

# Методы оценки количества и распределения жировой ткани в организме и их клиническое значение

П.Л. ОКОРОКОВ\*, к.м.н. О.В. ВАСЮКОВА, д.м.н. А.В. ВОРОНЦОВ

ФГБУ «Эндокринологический научный центр» Минздрава РФ, Москва

В изучении патогенеза ожирения особое внимание уделяется оценке общего количества жировой ткани в организме и ее топографии. Определение количественного состава тела выделено в отдельное направление исследований, современный этап развития которого характеризуется появлением новых визуализирующих методов. Высокорастворимые технологии позволяют дифференцировать эктопическую, подкожную и висцеральную жировую ткань и оценивать ее количество, что особенно важно в свете данных о значимом вкладе висцерального ожирения в формирование сердечно-сосудистой патологии и метаболических нарушений. Понимание преимуществ, недостатков и ограничений различных методов оценки количества и распределения жировой ткани в организме дает возможность выбрать наиболее оптимальный.

*Ключевые слова:* ожирение, дети, МРТ, биоимпедансный анализ

## The methods for the characteristic of adipose tissue in the organism and their clinical significance

P.L. OKOROKOV\*, O.V. VASYUKOVA, A.V. VORONTSOV

Endocrinology Research Centre, Moscow, Russian Federation

Special attention in the studies of the pathogenetic mechanisms of obesity is given to the determination of the total amount of adipose tissue in the body and its topography. The quantification of the body composition requires special investigations that are currently performed with the use of new visualization techniques. The high-resolution technologies make it possible to differentiate between the ectopic, subcutaneous, and visceral adipose tissues and to determine their amounts. It is especially important in the light of the data suggesting the great contribution of visceral obesity to the development of cardiovascular pathology and metabolic disorders. The understanding of the advantages, disadvantages, and limitations of the methods for the quantification of the adipose tissue and determination of its distribution patterns in the body makes it possible to choose the optimal technique for the objectives of a given study.

*Key words:* obesity, children, MRT, bioimpedance analysis.

Жировая ткань представлена в разном количестве во всех тканях организма, а ее распределение зависит от множества факторов, включающих пол, возраст, этническую принадлежность, генетические особенности, уровень физической активности, характер питания. С развитием новых высокоразрешающих визуализирующих технологий появилась возможность оценки как общего количества жировой ткани в теле, так и исследования топографических особенностей ее распределения.

В настоящее время выделяют два подтипа интраабдоминальной жировой ткани с различными метаболическими характеристиками: подкожную (ПЖТ) и висцеральную (ВЖТ). Особый интерес представляет изучение именно висцерального отложения жировой массы, так как показана его взаимосвязь с высоким риском развития сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета 2-го типа (СД2), инсулинорезистентности (ИР) и дислипидемии. ВЖТ является источником ряда биологически активных пептидов, адипокинов (висфатин и др.). Адипонектин — уникальный «кардиопротективный

адипокин», снижение сывороточного уровня которого при прогрессировании ожирения является независимым фактором риска и предиктором сердечно-сосудистых заболеваний, метаболического синдрома (МС) и СД2 [1, 2]. Уровень адипонектина в сыворотке обратно пропорционален количеству ВЖТ и отрицательно коррелирует с основными компонентами МС [3]. Таким образом, именно висцеральное ожирение определяет высокий кардиометаболический риск, а оценка общего количества жировой ткани и ВЖТ (одномоментно и при динамическом наблюдении) приобретает особую актуальность.

Существует множество методов определения количества и распределения жировой ткани в организме. Наиболее распространенными в клинической практике являются те, которые не требуют больших временных затрат и дают быстрый результат. К ним относятся антропометрические методы и биоимпедансный анализ. Наряду с простыми, существуют более технологичные визуализирующие методики, такие как компьютерная томография (КТ) и

магнитно-резонансная томография (МРТ), при проведении которых возможна непосредственная визуализация жировой ткани и ее количественная оценка. Однако данные методы трудоемки и дороги, что ограничивает их широкое применение в клинической практике. У каждого из методов есть свои достоинства, недостатки и область применения, которые и будут рассмотрены в данном обзоре.

#### **Антропометрические методы**

Антропометрические методы являются самыми простыми и доступными для оценки количества жировой массы в организме.

**Индекс массы тела (ИМТ)** — наиболее широко используемый в клинической практике метод, характеризующий наличие ожирения и его выраженность. У взрослых лиц ИМТ  $>25$  кг/м<sup>2</sup> указывает на избыточную массу тела, а его значение  $>30$  кг/м<sup>2</sup> — на ожирение.

Н. Kvist и соавт. [4] показали, что ИМТ коррелирует с общим количеством жировой ткани, но не с ВЖТ. Недостатками ИМТ являются невозможность оценки количества тощей и висцеральной жировой массы. У детей использование ИМТ еще более затруднительно, так как возникает необходимость вносить поправки на пол и возраст (т.е. использовать перцентильные таблицы).

**Окружность талии (ОТ)** — другой антропометрический показатель, широко используемый во взрослой популяции для косвенной оценки висцерального ожирения. Существует как минимум 7 различных методик измерения ОТ. Она измеряется по середине расстояния между нижним ребром и краем гребня подвздошной кости согласно критериям международной группы по ожирению и ВОЗ (IOTF, WHO, 1997).

Показано, что ОТ коррелирует с количеством ВЖТ, определяемой с помощью КТ и МРТ. Согласно рекомендациям NCEP ATP III (National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III — Третья группа экспертов по лечению взрослых, Национальная образовательная программа по изучению холестерина), ОТ  $>88$  см у женщин и  $>102$  см у мужчин является признаком абдоминального ожирения и ассоциирована с высоким риском развития заболеваний. Международная диабетическая федерация (IDF — International Diabetes Federation) установила границу ОТ  $>94$  см у мужчин и  $>80$  см у женщин соответственно. Несколько стран разработали национальные перцентильные таблицы для оценки ОТ у детей. При этом следует отметить, что величины ОТ, характеризующие висцеральное ожирение в педиатрической популяции, значительно меньше, чем у взрослых [5].

**Коэффициент ОТ/ОБ и сагиттальный диаметр** (высота живота в положении пациента лежа на спине) являются дополнительными показателями, ис-

пользуемыми в клинической практике для оценки распределения жировой ткани (ЖТ) в теле. Показано, что ОТ и сагиттальный диаметр отражают степень висцерального ожирения, в то время как коэффициент ОТ/ОБ (отношение окружности талии и бедер) — степень развития подкожной жировой клетчатки. Значение коэффициента ОТ/ОБ  $>1$  у мужчин и  $>0,85$  у женщин указывает на преобладание ВЖТ. J. Kullberg и соавт. [6] показали, что ИМТ и сагиттальный диаметр положительно коррелируют с количеством ВЖТ, измеренным с помощью МРТ.

Все антропометрические методы являются индикаторами аккумуляции ВЖТ, однако не позволяют количественно оценить ее. К достоинствам всех антропометрических методик можно отнести простоту их выполнения и широкую доступность. Тем не менее все они обладают большой погрешностью измерений. Поэтому для оценки количества жировой массы и ВЖТ необходимо применение более точных методов.

#### **Биоимпедансный анализ**

**Биоимпедансный анализ (БИА)** — электрофизический метод, основанный на измерении электрического сопротивления тканей всего тела и отдельных его частей. По величине сопротивления исходно рассчитывается общее содержание воды в организме, а затем с помощью математических алгоритмов — количество тощей массы. Количество жировой массы получают, вычитывая безжировую массу из общей массы тела. Таким образом, на количественную оценку ЖТ с помощью БИА будет влиять количество воды в организме, которое зависит от пола, возраста, уровня физической активности и водной нагрузки, а также от погрешности при измерении массы тела. Все эти факторы значительно снижают точность данного метода. При сравнении результатов, полученных с помощью БИА, с данными двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДРА) у взрослых показана хорошая сопоставимость этих методов в определении количества жировой и тощей массы [7–10]. БИА несколько переоценивает количество жировой ткани в организме, в сравнении с ДРА, но достаточно точно отражает содержание тощей массы, особенно в отсутствие ожирения [11].

Преимуществами метода являются его невысокая стоимость и доступность, отсутствие лучевой нагрузки и возможность проведения исследований в динамике. БИА позволяет оценить как общее количество жировой и тощей массы в организме, так и его регионарное распределение. Как и антропометрические методы, БИА не дает возможности напрямую оценить количество ВЖТ и ПЖТ, однако последние поколения анализаторов состава тела позволяют математически рассчитать объем ВЖТ. По

возможностям оценки общего содержания жировой массы в организме данный метод значительно превосходит антропометрические, но существенно уступает другим высокоразрешающим методам. В педиатрической практике отсутствует единый стандарт проведения исследований и нормативы для различных показателей БИА. Данные о сопоставимости результатов БИА и ДРА у детей крайне противоречивы. Ряд авторов [11—14] указывают на их сопоставимость, особенно при определении количества тощей массы, а также у детей с ожирением, так и без избытка массы тела. Другие [15, 16] считают, что данные методы не эквивалентны и не взаимозаменяемы, а для детской популяции необходима разработка отдельных нормативов в зависимости от пола, возраста и стадии полового развития. В 2012 г. Kai-Yu Xiong и соавт. [17] провели БИА у 1548 детей и подростков и впервые определили нормативы количества жировой и тощей массы в китайской популяции в зависимости от возраста и пола. Менее чем через 1 год Н. McCarthy и соавт. [18] создали перцентильные кривые для оценки тощей массы, а также относительного и абсолютного значений мышечной массы для европейской популяции, проведя биоимпедансный анализ у 1985 детей и подростков без ожирения и избыточной массы тела. Дальнейшее проведение подобных исследований позволит разработать единые стандарты оценки показателей состава тела методом БИА в зависимости от пола и возраста в педиатрической популяции.

Таким образом, БИА и антропометрические методы могут быть полезны в клинической практике для начальной диагностики ожирения и определения типа распределения жира.

#### **Ультразвуковое исследование**

Ультразвуковое исследование (УЗИ) широко распространено в различных областях медицины. С развитием техники и улучшением разрешающей способности стали предприниматься попытки оценки количества ПЖТ и ВЖТ с помощью УЗИ. Методика определения толщины мезентериального жира состоит в измерении расстояния между передней брюшной стенкой (прямые мышцы живота) и передней стенкой аорты на уровне 5 см ниже мечевидного отростка [19]. Толщина ЖТ, при которой диагностируется ВЖТ, по разным данным, колеблется от 7 до 11 см. Приводятся данные о сопоставимости ультразвуковых оценок ВЖТ и ПЖТ с результатами эталонных методов. Другие авторы [20] сообщают о низкой точности измерений ПЖТ и ВЖТ, не совпадающих с данными КТ или МРТ. Кроме того, к недостаткам УЗИ можно отнести высокую вариабельность результатов при проведении повторных исследований, в особенности разными специалистами.

#### **Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия**

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДРА) — метод лучевой диагностики, основанный на регистрации ослабления рентгеновского излучения при прохождении через ткани тела разной плотности. Программный аппарат прибора проводит расчет ослабления рентгеновского излучения и по заданным алгоритмам определяется количество тканей той или иной плотности. ДРА является «золотым стандартом» в оценке минеральной плотности костной ткани и диагностики остеопороза. Однако модуль сканирования всего тела, представленный в современных рентгеновских денситометрах, позволяет оценивать не только минеральную плотность скелета, но и количество жировой и мышечной ткани, а также их регионарное распределение. Исследование проводится в положении лежа на спине, длительность сканирования всего тела колеблется от 10 до 30 мин в зависимости от используемого прибора. Лучевая нагрузка при проведении исследования в 10 раз меньше той, что получает пациент при проведении стандартной рентгенографии легких и составляет 0,02—0,04 мЗв на одно сканирование. Данный метод прост в выполнении, не требует больших временных затрат и специальной подготовки пациента. Кроме того, минимальная доза облучения позволяет использовать ДРА при проведении исследований в динамике. Точность оценки количества жировой ткани сопоставима с таковой КТ и МРТ [21]. Все эти преимущества обуславливают широкое применение ДРА в научных исследованиях, посвященных проблеме ожирения.

В настоящее время имеются противоречивые данные о корреляции показателей ДРА с количеством висцерального жира. А. Hill и соавт. [22] показали, что площадь ВЖТ, оцененная с помощью КТ при анализе отдельных срезов на уровне L4—L5, строго коррелирует с процентным содержанием ЖТ в туловище, определенным с помощью ДРА, однако другие авторы [23] не находят подобных взаимосвязей. Это может быть связано с тем, что при ДРА дифференциация между тканями осуществляется по плотности. ЖТ обладает минимальной плотностью, а костная — максимальной. При оценке региона тела, содержащего преимущественно костную и ЖТ, программное обеспечение усредняет плотность тканей исследуемого региона и относит их к тощей массе, что может влиять на оценку общего количества жировой массы. Ряд работ [24, 25] посвящен регионарной оценке жировой ткани в области на 5—10 см выше подвздошного гребня, так как данная зона традиционно используется для оценки висцерального ожирения методами КТ и МРТ. Однако такие измерения обладают низкой точностью и в настоящее время не могут использоваться как альтернатива КТ и МРТ. Несмотря на определенные

недостатки, ДРА является значительно более точным методом оценки ЖТ, чем антропометрия и БИА.

### Компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ)

Благодаря высокой разрешающей способности, данные методы позволяют прямо оценивать количество ВЖТ и ПЖТ у взрослых и детей [26]. КТ — метод лучевой диагностики, основанный на расчете коэффициента ослабления интенсивности рентгеновского излучения при прохождении через ткани, выраженного в единицах Хаусфилда. Диапазоном визуализации жировой ткани является область от  $-190$  до  $-30$  единиц Хаусфилда [27]. Одной из проблем при оценке ВЖТ с помощью КТ и МРТ является выбор уровня среза, на котором определяется площадь, занимаемая висцеральной ЖТ. G. Borkan и соавт. [28] предложили определять ВЖТ на уровне пупка, так как данному уровню соответствует максимальное количество ВЖТ. Однако измерение на уровне пупка является крайне неточными из-за вариабельности данного анатомического ориентира в зависимости от степени ожирения. Поэтому было рекомендовано использовать костные ориентиры для определения уровня среза. Таким ориентиром стал уровень межпозвоночного диска L4—L5. Исследования ВЖТ на данном уровне показывают максимальную воспроизводимость и высокую точность измерений. В ряде работ [29, 30] показано, что оценка ВЖТ на 5—6 см выше L4—L5 является более точной при проведении МРТ и КТ в динамике.

Несмотря на большое количество исследований, в настоящее время не существует единых критериев оценки наличия и степени выраженности висцерального ожирения. Ряд авторов [31, 32] указывают, что площадь висцерального жировой массы  $>100$  см<sup>2</sup> как у мужчин, так и женщин и отношение ВЖТ/ПЖТ  $>0,4$  ассоциированы со значительным повышением риска сердечно-сосудистых заболеваний. Другие авторы [33] предлагают показатель в 130 см<sup>2</sup>.

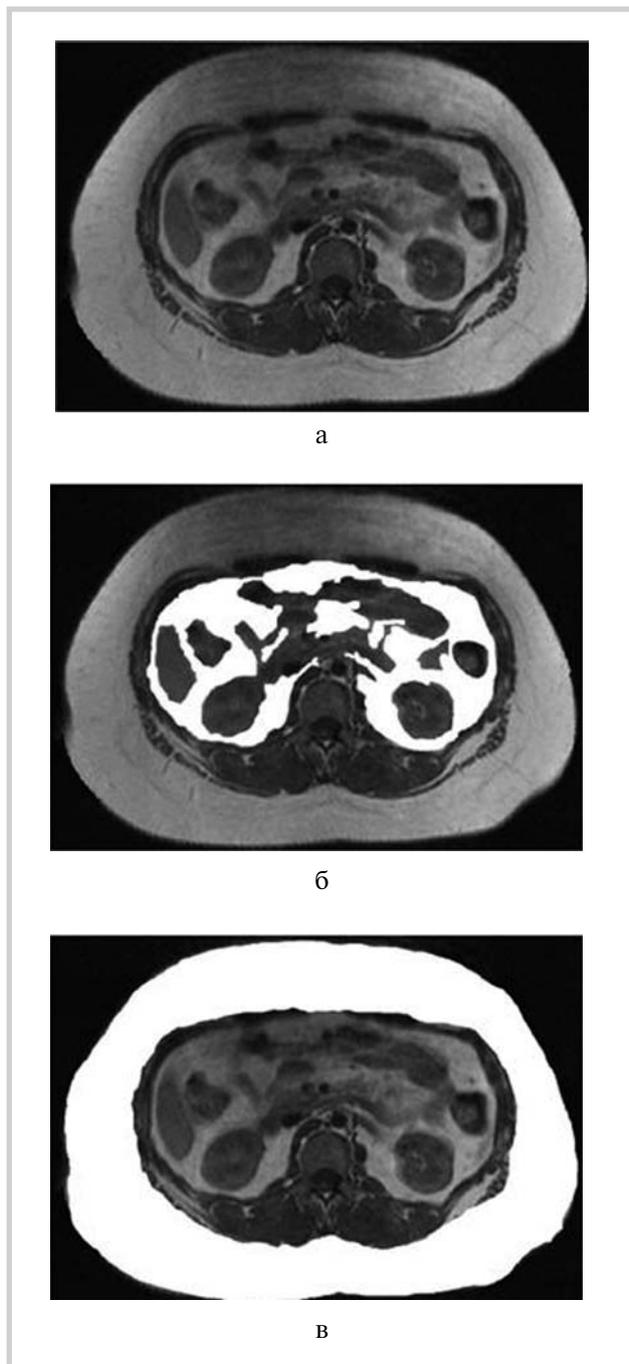
Основной проблемой в использовании КТ и МРТ для оценки ЖТ являются двигательные артефакты. Кроме того, проведение КТ связано с лучевой нагрузкой, что ограничивает использование данного метода в детской популяции, в особенности при необходимости длительных динамических наблюдений. Стоимость оборудования и самого исследования, а также подготовка специально обученного персонала также ограничивают возможность применения КТ для оценки ВЖТ в повседневной клинической практике.

МРТ является другим высокотехнологичным методом визуализации интраабдоминальной и экстрапеченочной ЖТ как у взрослых, так и у детей. При исследовании ВЖТ используют T1-взвешенные спин-

эхопоследовательности, так как ЖТ в отличие от большинства «нежировых» тканей имеет высокий T1-взвешенный сигнал и хорошо визуализируется в данном режиме. Количественные оценки ВЖТ методом МРТ сопоставимы с данными КТ [26]. При МРТ, помимо T1-взвешенных изображений, могут быть использованы и другие импульсные последовательности: 3D градиент-эхо-последовательность и быстрая Диксон-последовательность, которые сокращают время обследования и повышают его информативность. МРТ в значительно большей степени, чем КТ, подвержена возникновению двигательных артефактов, связанных с дыханием и сердечной деятельностью. Минимизировать их количество позволяет фиксация исследуемой части тела пациента, синхронизация томографии с ЭКГ и дыханием и использование быстрой томографии (FISP — fast imaging with steady-state precision) [34].

В настоящее время возможно проведение МРТ с получением отдельных и множественных срезов через определенные анатомические уровни с последующей мультипланарной реконструкцией и определением количества ЖТ. При МРТ-исследовании отдельных срезов проводится сканирование тела на тех же уровнях, что и при КТ. Далее осуществляется реконструкция изображения с помощью программного обеспечения. Врач лучевой диагностики, имеющий опыт оценки ЖТ, вручную производит маркировку ВЖТ и ПЖТ, а затем автоматически проводится расчет площади, занимаемой каждой из них (см. рисунок).

Таким образом, квалификация специалиста лучевой диагностики играет важную роль в оценке количества жировой ткани данным методом. Еще одним ограничивающим условием для МРТ являются трудности в применении данных методов у пациентов с морбидным ожирением в связи с лимитом нагрузки на стол томографа (как правило, не более 130 кг) и большой окружностью талии, несовместимой с диаметром тоннеля сканера. МРТ с оценкой множества срезов позволяет оценить объем, занимаемый интраабдоминальной ЖТ. При этом проводится сканирование тела от уровня Th 9—10 до S1. В дальнейшем каждый из срезов оценивается отдельно и полученные данные суммируются, что позволяет вычислить объем ЖТ, а не только ее площадь, как при МРТ-исследовании одного среза. Данный метод требует значительно больше временных затрат, что существенно ограничивает его широкое применение. Кроме того, анализ отдельных МРТ-срезов по точности оценки ВЖТ сопоставим с расчетом по методике множественных МРТ-срезов при одномоментном исследовании. Однако их точность недостаточна для оценки динамики количества ВЖТ при длительном наблюдении в ходе снижения массы тела. Это обстоятельство диктует необходимость создания полностью автоматизированного про-



**МРТ-исследование интраабдоминальной ЖТ.**

а — оригинальное МР-изображение (одиночный срез на уровне L4—L5); б — ВЖТ; в — ПЖТ.

граммного обеспечения для оценки количества и топографии ЖТ с помощью МРТ. Подобные алго-

## ЛИТЕРАТУРА

- Li S, Shin HJ, Ding EL, van Dam RM. Adiponectin Levels and Risk of Type 2 Diabetes. *JAMA*. 2009;302(2):179. doi: 10.1001/jama.2009.976
- Frystyk J, Berne C, Berglund L, Jensen K, Flyvbjerg A, Zethelius B. Serum Adiponectin Is a Predictor of Coronary Heart Disease: A Population-Based 10-Year Follow-Up Study in Elderly Men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2007;92(2):571-576. doi: 10.1210/jc.2006-1067
- Matsushita Y, Nakagawa T, Yamamoto S, Kato T, Ouchi T, Kikuchi N, et al. Adiponectin and visceral fat associate

ритмы обеспечат снижение временных затрат на проведение МРТ-исследований с оценкой множественных срезов и значительно уменьшат его стоимость, что будет способствовать повышению доступности данной методики.

## Заключение

В настоящее время существует множество методов, позволяющих оценить количество и распределение ЖТ в организме.

Антропометрические методы являются наиболее простыми, удобными и дешевыми, а потому широко применяются в клинической практике. Главными их недостатками являются невозможность оценить количество тощей массы и дифференцировать ВЖТ и ПЖТ. ОТ может использоваться для косвенной оценки ВЖТ у взрослых, однако информативность данного метода в педиатрической практике остается спорной.

БИА позволяет оценить не только количество тощей и жировой массы, но и их регионарное распределение. Доступность и простота метода позволяют использовать его для динамического наблюдения за пациентами с ожирением и оценки эффективности проводимых лечебных мероприятий. К главным недостаткам метода можно отнести низкую воспроизводимость результатов и невозможность оценить количество ВЖТ.

УЗИ позволяет непосредственно визуализировать ВЖТ, однако нет убедительных данных о сопоставимости результатов УЗИ с данными эталонных методов. Кроме того, УЗИ не позволяет оценить общее количество жировой и тощей массы в организме. Рентгеновская денситометрия в режиме Total Body является «золотым стандартом» оценки количества жировой и тощей массы тела и используется в большинстве клинических исследований, посвященных проблемам ожирения. Сопоставимость количественных оценок ВЖТ данным методом с результатами эталонных методов (МРТ и КТ) в настоящее время не изучена.

МРТ и КТ являются эталонными методами оценки количества ВЖТ и ПЖТ. Однако высокая стоимость, а также лучевая нагрузка при КТ ограничивают их применение рамками научных исследований. МРТ является более перспективным методом для оценки висцерального ожирения в клинической практике, особенно у детей.

- with cardiovascular risk factors. *Obesity* (Silver Spring). 2014;22(1):287-291. doi: 10.1002/oby.20425
4. Kvist H, Chowdhury B, Grangard U. Total and visceral adipose-tissue volumes derived from measurements with computed tomography in adult men and women: predictive equations. *Am J Clin Nutr* 1988;48:1351-1361.
  5. Bigornia SJ, LaValley MP, Benfield LL, Ness AR, Newby PK. Relationships between direct and indirect measures of central and total adiposity in children: What are we measuring? *Obesity* (Silver Spring). 2013;21(10):2055-2062. doi: 10.1002/oby.20400
  6. Kullberg J, von Below C, Lönn L, Lind L, Ahlström H, Johansson L. Practical approach for estimation of subcutaneous and visceral adipose tissue. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2007;27(3):148-153. doi: 10.1111/j.1475-097X.2007.00728.x
  7. Johansson AG, Forslund A, Sjödin A, Mallmin H, Hambraeus L, Ljunghall S. Determination of body composition—a comparison of dual-energy x-ray absorptiometry and hydrodensitometry. *Am J Clin Nutr* 1993; 57:323-326.
  8. Malavolti M, Mussi C, Poli M, Fantuzzi AL, Salvioli G, Battistini N, et al. Cross-calibration of eight-polar bioelectrical impedance analysis versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of total and appendicular body composition in healthy subjects aged 21-82 years. *Annals of Human Biology*. 2003;30(4):380-391. doi: 10.1080/0301446031000095211
  9. Demura S, Sato S, Kitabayashi T. Percentage of Total Body Fat as Estimated by Three Automatic Bioelectrical Impedance Analyzers. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*. 2004;23(3):93-99. doi: 10.2114/jpa.23.93
  10. Ellis KJ. Measuring body fatness in children and young adults: Comparison of bioelectrical impedance analysis, total body electrical conductivity, and dual-energy x-ray absorptiometry. *Int J Obes*. 1996;20:866-873.
  11. Goran MI, Driscoll P, Johnson R, Nagy TR, Hunter G. Cross-calibration of body-composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children. *Am J Clin Nutr* 1996;63:299-2305.
  12. Sung RYT. Measurement of body fat using leg to leg bioimpedance. *Archives of Disease in Childhood*. 2001;85(3):263-267. doi: 10.1136/adc.85.3.263
  13. Boot AM, Bouquet J, de Ridder MA, Krenning EP, de Muinck Keizer-Schrama SM. Determinants of body composition measured by dual-energy X-ray absorptiometry in Dutch children and adolescents. *Am J Clin Nutr*. 1997;66(2):232-238.
  14. Okasora K, Takaya R, Tokuda M, Fukunaga Y, Oguni T, Tanaka H, et al. Comparison of bioelectrical impedance analysis and dual energy X-ray absorptiometry for assessment of body composition in children. *Pediatrics International*. 1999;41(2):121-125. doi: 10.1046/j.1442-200X.1999.4121048.x
  15. Ellis KJ. Measuring body fatness in children and young adults: Comparison of bioelectrical impedance analysis, total body electrical conductivity, and dual-energy x-ray absorptiometry. *Int J Obes*. 1996;20:866-73.
  16. Eisenmann JC, Heelan KA, Welk GJ. Assessing Body Composition among 3- to 8-Year-Old Children: Anthropometry, BIA, and DXA. *Obesity* (Silver Spring). 2004;12(10):1633-1640. doi: 10.1038/oby.2004.203
  17. Xiong K-Y, He H, Zhang Y-M, Ni G-X. Analyses of body composition charts among younger and older Chinese children and adolescents aged 5 to 18 years. *BMC Public Health*. 2012;12(1):835. doi: 10.1186/1471-2458-12-835
  18. McCarthy HD, Samani-Radia D, Jebb SA, Prentice AM. Skeletal muscle mass reference curves for children and adolescents. *Pediatric Obesity*. 2013;n/a-n/a. doi: 10.1111/j.2047-6310.2013.00168.x
  19. Armellini F, Zamboni M, Rigo L, Todesco T, Bosello O, Bergamo-Andreis IA, et al. The contribution of sonography to the measurement of intra-abdominal fat. *Journal of Clinical Ultrasound*. 1990;18(7):563-567. doi: 10.1002/jcu.1870180707
  20. Bellisari A, Roche AF, Siervogel RM. Reliability of B-mode ultrasonic measurements of subcutaneous adipose tissue and intra-abdominal depth: comparisons with skinfold thickness. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1993;17:475-80.
  21. Micklesfield LK, Goedecke JH, Punyanitya M, Wilson KE, Kelly TL. Dual-Energy X-Ray Performs as Well as Clinical Computed Tomography for the Measurement of Visceral Fat. *Obesity* (Silver Spring). 2012;20(5):1109-1114. doi: 10.1038/oby.2011.367
  22. Hill AM, LaForgia J, Coates AM, Buckley JD, Howe PRC. Estimating Abdominal Adipose Tissue with DXA and Anthropometry\*. *Obesity* (Silver Spring). 2007;15(2):504-504. doi: 10.1038/oby.2007.629
  23. Ball SD, Swan PD. Accuracy of estimating intraabdominal fat in obese women. *J Exerc Physiol Online* 2003;6:1-7.
  24. Litwin SE. Which Measures of Obesity Best Predict Cardiovascular Risk? *Journal of the American College of Cardiology*. 2008;52(8):616-619. doi: 10.1016/j.jacc.2008.05.017
  25. Maurovich-Horvat P, Massaro J, Fox CS, Moselewski F, O'Donnell CJ, Hoffmann U. Comparison of anthropometric, area- and volume-based assessment of abdominal subcutaneous and visceral adipose tissue volumes using multi-detector computed tomography. *International Journal of Obesity*. 2006;31(3):500-506. doi: 10.1038/sj.ijo.0803454
  26. Seidell JC, Bakker CJ, Van der KK. Imaging techniques for measuring adipose-tissue distribution - a comparison between computed tomography and 1.5-T magnetic resonance. *Am J Clin Nutr* 1990;51:953-957.
  27. Sjoestrom L. A computed tomography based multicompartiment body composition technique and anthropometric predictions of lean body mass, total and subcutaneous adipose tissue. *Int J Obes*. 1991;(15):19-30.
  28. Borkan GA, Gerzof SG, Robbins AH, Hulst DE, Silbert CK, Silbert JE. Assessment of abdominal fat content by computed tomography. *Am J Clin Nutr*. 1982;(36):172-177.
  29. So R, Sasai H, Matsuo T, Tsujimoto T, Eto M, Saotome K, et al. Visceral Adipose Tissue Volume Estimated at Imaging Sites 5-6 cm Above L4-L5 Is Optimal for Predicting Cardiovascular Risk Factors in Obese Japanese Men. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*. 2012;227(4):297-305. doi: 10.1620/tjem.227.297
  30. Irlbeck T, Massaro JM, Bamberg F, O'Donnell CJ, Hoffmann U, Fox CS. Association between single-slice measurements of visceral and abdominal subcutaneous adipose tissue with volumetric measurements: the Framingham Heart Study. *International Journal of Obesity*. 2010;34(4):781-787. doi: 10.1038/ijo.2009.279
  31. Pou KM, Massaro JM, Hoffmann U, Lieb K, Vasani RS, O'Donnell CJ, et al. Patterns of Abdominal Fat Distribution: The Framingham Heart Study. *Diabetes Care*. 2008;32(3):481-485. doi: 10.2337/dc08-1359
  32. Desprès J-P, Lamarche B. Effects of diet and physical activity on adiposity and body fat distribution: implications for the prevention of cardiovascular disease. *Nutr Res Rev*. 1993;(6):137-159.
  33. Bessesen DH. Update on Obesity. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2008;93(6):2027-2034. doi: 10.1210/jc.2008-0520
  34. Суслыева М.Н., Завадовская В.Д., Шульга О.С., Завьялова Ю.Г., Самойлова Ю.Г., Бородин О.Ю. Алгоритм лучевого исследования висцерального ожирения у больных с метаболическим синдромом. // Бюллетень Сибирской медицины. 2012;11(5):27-34. [Suslyayeva NM, Zavadovskaya VD, Shouлга OS, Zaviyalova YuG, Samoilova YuG, Borodin OYu. Algorithm for radiological examination of visceral obesity in patients with metabolic syndrome. *Biulleten' Sibirskoi Meditsiny*. 2012;11(5):27-34.]