statistical body density corresponding to 1.064 kg/dm³ in men and 1.034 kg/dm³ in women.

Key words: *new body mass index, body form index, body build index, body fatness index, conventional body volume*

Department of Normal Anatomy, Kuban' State Medical University, Krasnodar