

## Композиционный состав тела и его роль в развитии метаболических нарушений и сердечно-сосудистых заболеваний

Драпкина О. М.<sup>1</sup>, Купрейшвили Л. В.<sup>2</sup>, Фомин В. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины Минздрава России. Москва; <sup>2</sup>ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Москва, Россия

Существует много методов определения композиционного состава тела, но самыми достоверными являются такие, как компьютерная томография и магнитно-резонансная томография. Композиционный состав тела дает представление об объеме жировой ткани и ее распределении у пациентов с метаболическим синдромом (МС). Наличие МС повышает риск развития атеросклероза, артериальной гипертонии, сахарного диабета 2 типа; в результате существенно повышаются сердечно-сосудистая заболеваемость и смертность. МС ассоциируется с субклиническим поражением жизненно важных органов; роль абдоминального ожирения при этом достаточно

велика. Тем не менее, до настоящего времени нет единого мнения о значении висцерального и подкожного жира.

**Ключевые слова:** состав тела, метаболический синдром, висцеральный жир, подкожный жир.

Кардиоваскулярная терапия и профилактика, 2017; 16(5): 81–85  
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2017-5-81-85>

Поступила 27/02-2017

Принята к публикации 02/06-2017

### Body composition and its role in development of metabolic disorders and cardiovascular diseases

Drapkina O. M.<sup>1</sup>, Kupreyshvili L. V.<sup>2</sup>, Fomin V. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Research Center for Preventive Medicine of the Ministry of Health. Moscow; <sup>2</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health. Moscow, Russia

There are many methods of the body composition assessment, but the most relevant are computed tomography and magnetic resonance tomography. Composition of the body shows the rate of fat amount and distribution in metabolic syndrome (MS) patients. It is known that MS increases the risk of atherosclerosis, arterial hypertension, type 2 diabetes, with further significant increase of cardiovascular morbidity and mortality. MS is associated with subclinical damage of internal organs;

and the role of abdominal obesity is high. However, till recently there is no unified understanding of the role of visceral and subcutaneous fat.

**Key words:** body composition, metabolic syndrome, visceral fat, subcutaneous fat.

Cardiovascular Therapy and Prevention, 2017; 16(5): 81–85  
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2017-5-81-85>

ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМТ — индекс массы тела, КС — композиционный состав тела, КТ — компьютерная томография, МРТ — магнитно-резонансная томография, МС — метаболический синдром, ОТ — окружность талии, ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания, DEXA (dual-energy X-ray absorptiometry) — двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, MONW (metabolically obese, normal-weight) — пациенты с метаболическими признаками ожирения при нормальной массе тела, NWO (normal weight obesity) — ожирение с нормальным весом.

### Определение и классификация композиционного состава (КС) тела

За время существования термина “КС тела” в него включали различные компоненты, а определения и методы измерения менялись. Однако в настоящее время существуют общепринятая классификация и терминология, согласно которым в КС тела можно выделить пять отдельных уровней, связанных между собой: атомный, молекулярный, клеточный, тканево-органный и органный. Сумма всех компонентов на каждом уровне эквивалентна массе тела.

КС тела на атомном уровне включает в себя главным образом 11 основных элементов. Более 96% массы тела приходится на 4 элемента: кислород, углерод, водород и азот. Остальные важные элементы — кальций, калий, фосфор, сера, натрий, хлор и магний. Молекулярный уровень КС тела состоит из 6 основных компонентов: воды, липидов, белков, углеводов, костных минералов и минералов мягких тканей. Могут быть созданы различные модели тела, включающие от 2 до 6 компонентов. Двухкомпонентная модель, включающая жировую и безжировую массу, — одна из самых

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

Тел.: +7 (903) 764-47-04

e-mail: sensus6@mail.ru

[Драпкина О. М. — д.м.н., профессор, чл.-корр. РАН, и.о. директора, Купрейшвили Л. В. — аспирант, Фомин В. В. — д.м.н., профессор, зав. кафедрой факультетской терапии].

распространенных. Клеточный уровень организации КС тела включает в себя три компонента: клетку, внеклеточные твердые частицы и жидкости. Тканево-органный уровень организации КС тела состоит из главных компонентов: жировая ткань, скелетные мышцы, висцеральные органы и костная система. В терминологии КС жир и жировая ткань имеют различное значение, т.к. относятся к разным уровням организации КС. Несмотря на тот факт, что наибольшая часть жира находится в жировой ткани, он присутствует также в висцеральных органах и мышцах.

Компоненты жировой ткани тесно связаны со здоровьем, например, висцеральная жировая ткань связана с чувствительностью ткани к инсулину, метаболическим синдромом (МС) и сахарным диабетом 2 типа. Органный уровень может быть разделен на регионы, такие как, например, конечности, туловище и голова. Туловище и конечности чаще всего оцениваются антропометрическими методами и характеристиками — окружностями, толщиной складок, длиной.

Суммируя все вышесказанное, можно привести обобщенное определение КС, удовлетворяющее большинству исследований с его измерением: КС тела — это пропорциональное соотношение безжировой массы тела, в которую входят мышцы, костная ткань, внутренние органы, и жировой массы тела, включающей необходимые и запасаемые части жировой ткани [1].

## Методы оценки КС тела

### *Антропометрические методы*

До использования формул и таблиц, соотносящих вес и рост, ожирение диагностировали на основании субъективной оценки физического внешнего вида и абсолютной массы тела без учета роста. Предположение, что вес увеличивается пропорционально росту, было впервые доказано бельгийскими математиками в XIX веке. Соотношение веса и роста называли изначально индексом Кетле, теперь оно известно как индекс массы тела (ИМТ) [2]. ИМТ, который рассчитывают путем деления значения массы тела в кг на рост в м в квадрате ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ). Этот индекс часто используется в эпидемиологических исследованиях и рекомендован для скрининга при начальной оценке ожирения. Эпидемиологические исследования показали повышенные заболеваемость и смертность при  $\text{ИМТ} > 30 \text{ кг}/\text{м}^2$ . На каждые 5 единиц  $\text{ИМТ} > 25 \text{ кг}/\text{м}^2$  общая смертность увеличивается на ~30% [3].

Одновременно с ИМТ могут оцениваться другие антропометрические показатели. Окружность талии (ОТ) показала себя эффективным и простым параметром для определения центрального ожирения, коррелирующим с результатами визуализации брюшной полости и связанным с высоким риском

сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и смерти [4]. В результате определения МС адаптировали ОТ как альтернативный маркер абдоминального или центрального ожирения. ОТ измеряется в положении пациента стоя в конце выдоха, на уровне середины между нижним ребром и подвздошным гребнем.

Для оценки КС также используют метод измерения толщины кожных складок в разных областях тела. Такие измерения используются в семи и в трех точках. Однако недооценка жировой ткани по методу кожных складок увеличивается по мере повышения степени тучности человека. Кроме того, КС независимо изменяется с возрастом, что должно учитываться при измерениях. Расовая принадлежность также влияет на связь КС с оценкой по методу кожных складок.

### *Физические методы*

Метод инфракрасного отражения был изначально разработан для оценки количества жира, белков и воды в составе зерен и семян в сельском хозяйстве. Обнаружено, что уменьшение длины волны в этом методе позволяет оценивать КС путем измерения плотности в разных точках кожи. Исследование, по сравнению анализа состава тела в инфракрасном диапазоне с методом кожных складок и биоэлектрическим импедансом, показало точность оценки у женщин без ожирения, однако у очень худых женщин (<8% жира) содержание жировой ткани было переоценено на >4%, а у женщин с ожирением (>30% жира) результаты наоборот недооценивали жировую ткань на  $\geq 4\%$ . На точность определения также влияет цвет и тон кожи, что требует введения расозависимых поправок [2].

Для оценки КС также используется гидроденситометрия, известная как подводное или гидростатическое взвешивание, определяющая разницу в весе в воде и вне ее. В прошлом этот метод долгое время являлся “золотым стандартом” определения КС. По этому методу плотность человеческого тела колеблется от  $1,08 \text{ г}/\text{см}^3$  у очень подтянутых людей до  $1,03 \text{ г}/\text{см}^3$  при умеренном ожирении, а при крайней степени ожирения плотность может опускаться  $< 1,00 \text{ г}/\text{см}^3$ . В дальнейшем такая модель подверглась небольшой ревизии, для жировой ткани была принята плотность  $0,8888 \text{ г}/\text{см}^3$ , а для нежировой ткани —  $1,1033 \text{ г}/\text{см}^3$ ; из этих параметров рассчитывали степень ожирения. Были предложены поправки с учетом возраста, пола и этнической принадлежности, но ни одна из принятых моделей не оценивала индивидуальных различий в распределении жира в теле [2].

Для измерения КС также используется плетизмография вытеснения воздуха. Метод оценивает объем тела по вытесняемому им объему воздуха по закону Бойля. Метод оказался на одном уровне надежности с гидроденситометрией и двухэнерге-

тической рентгеновской абсорбциометрией. При этом отсутствуют необходимость погружения в воду, как при гидроденситометрии. В данном методе сохраняется недостаток, заключающийся в невозможности оценки распределения жира, т.к. определяется лишь общее его количество.

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия DEXA (dual-energy X-ray absorptiometry) интенсивно использовалась для изучения деминерализации костей и остеопороза и нашла применение в оценке жировой ткани тела. Рентгеновское излучение двух различных энергий позволяет отличить нежировые мягкие ткани от жира. Показано, что оценка жировой ткани методом DEXA хорошо сопоставима с 4-компарментной моделью тела, в которой жировая ткань вычисляется с использованием гидроденситометрии для оценки плотности тела, определения общей воды в теле. DEXA также используется для оценки регионарного распределения жира, при этом делается снимок на уровне между позвонками L1 и L4, результаты хорошо коррелируют с показателями измерений, которые проводили с помощью компьютерной томографии (КТ), хотя DEXA систематически недооценивает параметры в сравнении с КТ, и не может отличать подкожный жир от висцерального.

Общий уровень жира можно также оценить с помощью метода биоэлектрического импеданса, основанного на различной проводимости тканей организма, которая зависит от количества воды и растворенных электролитов. Жир и кости принимаются за относительно непроводящие электрический ток ткани. Обычно измеряется импеданс между двумя лодыжками или запястьями, оценивается общий уровень воды в теле и рассчитывается содержание жира с учетом приближения, что в теле без жира 73% воды. Оборудование для определения биоимпеданса просто в использовании, портативно и более доступно, чем DEXA, КТ или магнитно-резонансная томография (МРТ); оно дает немедленный результат и практически не представляет риска для пациентов, хотя и не рекомендуется для людей с кардиостимуляторами. Однако исследования показали, что правильность оценки жира в теле методом биоимпеданса зависит от пола, возраста, этнической принадлежности, сопутствующих болезней, уровня тучности, фазы менструального цикла, окружающих условий. Еще одним ограничением метода является ненадежная оценка распределения жира в организме [5].

Несмотря на то, что методы радиологической визуализации в основном используются для научно-исследовательских целей, они также доступны для оценки распределения жировой ткани и КС. Два наиболее часто используемых метода, КТ и МРТ, позволяют различать подкожную и висцеральную жировую клетчатку. Для сни-

жения цены и облучения при КТ обычно делается всего один снимок на уровне между позвонками L4 и L5, т.к. нет очевидных преимуществ определения жира на нескольких снимках при оценке метаболических нарушений. КТ позволяет также оценить накопление липидов в нежировой ткани, например, в мышцах или печени, т.е. так называемый эктопический жир [6].

Оценка региональной жировой ткани с помощью МРТ сопоставима с результатами КТ. Учитывая отсутствие радиологической нагрузки, метод МРТ становится более предпочтительным, когда необходимо сделать несколько повторных измерений у одного и того же человека или если исследуются дети. Этот метод также позволяет определять межмышечную жировую ткань и разделять тело на верхний и нижний сегменты. Однако использование МРТ ограничивается высокой стоимостью. КТ и МРТ не применимы к людям с крайней степенью ожирения [7].

## Типы ожирения

У многих людей с нормальным весом имеются метаболические нарушения, которые не могут быть объяснены толщиной кожной складки или объемом жировой массы. Существует гипотеза, что у таких пациентов причиной метаболических нарушений является большой размер адипоцитов. Эта группа была названа MONW (metabolically obese, normal weight), таким людям становилось лучше при соблюдении программ потери веса и ограничения энергопотребления [8]. После 4-12 нед. соблюдения диеты и режима физических упражнений у MONW-пациентов наблюдалось улучшение метаболических показателей.

В некоторых исследованиях высказано предположение, что основным объяснением метаболических нарушений у людей без лишнего веса служат распределение жировой ткани. Существуют такие подтипы ожирения, как ожирение со здоровым метаболическим профилем и ожирение с нормальным весом — NWO (normal weight obesity). В 2006г De Lorenzo A, et al. описал связь между сочетанием нормального веса и высокого процента содержания жира в организме с возможными метаболическими нарушениями [9]. Термин NOW применяется к тем пациентам, которые имеют нормальный вес и ИМТ  $<25 \text{ кг/м}^2$  в сочетании с повышенным процентом жира в организме  $>30\%$ . Некоторые исследователи предложили пороговые значения с учетом пола и возраста для определения NWO-пациентов. Значения процента жира в организме при нормальном ИМТ для мужчин и женщин должны составлять  $>19\%$  и  $>32\%$  в 20-39 лет,  $>21\%$  и  $>33\%$  в 40-59 лет,  $>24\%$  и  $>35\%$  в 60-79 лет, соответственно.

Важно, что MONW-пациенты представляют подгруппу всех NWO-пациентов. Очевидно, что

не все люди из группы NWO имеют метаболические нарушения. Однако не было четко определено, в какой степени метаболические нарушения у MONW-пациентов могут быть объяснены по отдельности повышенным количеством общей жировой ткани, большим процентным ее содержанием или повышенным количеством висцерального жира [10].

В 1982г было показано, что распределение жира в теле и размер жировых клеток служат важными маркерами метаболических осложнений при ожирении у женщин [11]. Позже стала известна роль висцерального жира при оценке связи локального распределения жировой ткани и толерантности к глюкозе у женщин с ожирением в перименопаузе. В последствии ОТ была предложена в качестве маркера абдоминального (центрального, яблоко-подобного, андроида, по верхнему типу) ожирения или висцерального ожирения и связанных с ними метаболических нарушений. Тем не менее, существуют данные, что ОТ не превосходит ИМТ в плане прогноза сахарного диабета; Ассоциация по коррекции массы тела и профилактике ожирения, Общество по ожирению, Американское общество по питанию и Американская ассоциация диабета критично отнеслись к клинической значимости ОТ. В 1997г Matsuzawa YM употребил термин “синдром висцерального жира” и обнаружил, что инсулинорезистентность была более тяжелой при висцеральном типе ожирения, чем при подкожном типе, поэтому он предположил, что подкожный жир может иметь некоторую защитную роль против негативных эффектов висцерального жира.

В Японии синдром висцерального жира был принят Экспертной комиссией по критериям МС в качестве японского МС. Однако концепция, признающая ожирение неотъемлемым компонентом МС, имеет серьезное противоречие, т.к. существует значительное количество людей MONW и только ~1/3 лиц с инсулинорезистентностью на самом деле страдают ожирением. В 2006г Reaven GM показал, что среди 19 оцениваемых им исследований только в 2 связь инсулин-опосредованного поглощения глюкозы с массой висцерального жира значимо отличалась от таковой связи с подкожным абдоминальным жиром [12].

В 2007г в рамках Фремингемского исследования сердца было показано, что вклад обоих видов жировой ткани в увеличение кардиометаболических рисков существенно не различается, и, что нельзя игнорировать подкожный жир в качестве фактора риска [13].

### **Влияние КС тела на сердечно-сосудистую систему**

Центральное ожирение связано с повышенной смертностью у взрослых с ишемической болезнью сердца (ИБС) и без таковой, даже при нормальном

ИМТ. Нормальный вес в сочетании с центральным ожирением, определенным по ОТ или соотношению ОТ и бедер у взрослых с ИБС связан с более высокой смертностью по сравнению с людьми, имеющими нормальный ИМТ без центрального ожирения, и с людьми, у которых диагноз ожирения поставлен на основании ИМТ независимо от состояния центрального ожирения. Более того, так называемый “парадокс ожирения”, когда пациенты с ИБС и ожирением по ИМТ имеют лучший прогноз, чем больные ИБС и нормальным весом, не наблюдается, если ожирение определяется по распределению жира.

У взрослого населения МС приводит к ухудшению функции эластичности сосудов по сравнению с контрольной группой. При анализе пульсовой волны у пациентов с МС выявлена пониженная эластичность сосудов, их увеличенная жесткость, повышенная толщина комплекса интима-медиа, а также обнаружена ухудшенная перфузия миокарда [14].

Ведущими факторами, способствующими формированию гипертрофии и ремоделирования миокарда левого желудочка у пациентов с МС и ИБС, являются артериальная гипертензия, инсулинорезистентность и ожирение. Критерии риска развития сердечно-сосудистых осложнений — это повышение свободного холестерина незатерифицированных жирных кислот, и снижение лецитин-холестеринового коэффициента, связанные с МС.

Показано, что состояние NWO связано с повышенной частотой ССЗ и общей смертностью; женщины с NWO в 2,2 раза чаще умирают от ССЗ, чем те, у которых содержание жира в организме нормальное. Повышенная смертность при этом является независимой от гипертензии, сахарного диабета и дислипидемии [15]. В совокупности с приведенными выше данными это делает актуальным определение КС для адекватной оценки содержания и распределения жировой ткани в организме и связанных с этим рисков. Целесообразным становится рассмотреть различные методы оценки КС с их преимуществами и недостатками.

### **Заключение**

Со временем исследование МС сконцентрировалось на двух направлениях. Одно из них делало акцент на важности массы тела, жировой ткани и ее распределения, а второе изучало эндокринно-воспалительную природу жировой ткани в свете МС. Обнаружение метаболически здоровых людей с избыточным весом и людей без ожирения с метаболическими нарушениями натолкнуло исследователей на мысль о роли распределения жира в организме и скрытых его компартментов. Было отмечено, что в развитии МС важную роль играет размер жировых клеток и накопление висцерального и эктопического жира, однако роль подкожного

жира в развитии метаболических осложнений оказалась не менее важна. Важно оценивать КС с определением общего, висцерального и подкожного процента жировой ткани в организме для определения риска развития и прогрессирования ССЗ и метаболических нарушений.

## Литература

1. Churchill Livingstone's Dictionary of Sport and Exercise Science and Medicine. Churchill Livingstone 2008; (1).
2. Cornier M, Després JP, Davis N, et al. Assessing adiposity: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2011; 124 (18): 1996-2019.
3. Whitlock G, Lewington S, Sherliker P, et al. Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies. *Lancet* 2009; 373 (9669): 1083-96.
4. Koning L, Merchant AT, Pogue J, et al. Waist circumference and waist-to-hip ratio as predictors of cardiovascular events: meta-regression analysis of prospective studies. *Eur Heart J* 2007; 28 (7): 850-6.
5. Dehghan M, Merchant AT. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutr J* 2008; 7 (26).
6. Meng K, Lee CH, Saremi F. Metabolic syndrome and ectopic fat deposition: what can CT and MR provide? *Acad Radiol* 2010; 17 (10): 1302-12.
7. Lee SY, Gallagher D. Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2008; 11 (5): 566-72.
8. Bershtejn LM, Kovalenko IG. "Metabolic healthy" persons with obesity and metabolic symptoms of obesity at persons with normal body weight: what stands behind it? *Endocrinology problems* 2009; 3: 47-51. Russian (Берштейн Л. М., Коваленко И. Г. "Метаболически здоровые" лица с ожирением и метаболические признаки ожирения у лиц с нормальной массой тела: что за этим стоит? *Проблемы эндокринологии* 2009; 3: 47-51).
9. Lorenzo A, Martinoli R, Vaia F, et al. Normal weight obese (NWO) women: an evaluation of a candidate new syndrome. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2006; 16 (8): 513-23.
10. Oliveros E, Somers VK, Sochor O, et al. The concept of normal weight obesity. *Prog Cardiovasc Dis* 2014; 56 (4): 426-33.
11. Drapkina OM, Korneeva ON. Metabolic syndrome and cardiovascular diseases at women: influence of a floor is how big? *Serdce* 2011; 4: 224-9. Russian (Драпкина О. М.; Корнеева О. Н. Метаболический синдром и сердечно-сосудистые заболевания у женщин: насколько велико влияние пола? *Сердце* 2011; 4: 224-9).
12. Reaven GM. The metabolic syndrome: is this diagnosis necessary? *Am J Clin Nutr* 2006; 83 (6): 1237-47.
13. Fox CS, Massaro JM, Hoffmann U, et al. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: association with metabolic risk factors in the Framingham Heart Study. *Circulation* 2007; 116 (1): 39-48.
14. Pino ADi, Alagona C, Piro S, et al. Separate impact of metabolic syndrome and altered glucose tolerance on early markers of vascular injuries. *Atherosclerosis* 2012; 223 (2): 458-62.
15. Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, et al. Normal weight obesity: a risk factor for cardiometabolic dysregulation and cardiovascular mortality. *Eur Heart J* 2010; 31 (6): 737-46.

Существует несколько подходов к определению КС, однако точно оценить уровни и распределение жира в организме помогают КТ и МРТ. К сожалению, их относительно высокая стоимость и наличие лучевой нагрузки при КТ ограничивают использование этих методов.