

Анисимова А.В.

*МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии,
125009, ул. Моховая, д. 11, Москва, Россия*

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФОРМУЛ МАТЕЙКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИРОВОЙ КОМПОНЕНТЫ МАССЫ ТЕЛА. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ)

Введение. Одним из современных методов оценки физической работоспособности человека является компонентный анализ массы тела. Он нашел широкое применение в медицине и спортивной антропологии. В начале прошлого века с целью оценки физической работоспособности чешский анатом Й. Матейка разработал формулы для расчета компонентов массы тела. Оценка массы жировой ткани основывалась на измерении шести кожно-жировых складок. В 70-е годы прошлого века отечественные антропологи Н.Ю. Лутовинова, М.И. Уткина и В.П. Чтецов модифицировали формулу Матейки для оценки массы жировой ткани, предложив использовать набор из восьми складок. В настоящее время используются оба способа расчета. Представляется важным оценить различия в получаемых оценках средней толщины кожно-жирового слоя и массы жировой ткани по формуле Матейки на основе двух указанных подходов.

Материал и методы. Для данной работы были взяты измерения кожно-жировых складок русских детей и подростков обоего пола 7-17 лет, общей численностью 1103 человека, собранные в ходе поперечного комплексного антропологического обследования школьников города Москвы. Был использован корреляционный анализ и анализ согласованности Бланда-Альтмана для оценки различий значений средних кожно-жировых.

Результаты и обсуждение. В обследованной группе выявлены статистически достоверные различия средней толщины кожно-жировой складки между исходным набором из 6 кожно-жировых складок, предложенным Й. Матейкой и модификацией метода (8 складок) Н.Ю. Лутовиновой с соавторами. Выявленные различия существенно повлияли на итоговые оценки массы жировой ткани. Однако полученные оценки оказались высоко скоррелированы и согласованы, на основании чего были предложены формулы пересчета между ними.

Заключение. При использовании формул Матейки необходимо давать развернутое описание методики измерения кожно-жировых складок, учитывая влияние выбора кожно-жировых складок на итоговую оценку массы жировой ткани.

Ключевые слова: биологическая антропология; антропометрия; физическое развитие; кожно-жировые складки; состав тела

Введение

Определение компонентов массы тела является частной задачей физической антропологии по изучению уровня физического развития и физической работоспособности. В настоящее время эта задача обрела насущное практическое значение. В условиях эпидемии ожирения [Obesity: preventing and ..., 1997] важно иметь инструмент для оценки уровня жира. Также спортивная антропология нуждается в методах оценки компонентов массы тела. Особенности состава тела важно учитывать при начальном отборе кандидатов и при контроле тренировочного процесса. Жировая компонента – самая лабильная и быстрее других отражает изменения физической работоспособности.

Одним из первопроходцев в изучении состава тела был чешский ученый Й. Матейка, который в начале прошлого века предложил разделить массу тела человека на костную, мышечную, жировую компоненты и массу остатка. На основании анатомических данных он получил зависимости указанных компонентов массы тела от антропометрических показателей [Matiegka, 1921]. В данной работе мы остановимся на формуле расчета массы жировой ткани (МЖТ). Она была составлена по аналогии с формулами расчета плотности (удельного веса) тела [Башкиров, 1964]. Вычислялся объем подкожного жира вместе с кожей путем умножения площади поверхности тела (S) на среднее значение толщины кожно-жирового слоя (половина средней толщины кожно-жировых складок) (d). Зная плотность жировой ткани, можно получить массу подкожного жира. Однако Матейка включил в константу еще и величину внутреннего жира. Таким образом, его формула позволяет рассчитать массу жировой ткани:

$$\text{МЖТ} = d * S * k$$

где МЖТ в кг,

d в мм,

S в м²,

k=1,3.

В своей работе Матейка предложил использовать шесть кожно-жировых складок: на плече над бицепсом, на предплечье, на середине бедра, на голени, на груди в районе 10-го ребра, на животе.

Позднее советские антропологи Н.Ю. Лутовинова, М.И. Уткина и В.П. Чтецов в ходе изучения вариаций топографии жиротложения предложили пересмотреть набор кожно-жировых складок [Лутовинова с соавт., 1970]. Были добавлены кожно-жировые складки на трицепсе и на спине. Кожно-жировая складка на середине бедра была заменена на кожно-жировую складку на бедре в районе паховой складки. Складка на груди в районе 10-го ребра была заменена на складку над грудной мышцей (которая измерялась только у мужчин). Таким образом получился набор из восьми кожно-жировых складок для мужчин и семи для женщин.

За 100 лет, прошедших с момента публикации формул Матейки, было предложено множество формул для расчета уровня жиротложения. Были разработаны более совершенные методы, такие как гидроденситометрия и воздушная плетизмография (см. обзор в книге: [Мартыросов с соавт., 2006]). Однако формулы Матейки до сих пор применяются исследователями как на постсоветском пространстве [Гурбо с соавт., 2009; Чтецов с соавт., 2012], так и за рубежом [Nikolic, 2014; Sedlak et al., 2021]. При этом используются различные наборы кожно-жировых складок. Мы посчитали необходимым исследовать, в какой степени выбор складок влияет на оценки средней толщины кожно-жирового слоя и массы жировой ткани.

Материалы и методы

Для решения поставленной задачи были использованы данные поперечного комплексного антропологического обследования русских детей и подростков 7-17 лет, измеренных с 2004 по 2013 год в общеобразовательных школах Москвы, Архангельска и Архангельской области (Холмогоры, Матигоры и Емецк).

Измерения проводились сотрудниками лаборатории ауксологии НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова по стандартной антропометрической методике, принятой в НИИ и Музее антропологии [Бунак, 1941]. Кожно-жировые складки (КЖС) измерялись калипером GPM на спине (под лопаткой), на плече сзади (в области трицепса) и спереди (в области бицепса), на предплечье, на груди в области 10-го

ребра, на животе, над подвздошным гребнем кося, на бедре в верхней его части вдоль паховой складки латерально, на бедре в средней части на передней поверхности, на голени. В анализ вошли значения кожно-жировых складок 594 мальчиков и 509 девочек. Среднюю толщину кожно-жировых складок рассчитывали в двух вариантах: по схеме Матейки (КЖС6) и по модифицированной схеме Лутовиновой, Уткиной и Чтецова (КЖС8) с заменой складки на груди на складку над подвздошным гребнем (в связи с тем, что измерение кожно-жировой складки на груди очень болезненно у детей).

Все материалы были собраны с соблюдением правил биоэтики.

Статистическая обработка проводилась с использованием пакета статистических программ Statistica 6.0. Для анализа достоверности различий использовался непараметрический критерий Вилкоксона.

Результаты

Для начала была проведена оценка различий медианных значений средней толщины кожно-жировых складок в зависимости от возраста и пола (табл. 1). Во всех рассматриваемых возрастных подгруппах КЖС6 оказалась больше КЖС8. В среднем эта разница составила 0,6 мм у мальчиков и 0,9 мм – у девочек. Тест Вилкоксона показал, что эти различия достоверны у обоих полов во всех рассмотренных возрастах.

Несмотря на достоверность различий, оценки средней толщины кожно-жирового слоя имели очень высокий коэффициент корреляции. На рисунке 1 представлен график корреляционного поля значений КЖС6 и КЖС8.

Регрессионные уравнения имели следующий вид.

Для мальчиков:

$$\text{КЖС6} = 0,5445 + 1,020 \times \text{КЖС8}, \\ n = 594; r^2 = 0,97; p < 0,001; \text{SEE} = 0,637.$$

Для девочек:

$$\text{КЖС6} = 0,7203 + 1,024 \times \text{КЖС8}, \\ n = 509; r^2 = 0,98; p < 0,001; \text{SEE} = 0,651.$$

Для оценки согласованности значений КЖС6 и КЖС8 был построен график Бланда-Альтмана (рис. 2). На графике можно видеть, что значения

согласованы, но смещены от нуля вверх на 0,6 мм у мальчиков и 0,9 мм – у девочек.

Обсуждение

Формула Матейки для оценки массы жировой ткани вошла в антропологическую практику. При этом существуют расхождения между исследователями в количестве кожно-жировых складок, используемых для расчета, а также в методике взятия некоторых складок.

В ходе анализа данных было получено, что первоначальный набор из шести кожно-жировых складок дает достоверно большее среднее значение КЖС, чем набор из 8 складок в модификации Лутовиновой с соавторами. Необходимо понять, насколько это различие существенно. Цена деления калипера GPM, с помощью которого проводилось измерение кожно-жировых складок, составляет 0,2 мм. Индивидуальная техническая ошибка измерителя–эксперта колеблется в диапазоне 0,1–0,4 мм [Руднев с соавт., 2017]. Таким образом, полученные нами различия оказались выше точности показаний прибора и технической ошибки измерения. Из таблицы 1 можно видеть, что разность значений суммарной КЖС в рассматриваемой выборке составила около 10% от абсолютных значений КЖС. И, как следует из формулы Матейки, увеличение средней КЖС на 10% приведет к увеличению оценки МЖТ на 10%, что очень существенно.

Причина полученных различий средних значений КЖС может заключаться в топографии подкожного жиротложения. Лутовинова с соавт. отмечали, что кожно-жировая складка на середине бедра существенно толще, чем в верхней части бедра [Лутовинова с соавт., 1970]. Однако это наблюдение было сделано для взрослых. Это предположение требует дальнейшего исследования для детской части популяции.

Исходя из полученных результатов можно рекомендовать при необходимости сравнения значений МЖТ в двух группах, у которых были измерены разные наборы КЖС, производить пересчет с помощью уравнений регрессии. Однако такие уравнения не могут быть универсальными, так как в разных половозрастных и этнических группах топография жиротложения может существенно различаться [Лутовинова с соавт., 1970].

Таблица 1. Медианные значения КЖС6 и КЖС8 (мм) у обследованных детей и подростков
Table 1. Median values of the mean values of the sum of 6 and 8 skinfolds (mm) in the examined children and adolescents

Возраст, лет	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Среднее
<i>Мальчики</i>												
КЖС6	5,5	5,8	5,9	6,2	6,6	6,9	7,6	7,2	7,2	6,1	6,3	6,5
КЖС8	5,0	5,1	5,1	5,4	5,2	5,8	6,9	6,2	6,5	5,7	6,0	5,8
КЖС6 — КЖС8	0,5	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	0,9	0,6	0,5	0,4	0,3	0,6
<i>Девочки</i>												
КЖС6	5,5	6,5	7,5	7,1	7,6	7,9	10,3	10,9	12,1	12,5	11,0	8,6
КЖС8	4,9	5,8	6,4	6,0	7,0	7,0	8,6	10,0	10,6	11,4	9,6	7,7
КЖС6 — КЖС8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	0,9

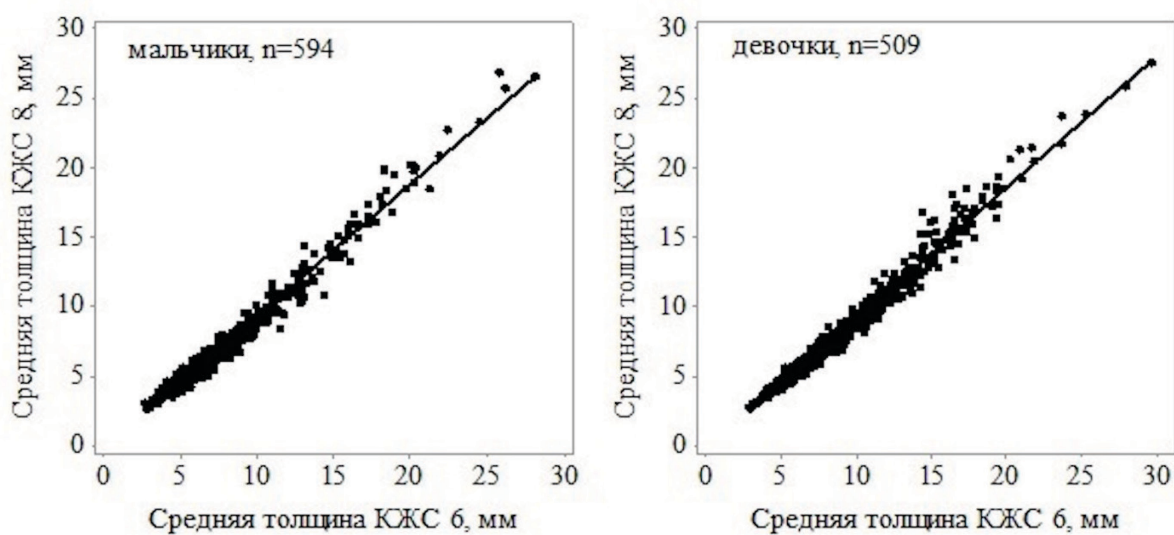


Рисунок 1. Корреляции средней толщины шести (КЖС6) и восьми (КЖС8) кожно-жировых складок (мм). Слева – мальчики, справа – девочки

Figure 1. Correlations of the average thickness of 6 and 8 skinfolds (mm). Left – boys, right – girls

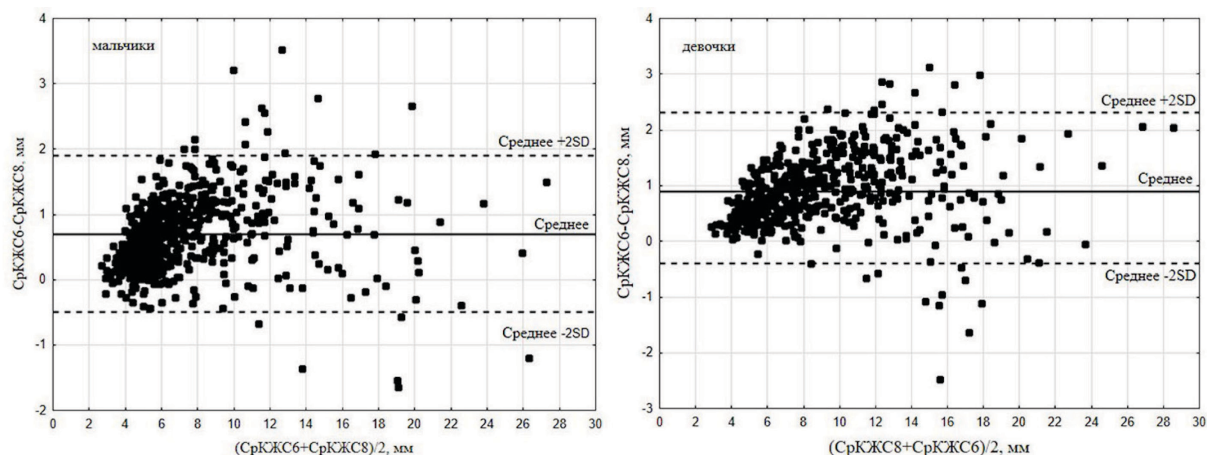


Рисунок 2. График Бланда-Альмана согласованности средних значений шести (КЖС6) и восьми (КЖС8) кожно-жировых складок (мм). Слева – мальчики, справа – девочки

Figure 2. Bland–Altman plots for comparing mean values of 6 and 8 skinfolds (mm). Left – boys, right – girls

Заключение

При использовании формул Матейки необходимо давать развернутое описание методики измерения кожно-жировых складок, учитывая влияние выбора кожно-жировых складок на итоговую оценку массы жировой ткани.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках плановой темы АААА-А19-119013090163-2 – «Антропология евразийских популяций (биологические аспекты)».

Библиография

Бунак В.В. Антропометрия. М.: Учпедгиз, 1941.
Башкиров П.Н. Удельный вес тела взрослых мужчин и факторы, определяющие его изменчивость // Ученые записки МГУ, 1954. Вып. 166. С. 3–27.

Гурбо Т.Л., Юримяз Т., Юримяз Я. Сравнительный анализ некоторых методов определения компонентов состава тела детей // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2009. № 2. С. 29–36.

Лутовинова Н.Ю., Уткина М.И., Чтецов В.П. Методические проблемы изучения вариаций подкожного жира // Вопросы антропологии, 1970. Вып. 36. С. 32–53.

Мартыросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука, 2006. 247 с.

Руднев С.Г., Анисимова А.В., Синдеева Л.В., Задорожная Л.В., с соавт. Методические вопросы изучения вариаций подкожного жира: сравнение различных типов калиперов // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2017. № 3. С. 4–26.

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.

Сведения об авторе

Анисимова Анна Викторовна,
ORCID ID: 0000-0003-4584-4867;
anna.anisimova.msu@gmail.com

Поступила в редакцию 02.03.2021,
принята к публикации 05.10.2021.

Anisimova A.V.

*Lomonosov Moscow State University, Anuchin Research Institute and
Museum of Anthropology, Mokhovaya st., 11, Moscow, 125009, Russia*

ABOUT THE USING OF MATIEGKA'S FORMULAS TO EVALUATE THE FAT COMPONENT OF BODY MASS. TECHNICAL RECOMMENDATIONS (SHORT COMMUNICATION)

Introduction. *Component analysis of body weight is one of the modern methods for assessing the physical performance of a human being. It has found wide application in medicine and sports anthropology. In order to assess physical efficiency, the Czech anatomist J. Matiegka developed formulas for assessing the body mass components. For calculating body fat, he chose a set of six skinfolds. Later, Russian anthropologists N.Yu. Lutovinova, M.I. Utkina and V.P. Chtetsov modified the method by suggesting a set of 8 skinfolds. Currently, both modifications of the formula for calculating body fat are used. It seems important to examine the differences in the estimates of the sum of skinfolds used to assess body fat in Matiegka's formula based on these two approaches.*

Materials and methods. *For this work were taken measurements of the skinfolds of Russian children and adolescents of both sexes 7-17 years old, with a total number of 1103 pupils. Was made a comparison of the mean values of the average skinfolds.*

Results and discussion. *In the investigated group significant differences in the average thickness of the skinfolds were revealed between the initial set of Matiegka and the modification of Lutovinova et al. The revealed differences significantly influenced the final estimates of the mass of body fat. However, the estimates obtained turned out to be highly correlated and with a high level of agreement, on the basis of which conversion formulas between them were proposed.*

Conclusion. When using Matiegka's formulas, it is necessary to give a detailed description of the method for measuring skinfolds, taking into account the influence of the choice of skinfolds on the final estimate of the fat mass.

Keywords: human biology; anthropometry; physical fitness; skinfolds; body composition

References

Bunak V.V. *Antropometriya* [Anthropometry]. Moscow, Uchpedgiz Publ., 1941. 368 p. (In Russ.).

Bashkirov P.N. Udel'nyy ves tela vzroslyh muzhchin i faktory, opredelyayushchie ego izmenchivost' [Body density of adult men and its variability factors]. In: *Uchyonye zapiski MGU* [Scientists notes of MSU], 1954, 166, pp. 3–27. (In Russ.).

Hurbo T., Jurimae T., Jurimae J. Sravnitel'nyy analiz nekotorykh metodov opredeleniya komponentov sostava tela detej [Comparative analysis of some of the methods of determining body mass components in children]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Anthropologiya], 2009, 2, pp. 29–36. (In Russ.).

Lutovinova N.Yu., Utkina M.I., Chtetsov V.P. Metodicheskie problemy izucheniya variacij podkozhnogo zhira [Methodological problems of studying subcutaneous fat variations]. *Voprosy antropologii* [Problems of Anthropology], 1970, 36, pp. 32–53. (In Russ.).

Martirosov, E.G., Nikolaev D.V., Rudnev S.G. *Tekhnologii i metody opredeleniya sostava tela cheloveka* [Technologies and methods for determining the composition of the human body]. M.: Nauka, 2006. 247 p. (In Russ.).

Rudnev S.G., Anisimova A.V., Sindeeva L.V., Zadorozhnaya L.V., Lukina S.S. et al. Metodicheskie voprosy izucheniya variacij podkozhnogo zhira: sravnenie razlichnykh tipov kaliperov [Methodological issues of studying variations in subcutaneous fat: a comparison of

different types of skinfold calipers]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Anthropologiya], 2017, 3, pp. 4–26. (In Russ.).

Chtetsov V.P., Negasheva M.A., Lapshina N.E. Izuchenie sostava tela u vzroslogo naseleniya: metodicheskie aspekty [The studying of body composition in adults: methodological aspects]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Anthropologiya], 2012, 2, pp. 43–52. (In Russ.).

Matiegka, J. The testing of physical efficiency. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1921, 4, pp. 223–230.

Nikolic S., Todorovska L., Maleska V., Dejanova B., Efremova L. et al. Analysis of Body Mass Components in National Club Football Players in Republic of Macedoni. *Med Arh.*, 2014, 68 (3), pp. 191–194. DOI: 10.5455/medarh.2014.68.191-194.

Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO Consultation on Obesity, Geneva, 3-5 June 1997. World Health Organization, 276 p.

Sedlak, P., Pärizková, J., Samešová, D., Musálek, M., Dvůráková, H., et.al. Secular Changes in Body Build and Body Composition in Czech Preschool Children in the Context of Latent Obesity. *Children*, 2021, 8 (18), 12 p. <https://doi.org/10.3390/children8010018>.

Information about Author

Anisimova Anna V., ORCID ID: 0000-0003-4584-4867; anna.anisimova.msu@gmail.com