



Применение метода комплексной антропометрии в лечении и профилактике алиментарно-зависимых заболеваний

Бурляева Е.А.^{1, 2, 3}, Выборная К.В.¹, Елизарова Е.В.², Никитюк Д.Б.^{1, 2, 4},
Тутельян В.А.^{1, 2, 4}, Белаковский М.С.³

¹ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва

²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), г. Москва

³ФГБУН «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук», г. Москва

⁴ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», г. Москва

Цель представленного обзора – анализ системы комплексного антропометрического исследования в клинической практике. Изучена фундаментальная неперiodическая литература по антропометрии и диетологии, осуществлен поиск научных публикаций с помощью библиотечных платформ eLIBRARY, PubMed, Elsevier по ключевым словам «антропометрия», «состав тела», «ожирение», «саркопения», «биоимпедансометрия». Освещены актуальные методы оценки физического развития человека, применяемые в клинической практике с целью изучения пищевого статуса человека и определения рисков развития и профилактики алиментарно-зависимых заболеваний, а также используемые в процессе диетотерапии больных, нуждающихся в оказании медицинской помощи по профилю «диетология». Представлена система комплексного антропометрического исследования в клинической практике. Эта система имеет практическое приложение во многих областях медицины и позволяет систематизировать многообразие антропометрических исследований для оценки пищевого статуса человека.

Ключевые слова: ожирение, саркопения, антропометрия, биоимпедансометрия, состав тела, скелетно-мышечная масса, жировая масса, антропонутрициология.

Для цитирования: Бурляева Е.А., Выборная К.В., Елизарова Е.В., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А., Белаковский М.С. Применение метода комплексной антропометрии в лечении и профилактике алиментарно-зависимых заболеваний. FOCUS Эндокринология. 2025; 6(3): 24–40. doi: 10.62751/2713-0177-2025-6-3-04



Application of the method of complex anthropometry in the treatment and prevention of alimentary-dependent diseases

Burlyayeva E.A.^{1, 2, 3}, Vibornaya K.V.¹, Elizarova E.V.², Nikityuk D.B.^{1, 2, 4},
Tutelyan V.A.^{1, 2, 4}, Belakovskiy M.S.³

¹Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of Ministry of Healthcare of Russia (Sechenov University), Moscow, Russia

³Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁴RUDN University, Moscow, Russia

The aim of the review is to analyze the system of complex anthropometric research in clinical practice. Fundamental non-periodical literature on anthropometry and dietetics was studied, a search for scientific publications was carried out using the library platforms eLIBRARY, PubMed, Elsevier using the keywords anthropometry, body composition, obesity, sarcopenia, bioimpedancemetry. The article presents from a modern standpoint the current methods for assessing the physical development of a person, used in clinical practice to study the nutritional status of a person, assess the risks of development and prevention of alimentary-dependent diseases, as well as used in the process of diet therapy of patients who need medical care in the profile of "Dietetics". The system of complex anthropometric research in clinical practice is presented. This system in clinical practice is applicable in many areas of medicine and allows systematizing the diversity of anthropometric studies to assess the nutritional status of a person.

Key words: obesity, sarcopenia, anthropometry, bioimpedancemetry, body composition, skeletal muscle mass, fat mass, anthroponutrition.

For citation: Burlyayeva E.A., Vibornaya K.V., Elizarova E.V., Nikityuk D.B., Tutelyan V.A., Belakovskiy M.S. Application of the method of complex anthropometry in the treatment and prevention of alimentary-dependent diseases. FOCUS Endocrinology. 2025; 6(3): 24–40. doi: 10.62751/2713-0177-2025-6-3-04

Введение

У большинства населения России отмечается не-соответствие между низким уровнем физической

активности и повышенным потреблением высоко-калорийных пищевых продуктов при существенном снижении обеспеченности организма эссенциальны-

ми пищевыми веществами. Эти изменения в рационе приводят к увеличению массы тела преимущественно за счет жирового компонента и к развитию ожирения [1]. Другой формой нарушения пищевого статуса является недостаточное питание (гипотрофия), для которого типичны нарушения, обусловленные частичным или значительным дефицитом поступающей с пищей энергии и отдельных нутриентов и возникающие при количественной или качественной неадекватности питания, несбалансированности рациона [2].

Особое внимание последнее время уделяется саркопении. Это прогрессирующее генерализованное заболевание скелетной мышечной ткани, сопровождающееся ускоренной потерей мышечной массы и ее функции, что приводит к учащению неблагоприятных исходов, таких как снижение толерантности к физической нагрузке, мышечная слабость, падения, смерть. Прогрессированию процесса способствуют как модифицируемые факторы риска (курение, злоупотребление алкоголем, низкая физическая активность), так и не модифицируемые (пожилой возраст, генетическая предрасположенность) [3]. Вариантом совокупности двух состояний — ожирения и недостаточности питания — является саркопеническое ожирение, которое определяется как клиническое и функциональное состояние, характеризующееся снижением мышечной массы и силы и развивающееся одновременно с увеличением процента жировой ткани более 25% от общей массы тела у мужчин и более 35% у женщин [4]. По данным Росстата, на 2018 г. избыточная масса тела имела у 46,9% мужчин и 34,7% женщин в нашей стране. Ожирением при этом страдают 17,8% мужчин и 24,5% женщин. Недостаточная масса тела выявляется у 0,7% мужчин и у 1,9% женщин, а характеристикам нормы соответствуют только 34 и 38,1% представителей мужского и женского пола соответственно [5, 6].

Многочисленными исследованиями доказано, что отклонения от нормальных значений индекса массы тела (ИМТ) сопряжены со множеством алиментарно-зависимых заболеваний (АЗЗ). Ожирение и избыточная масса тела часто выступают фактором риска развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), гипертонической болезни, сахарного диабета 2 типа (СД2), дислипидемии, подагры, некоторых видов рака, артрозов. Гипотрофии сопутствуют анемия, гиперхолестеринемия, остеопороз и остеопения. Новое направление науки — антропонутрициология — изучает взаимосвязь питания и антропометрических характеристик человека, риски развития АЗЗ в зависимости от особенностей строения тела. Таким образом, одним из объективных показателей здоровья населения является пищевой статус, отражающий соответствие физической активности оптимальности питания [5, 6].

Рациональная комбинация физикальных, лабораторных и инструментальных методов исследования позволяет своевременно установить диагноз и начать эффективное лечение в кратчайшие сроки. В связи

со значительным прогрессом в развитии медицины и смежных с ней дисциплин наибольшее распространение получили современные высокоинформативные методы диагностики, которые не требуют длительной дополнительной подготовки пациента и значительных временных затрат, а также не вызывают изменений в функционировании отдельных органов и систем. К таким методам можно отнести неинвазивный метод исследования — биоимпедансный анализ состава тела человека [7].

Физическое развитие — это совокупность морфологических и функциональных свойств организма, отражающих процесс его роста и развития. Для оценки физического развития измеряют и оценивают соматометрические (длина и масса тела, окружность грудной клетки), физиометрические (артериальное давление, пульс, частота дыхания, сила кисти рук, жизненная емкость легких) и соматоскопические (степень развития подкожно-жирового слоя, форма грудной клетки, ног, стопы, вид осанки) показатели физического развития [8]. Дополнительным методом антропометрической оценки служит определение компонентного состава тела расчетным или аппаратным методами [7, 9, 10–12].

В антропометрических (соматометрических) измерениях в клинической практике принято выделять два уровня — обязательный и дополнительный. Обязательный уровень включает измерение массы тела (кг), роста (см), ИМТ (кг/м²), обхват талии (ОТ, см), обхват бедер (ОБ, см), расчет индекса соотношения ОТ/ОБ, дополнительный уровень — определение толщины кожно-жировых складок (КЖС, мм), обхватных размеров туловища, верхней и нижней конечностей (см), поперечных диаметров туловища, верхней и нижней конечностей (см), содержания жировой, мышечной и костной массы тела (кг, %) [9–12].

Порядок проведения антропометрических исследований

В помещении, где выполняются антропометрические измерения, температура воздуха должна быть не ниже 18 °С, место исследований — хорошо освещенным, пол — ровным. Измеряемого устанавливают прямо, без напряжения мышц, ступни должны соприкасаться пятками, а расстояние между носками составлять 15–20 см. Спина выпрямлена, грудь выдается вперед, плечи не должны быть подняты или чрезмерно опущены, руки выпрямлены и прижаты к телу, пальцы рук вытянуты вдоль тела. Исследуемый держит голову так, чтобы глазнично-ушная горизонталь (линия, проходящая через козелок ушной раковины и наружный нижний край глазницы) проходила параллельно полу. Во время измерения предпочтительно, чтобы обследуемый был раздет до нижнего белья и не менял установленного положения тела [10, 13, 14]. Полученные при измерении показатели следует вносить в бланк комплексного антропометрического исследования в клинической практике (табл. 1).

Таблица 1. Бланк комплексного антропометрического исследования в клинической практике

ФИО														
Возраст														
Дата обследования														
Диагноз														
Показатель	Результат		Интерпретация результатов											
			Степень гипотрофии		Нормальная масса тела	Избыточная масса тела	Степень ожирения			Риск АЗС	Риск переломов тел позвонков	Саркопения		
			Легкая	Средняя			Тяжелая	I	II			III	Пресаркопения	Саркопения
Рост, мм														
Масса тела, кг														
ИМТ, кг/м²														
Рекомендуемая масса тела, кг														
Отклонение фактической от рекомендуемой массы тела, %														
Обхватные размеры (окружности), см:														
талии														
бедер														
плеча														
предплечья														
бедра														
голени														
голени, для лиц старше 55 лет														
расчет окружности мышц плеча, мм														
индекс талии и бедер (ОТ/ОБ)														
Кожно-жировые складки, мм:														
1	на спине													
2	на груди													
3	на передней брюшной стенке													
4	на задней поверхности плеча													
5	на передней поверхности плеча													
6	на передней поверхности предплечья													
7	на бедре													
8	на голени													
9	на кисти													
на задней поверхности плеча														
Диаметры конечностей, см:														
плеча														
предплечья														
бедра														
голени														
Расчет индекса тощей массы скелетных мышц по данным биоимпедансометрии														
жировая масса	кг	%												
масса подкожного жира	кг	%												
масса висцерального жира	кг	%												
безжировая масса тела	кг	%												
мышечная масса	кг	%												
костная масса	кг	%												
общее количество жидкости	кг	%												
внутриклеточная жидкость	кг	%												
внеклеточная жидкость	кг	%												

Рост (длина тела) — уровень наиболее высоко расположенной точки темени (верхушечной точки) при удерживании головы в горизонтальной плоскости над полом. Измерения осуществляют при помощи ростомера в положении измеряемого стоя. Возможны изменения роста в течение дня, так как продолжительное стояние уменьшает длину тела, а лежачее положение, наоборот, ее увеличивает. Измерение проводят с точностью до 1 см. При фиксации результатов измерения роста необходимо уточнить максимальный рост в молодом возрасте (25 лет) и/или при последнем предыдущем измерении роста. При снижении роста на 2 см и более за 1–3 года или на 4 см и более за весь период жизни следует заподозрить компрессионные переломы тел позвонков.

Измерение массы тела проводят с помощью напольных медицинских весов. Возможны изменения этого показателя в течение дня. Измерение массы тела проводят с точностью до 0,1 кг.

Стремительное увеличение параметров тела может сопровождаться появлением на коже дефектов в виде волнистых полос (стрий, растяжек) разной ширины и направленности контрастного цвета. При интенсивном увеличении роста отмечаются горизонтально расположенные стрии преимущественно в области спины. При стремительном увеличении массы тела полосы имеют вертикальную или косую направленность. Стрии могут иметь разнообразную окраску от белой до сине-фиолетовой. Первое время после появления на теле (6–8 мес.) они имеют яркий цвет, розовый или красный. Затем они светлеют вплоть до белого цвета, что особенно заметно на загорелой коже [10, 13, 14].

Обхватные размеры (обхваты, окружности) туловища и конечностей измеряются с помощью прорезиненной сантиметровой ленты в положении измеряемого стоя на выпрямленных ногах. Сантиметровая лента для измерения обхватных размеров туловища и конечностей должна содержать металлические нити, препятствующие ее растягиванию во время эксплуатации, и хорошо видимые деления. Необходимо сравнивать показатели ленты с металлической метровой линейкой после каждых 100 измерений; при несоответствии показателей длины лента должна быть заменена на новую. Во время измерения сантиметровая лента накладывается внахлест, при этом она должна плотно прилегать к телу, но не деформировать мягкие ткани.

ОТ измеряется строго в горизонтальной плоскости по середине расстояния между нижним краем 10 ребра и верхним краем подвздошного гребня тазовой кости (рис. 1). У тучных людей невозможно определить самое узкое место, обозначающее естественную талию, поэтому сантиметровую ленту накладывают на 5–6 см выше подвздошного гребня.

ОБ измеряется в горизонтальной плоскости: лента сзади накладывается на наиболее выступающие точки задней поверхности ягодиц, сбоку и спереди идет строго горизонтально.

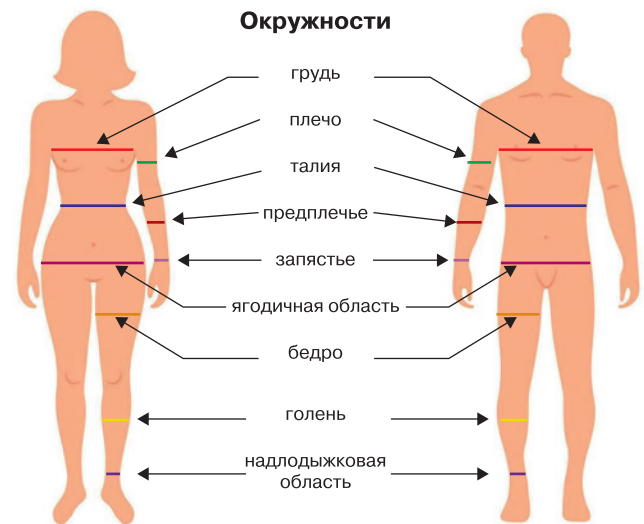


Рисунок 1. Определение обхватных размеров

Определение обхватных размеров туловища проводят с точностью до 0,5 см.

Обхват (окружность) плеча измеряется в горизонтальной плоскости при свободно опущенной руке в спокойном состоянии в месте наибольшего развития мускулатуры.

Обхват (окружность) предплечья определяют в верхней его трети при опущенной расслабленной руке в месте наибольшего развития мышц.

Обхват (окружность) бедра измеряется в горизонтальной плоскости под ягодичной складкой.

Обхват (окружность) голени определяют в горизонтальной плоскости в месте наибольшего развития икроножной мышцы [10, 13, 14].

Измерения обхватных размеров конечностей выполняют с точностью до 0,3 см.

Все измерения **кожно-жировых складок (калиперометрия)** проводят на правой стороне тела человека (рис. 2а) посредством калипера (рис. 2б, 2в, 2г). При этом необходима точная ориентация складки на участке тела, правильный ее захват рукой измеряющего, оптимальные высота складки и нажим инструментом.

Кожно-жировая складка (КЖС) на спине измеряется под нижним углом лопатки (направление складки косое, примерно под углом 45° к горизонтальной плоскости).

КЖС на груди (диагональная складка) измеряется на уровне латерального края большой грудной мышцы, берется посередине между передней подмышечной линией и соском (измеряется только у лиц мужского пола).

КЖС на передней брюшной стенке (животе) измеряется в горизонтальной плоскости на уровне пупка, примерно на расстоянии 5 см от него.

КЖС на задней поверхности плеча (КЖС трицепса) измеряется в области трицепса по оси плеча, при этом следует убедиться, что не захвачена мышца, оттянув складку. Направление складки вертикальное. Рука располагается вдоль туловища и должна быть расслаблена.

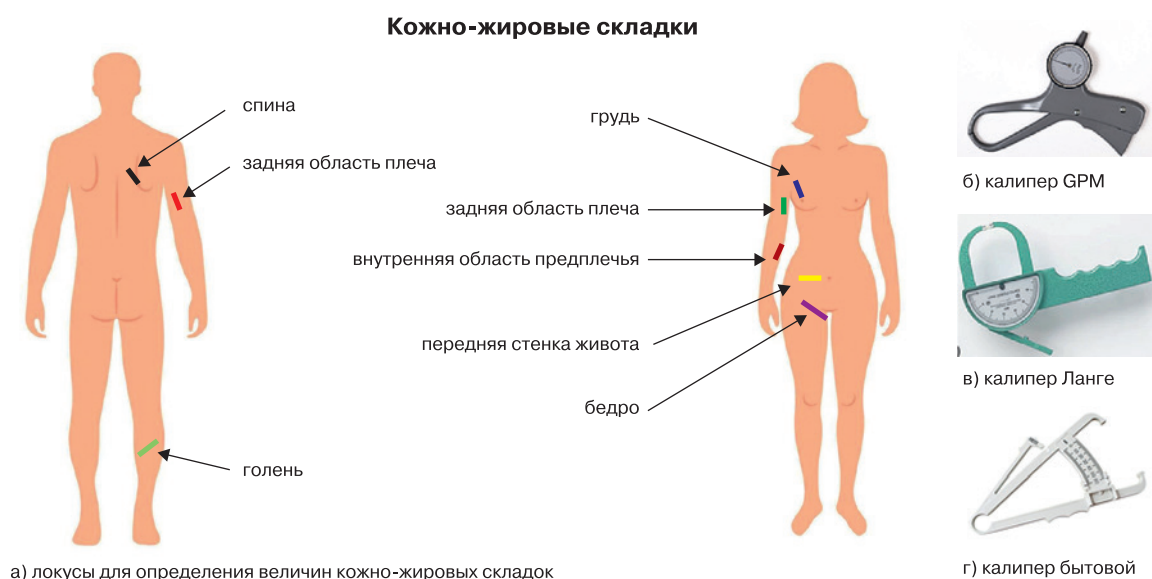


Рисунок 2. Локусы и калиперы для определения величин кожно-жировых складок

КЖС на передней (внутренней) поверхности плеча (КЖС бицепса) измеряется в области бицепса на уровне верхней трети плеча. Направление складки вертикальное. Рука располагается вдоль туловища и должна быть расслаблена.

КЖС на передней поверхности предплечья измеряется на внутренней поверхности правого предплечья в наиболее широком месте. Направление складки вертикальное. Рука располагается вдоль туловища и должна быть расслаблена.

КЖС на бедре измеряется у основания бедра параллельно ходу паховой складки в косом направлении. Измеряемый сидит на стуле, ноги согнуты в коленных суставах под прямым углом.

КЖС на голени измеряют по заднебоковой стороне голени сразу под коленным суставом в косом направлении. Обследуемый сидит на краю стула.

КЖС на кисти измеряется на тыльной поверхности кисти на уровне дистального эпифиза (головки) пястной кости третьего пальца.

Измерения величин КЖС туловища и конечностей проводят с точностью до 1 мм [10, 13, 14].

Измерение диаметров (дистанций) конечностей (рис. 3а) выполняют большим толстотным циркулем (рис. 3б, 3в). Большой толстотный циркуль состоит из двух металлических пластин дугообразной формы, соединенных с одного конца винтом, противоположные свободные концы

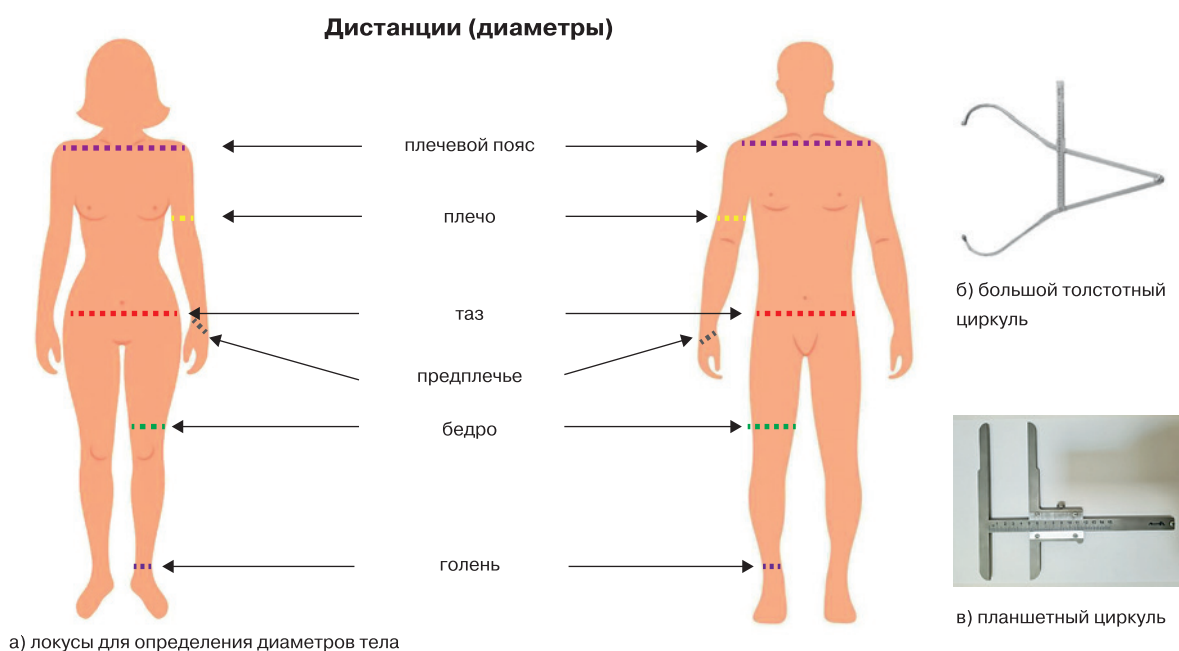


Рисунок 3. Локусы и циркули для определения диаметров тела

которых имеют закругленное утолщение. В середине левой пластины укреплен линейка с миллиметровыми и градусными значениями. Для получения более точных данных костного размера в процессе измерения мягкие ткани слегка прижимаются свободными концами пластин. Планшетный циркуль представляет собой металлическую линейку с миллиметровыми делениями и перпендикулярно укрепленной на одном конце неподвижной ножкой. Вторая ножка подвижна, прикреплена к муфте, передвигающейся вдоль линейки. Во ходе измерения мягкие ткани слегка прижимаются для получения более точного получения «костного размера».

Поперечный диаметр дистальной части плеча — наибольшее расстояние между латеральным и медиальным надмышелками плечевой кости.

Поперечный диаметр дистальной части предплечья — наибольшее расстояние между шиловидными отростками лучевой и локтевой костей.

Поперечный диаметр дистальной части бедра — наибольшее расстояние между медиальными и латеральными надмышелками бедренной кости.

Поперечный диаметр дистальной части голени — наибольшее расстояние между выступающими точками лодыжек большеберцовой и малоберцовой костей.

Измерения диаметров конечностей проводят с точностью до 0,3 см [10, 13, 14].

Определение компонентного состава тела человека

Жировая масса тела (ЖМТ) служит отражением количества всех липидов организма. Принято выделять подкожный и висцеральный жир в теле человека. В момент рождения относительное содержание жира в организме составляет 10–15% массы тела независимо от пола, к 6-му месяцу оно увеличивается до 30% и затем постепенно снижается. К 5–6 годам у человека начинают формироваться половые различия в развитии жировых отложений с соответствующими изменениями формы тела. В дальнейшем с возрастом абсолютное количество жировой массы устойчиво растет, а в процессе старения после 65 лет начинает постепенно уменьшаться [7].

Подкожная жировая ткань распределена вдоль поверхности тела относительно равномерно. Висцеральный (внутренний, абдоминальный) жир сосредоточен преимущественно в брюшной полости. Многочисленными исследованиями показано, что риск развития многих алиментарно-зависимых заболеваний возрастает при избыточном накоплении висцерального жира. Массу тела условно можно представить как сумму *тощей (безжировой) массы тела (ТМТ, БМТ)* и ЖМТ. ТМТ человека представлена белком, водой и минеральными веществами. У здорового человека ТМТ имеет постоянный состав: вода — 72–74%, белок — около 20%, калий — 60–70 ммоль/кг у мужчин и 50–60 ммоль/кг у женщин. На ТМТ в организме человека в норме при-

ходится 75–91% от массы тела (в среднем 83%). Она состоит из скелетной мускулатуры (30%), массы висцеральных органов (20%), костной ткани (7%). Этот показатель увеличивается в период роста организма, является относительно стабильным показателем в зрелом возрасте и может снижаться в процессе старения. Снижение ТМТ на 40% от нормального уровня считается несовместимым с жизнью [15].

Активная клеточная масса (АКМ) является частью тощей массы и состоит из мышц, органов, мозга и нервных клеток. АКМ — важная компонента тела, которая служит мерой адаптационного резерва организма и достигает в среднем 30–40% массы тела [7].

Мышечная масса тела (ММТ) зависит от уровня физической подготовки и пищевого фактора и составляет 30% от ТМТ или 80% от АКМ [16, 17]. Относительное содержание мышечной массы в организме человека — одна из ключевых характеристик физической работоспособности наряду с относительным содержанием жировой массы. Мышцы играют важную роль в процессе обмена веществ и определяют величину основного обмена.

Показатель *общего количества жидкости (ОКЖ)* в организме выступает критерием гидратации тела. Вода с растворенными в ней веществами находится во всех клетках и межклеточном пространстве организма. Она осуществляет транспортировку питательных веществ и вывод токсинов, служит основной составляющей механизма терморегуляции тела. В норме содержание всех жидкостей в организме для взрослого человека по отношению к массе тела составляет 45–60% для женщин и 50–65% для мужчин. Эта разница обусловлена тем, что мужчины, как правило, имеют более выраженную мышечную массу, которая, в свою очередь, содержит большее количество жидкости, чем жировая ткань. У людей атлетического типа этот показатель на 5% больше среднего по той же причине.

На *внутриклеточную жидкость* приходится приблизительно 2/3 массы тела. Она необходима для осуществления основных жизненных процессов. Внутриклеточная жидкость состоит из воды с растворенными в ней ионами и малыми молекулами: солями, сахарами, аминокислотами, жирными кислотами, нуклеотидами, витаминами и газами. Доля объема внутриклеточной жидкости — приблизительно 55–70% от общего объема жидкостей (жидких сред) организма.

Внеклеточная жидкость (ВКЖ) включает плазму крови, интерстициальную жидкость, лимфы и жидкости третьего пространства (желудочный сок, моча, жидкие фракции содержимого кишечника, жидкости, связанной в отечных тканях, внутриглазная, синовиальная и спинномозговая жидкости и др.). ВКЖ состоит из воды, содержит протеины и минеральные вещества, причем доля воды составляет 94% от объема плазмы крови и 99% от объема интерстициальной жидкости.

Интерстициальная жидкость (тканевая жидкость) — жидкость, находящаяся в пространстве между клетками организма, через которую кислород, диоксид углерода и растворенные вещества поступают в клетки и удаляются из них. Интерстициальная жидкость составляет обычно 31% от внеклеточной жидкости.

Используя измеренные в процессе антропометрии параметры, можно определить компонентный состав тела путем вычисления количества массы жировой, мышечной и костной тканей с использованием нижеприведенных формул, предложенных J. Matiegka (1921) в модификации НИИ антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова (1970) [9, 18].

1. Определение **площади поверхности тела (ПТ)**:

$$ПТ, м^2 = 1 + \frac{(h, см - 160) + m, кг}{100},$$

где ПТ — площадь поверхности тела (м²); h — рост (см); m — масса тела (кг).

2. Определение **абсолютного количества жировой массы тела (ЖМТ)**:

• для мужчин:

$$ЖМТ, кг = \frac{(d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7 + d_8), мм \times 1,3 ПТ}{16},$$

• для женщин:

$$ЖМТ, кг = \frac{(d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7 + d_8), мм \times 1,3 ПТ}{14},$$

где ЖМТ — количество жировой массы (кг); d₁...d₈ — толщина кожных жировых складок (мм): на спине под нижним углом лопатки (d₁), на задней поверхности плеча над трицепсом (d₂), на передней (внутренней) поверхности плеча над бицепсом (d₃), на передней (внутренней) поверхности предплечья (d₄), на груди (измеряется только у мужчин) (d₅), на животе (d₆), на бедре (d₇), на голени (d₈); ПТ — поверхность тела (м²).

У мужчин при расчете учитывают 8 кожно-жировых складок, у женщин — 7, исключая кожно-жировую складку на груди.

3. Определение **относительного количества жировой массы**:

$$ЖМТ, \% = \frac{ЖМ, кг}{МТ, кг} \times 100\%,$$

4. определение **массы подкожного жира** (подкожной жировой массы, ПЖМ):

• для мужчин:

$$ПЖМ, кг = \left(\frac{(d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7 + d_8), мм}{16} - \frac{d_9, мм}{2} \right) \times 1,3 ПТ,$$

• для женщин:

$$ПЖМ, кг = \left(\frac{(d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7 + d_8), мм}{14} - \frac{d_9, мм}{2} \right) \times 1,3 ПТ,$$

где ПЖМ — масса подкожного жира, кг; d₉ — кожно-жировая складка на кисти, мм; ПТ — поверхность тела, м².

5. Определение **относительного количества подкожного жира** (подкожной жировой массы, ПЖМ):

$$ПЖМ, \% = \frac{ПЖМ, кг}{МТ, кг} \times 100\%,$$

6. Определение **количества массы висцерального жира** (висцеральной жировой массы, ВЖМ):

$$ВЖМ, кг = ЖМТ, кг - ПЖМ, кг,$$

7. Определение **относительного количества висцерального жира** (висцеральной жировой массы, ВЖМ):

$$ВЖМ, \% = ЖМТ, \% - ПЖМ, \%,$$

8. Определение **абсолютного количества безжировой массы тела (тощей массы, ТМТ)**:

$$ТМТ, кг = МТ, кг - ЖМТ, кг$$

9. Определение относительного количества **безжировой массы тела (тощей массы, ТМТ)**:

$$ТМТ, \% = \frac{ТМТ, кг}{МТ, кг} \times 100\%,$$

10. Определение **абсолютного количества мышечной массы (ММТ)**:

$$ММТ, кг = 6.5 \times h, см \times \left(\frac{\sum_{обх}^4}{25.12} - \frac{\sum_{скл}^5}{100} \right)^2 / 1000,$$

где ММТ — количество мышечной массы (кг); h — рост (см); $\sum(1-4)$ обх — сумма величин обхватов (окружностей) плеча, предплечья, бедра, голени (см); $\sum(1-5)$ скл — сумма величин кожно-жировых складок (на задней поверхности плеча, на передней (внутренней) поверхности плеча, на передней (внутренней) поверхности предплечья, на бедре, на голени) (мм).

11. Определение **относительного содержания мышечной массы тела**:

$$ММТ, \% = \frac{ММТ, кг}{МТ, кг} \times 100\%,$$

12. Определение **абсолютного количества костной массы тела (КМТ)**:

$$КМТ, кг = 1,2 \times h, см \times \left(\frac{\sum_{мыш}^4}{4} \right)^2 / 1000,$$

где КМТ — количество костной массы (кг); h — рост (см); $\sum(1-4)$ мыш — сумма поперечных диаметров дистальных частей плеча, предплечья, бедра и голени (см).

13. Определение относительного содержания костной массы:

$$КМ, \% = \frac{КМ, кг}{МТ, кг} \times 100\%,$$

Относительное содержание жировой ткани можно определить, используя таблицы сумм толщин четырех кожно-жировых складок: на задней и передней (внутренней) поверхности плеча, на спине и на животе (табл. 2 и 3) [19].

Определение *количества общей жидкости (ОЖ)* в организме производится по следующим формулам.

Для мужчин:

$$ОЖ, л = 2,447, л - 0,09516 \times A, лет + 0,1074 \times h, см + 0,3362 \times МТ, кг,$$

Для женщин:

$$ОЖ, л = -2,097, л + 0,1069 \times h, см + 0,2466 \times МТ, кг,$$

где ОЖ — общая жидкость в организме (л); А — возраст (полных лет); h — рост (см); МТ — масса тела (кг).

Прогнозирование количества общей жидкости по этим формулам у людей с долей жировой массы в организме, превышающей среднее значение для соответствующего пола на 20% и выше (т.е. >40% от массы тела у мужчин и >53% от массы тела у женщин), имеет большие погрешности [20].

Внедрение новых технологий и методов исследования состава тела позволяет повысить надежность и оперативность оценки таких показателей, как ЖМТ и ММТ, объем жидкости в организме. Один из наиболее перспективных способов такой оценки — *биоимпедансный анализ* состава тела человека, который применяют в медицинской практике для оценки эффективности проводимого лечения как наиболее простой и неинвазивный метод. Проведение исследования требует не более 15–20 мин., а результатом является наглядный протокол, позволяющий не только изучать состав тела человека, но и оценивать динамику измеряемых показателей. Изучение электрического импеданса биологических тканей основано на определении двух компонент — активного и реактивного сопротивления. Объемом исследования активного сопротивления служат

Таблица 2. Относительное содержание жировой ткани в организме мужчин (%), эквивалентное значению суммы четырех кожно-жировых складок [19]

Сумма четырех кожно-жировых складок (мм)	17–29 лет	30–39 лет	40–49 лет	≥50 лет
15	4,8	-	-	-
20	8,1	12,2	12,2	12,6
25	10,5	14,2	15,0	15,6
30	12,9	16,2	17,7	18,6
35	14,7	17,7	19,6	20,8
40	16,4	19,2	21,4	22,9
45	17,7	20,4	23,0	24,7
50	19,0	21,5	24,6	26,5
55	20,1	22,5	25,9	27,9
60	21,2	23,5	27,1	29,2
65	22,2	24,3	28,2	30,4
70	23,1	25,1	29,3	31,6
75	24,0	25,9	30,3	32,7
80	24,8	26,6	31,2	33,8
85	25,5	27,2	32,1	34,8
90	26,2	27,8	33,0	35,8
95	26,9	28,4	33,7	36,6
100	27,6	29,0	34,4	37,4
105	28,2	29,6	35,1	38,2
110	28,8	30,1	35,8	39,0
115	29,4	30,6	36,4	39,7
120	30,0	31,1	37,0	40,4
125	30,5	31,5	37,6	41,1
130	31,0	31,9	38,2	41,8
135	31,5	32,3	38,7	42,4
140	32,0	32,7	39,2	43,0
145	32,5	33,1	39,7	43,6
150	32,9	33,5	40,2	44,1
155	33,3	33,9	40,7	44,6
160	33,7	34,3	41,2	45,1
165	33,7	34,6	41,6	45,6
170	34,5	34,8	42,0	46,1
175	34,9	35,0	42,4	46,5
180	35,0	35,2	42,8	46,9
185	35,6	35,4	43,0	47,3
190	35,9	35,6	43,3	47,7

Таблица 3. Относительное содержание жировой ткани в организме женщин (%), эквивалентное значению суммы четырех кожно-жировых складок [19]

Сумма четырех кожно-жировых складок (мм)	16–29 лет	30–39 лет	40–49 лет	≥50 лет
15	10,5	-	-	-
20	14,1	17,0	19,8	21,4
25	16,8	19,4	22,2	24,0
30	19,5	21,8	24,5	26,6
35	21,5	23,7	26,4	28,5
40	23,4	25,5	28,2	30,3
45	25,0	26,9	29,6	31,9
50	26,5	28,2	31,0	33,4
55	27,8	29,4	32,1	34,6
60	29,1	30,6	33,2	35,7
65	30,2	31,6	34,1	36,7
70	31,2	32,5	35,0	37,7
75	32,2	33,4	35,9	38,7
80	33,1	34,3	36,7	39,6
85	34,0	35,1	37,5	40,4
90	34,8	35,8	38,1	41,2
95	35,6	36,5	39,0	41,9
100	36,4	37,2	39,7	42,6
105	37,1	37,9	40,4	43,3
110	37,8	38,6	41,0	43,9
115	38,4	39,1	41,5	44,5
120	39,0	39,6	42,0	45,1
125	39,6	40,1	42,5	45,7
130	40,2	40,6	43,0	46,2
135	40,8	41,1	43,5	46,7
140	41,3	41,6	44,0	47,2
145	41,8	42,1	44,5	47,7
150	42,3	42,6	45,0	48,2
155	42,8	43,1	45,4	48,7
160	43,3	43,6	45,8	49,2
165	43,7	44,0	46,2	49,6
170	44,1	44,4	46,6	50,0
175	44,4	44,8	47,0	50,4
180	44,7	45,2	47,4	50,8
185	45,0	45,6	47,8	51,2
190	45,3	45,9	48,2	51,6
195	45,5	46,2	48,5	52,0
200	45,5	46,5	48,8	52,4
205	45,8	46,8	49,1	52,7
210	46,0	47,1	49,4	53,0

клеточная и внеклеточная жидкости, а реактивного сопротивления – клеточные мембраны, поэтому биоимпедансный анализ состава тела заключается в первую очередь в оценке количества жидкости в биообъекте, так как именно жидкая среда создает активную составляющую проводимости [7, 15, 21].

Биоимпедансометрия является высокоинформативным, неинвазивным и безопасным методом, используемым в амбулаторных или стационарных условиях. По точности получаемых результатов она сопоставима со стандартной антропометрической методикой, а также с такими трудоемкими и дорогостоящими методами исследования, как рентгеновская денситометрия, компьютерная томография и магнитно-резонансная

томография. Абсолютным противопоказанием к исследованию, связанным с риском для здоровья пациента во время проведения биоимпедансного анализа, служит наличие хирургически имплантированного электронного устройства, поддерживающего работу систем жизнеобеспечения (электрокардиостимулятора, имплантированного кардиовертера-дефибриллятора).

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (денситометрия, Dual Energy X-ray Absorptiometry, DEXA) считается «золотым стандартом» анализа состава тела, но в клинической практике применяется преимущественно для определения проекционной минеральной плотности в исследуемых участках скелета. К недостаткам DEXA относится то, что при измерении

всего тела время исследования и лучевая нагрузка в несколько раз больше, чем при центральной денситометрии, а точность ниже [23]. При выполнении DEXA жировой компонент представлен суммой всех жировых элементов с невозможностью дифференцировать подкожную и висцеральную жировую ткани.

Этот метод может применяться для оценки скелетной мускулатуры конечностей. Поскольку среди мягких тканей конечностей преобладают мышцы, DEXA позволяет определить показатели относительной и абсолютной масс скелетной мускулатуры конечностей, которые в дальнейшем могут использоваться для расчета скелетно-мышечного индекса конечностей — массы скелетной мускулатуры конечностей, соотношенной с квадратом роста пациента ($\text{кг}/\text{м}^2$). В 1998 г. Baumgartner R.N. et al. предложили считать показатели ниже двух стандартных отклонений от средней мышечной массы здоровых людей того же возраста и пола признаком проявления саркопении: для мужчин — $7,26 \text{ кг}/\text{м}^2$, для женщин — $5,45 \text{ кг}/\text{м}^2$ [24].

Использование DEXA с целью оценки компонентного состава тела является экономически неэффективным ввиду высокой стоимости оборудования, необходимости специализированного помещения для установки оборудования и особых требований к подготовке медицинского персонала.

Компьютерная томография (КТ) при анализе состава тела благодаря высокому пространственному разрешению позволяет детально оценить не только различные ткани, но и их распределение внутри организма. Так, при помощи КТ можно определить распределение жировой ткани туловища, оценив отдельно объемы подкожной, висцеральной и внутримышечной жировых тканей [25]. Несмотря на то что КТ — точный метод оценки компонентного состава тела, его применение ограничено у пациентов, не имеющих показаний к этому исследованию в связи с высокой лучевой нагрузкой ($2,7\text{--}10 \text{ мЗв}$).

Несомненный плюс магнитно-резонансной томографии (МРТ) — отсутствие ионизирующего излучения, позволяющее использовать его во всех группах пациентов независимо от возраста. По сравнению с КТ МРТ несколько завышает показатель объема подкожной жировой клетчатки и недооценивает объем висцеральной жировой клетчатки, но, несмотря на это, считается точным методом определения жирового компонента при анализе структуры тела [26]. При МРТ достаточно высока частота артефактов на изображениях, как технических, связанных с дыханием и сердечной деятельностью обследуемого, так и операторских [27].

В процессе МРТ-исследования отдельных срезов проводится сканирование тела на тех же уровнях, что и при КТ. Затем осуществляется реконструкция изображения с помощью программного обеспечения. Врач лучевой диагностики, имеющий опыт оценки жировой ткани, вручную производит маркировку висцеральной и подкожной жировых тканей, а затем автоматиче-

ски проводится расчет площади, занимаемой каждой из них [28]. Таким образом, квалификация специалиста лучевой диагностики имеет большое значение при определении количества жировой ткани этим методом. Еще одним ограничивающим условием для МРТ являются трудности ее применения у пациентов с морбидным ожирением в связи с лимитом нагрузки на стол томографа (как правило, не более 130 кг) и большой ОТ, несовместимой с диаметром тоннеля сканера.

МРТ и КТ рассматриваются как эталонные методы оценки количества висцеральной и подкожной жировых тканей. Однако высокая стоимость, а также лучевая нагрузка при КТ ограничивают их применение рамками научных исследований.

Оценка пищевого статуса взрослого человека и диагностика его нарушений с помощью метода комплексной антропометрии

Физическое развитие человека оценивают методом исчисления индексов и соотношением их с нормативными данными для соответствующего пола, возраста и расы [6, 16]. В настоящее время наиболее распространенным показателем для оценки пищевого статуса с целью выявления дефицита массы тела или избыточной массы тела и определения степени ожирения служит индекс Кетле 2, или ИМТ (Body Mass Index, BMI), который рассчитывается по формуле:

$$\text{ИМТ} (\text{кг}/\text{м}^2) = \frac{\text{МТ} (\text{кг})}{\text{Рост}^2 (\text{м}^2)},$$

где МТ — масса тела (кг); рост — длина тела (м).

В таблице 4 отражена классификация массы тела в зависимости от ИМТ в соответствии с критериями Всемирной организации здравоохранения (1997).

Медицинское значение ИМТ заключается в том, что его величина $\geq 30 \text{ кг}/\text{м}^2$ прямо коррелирует с риском смертности от хронических неинфекционных заболеваний и выступает фактором риска ССЗ, СД2, гипертонической болезни, дислипидемии, желчнокаменной болезни, некоторых форм рака (молочной железы и матки у женщин; предстательной железы у мужчин), остеоартроза и др. В свою очередь, при низком ИМТ возрастает вероятность развития инфекционных

Таблица 4. Классификация массы тела в зависимости от индекса массы тела (Всемирная организация здравоохранения, 1997)

Состояние пищевого статуса	Индекс массы тела ($\text{кг}/\text{м}^2$)
Тяжелая степень гипотрофии	$<15,5$
Средняя степень гипотрофии	$15,5\text{--}17,4$
Легкая степень гипотрофии	$17,5\text{--}18,4$
Нормальная масса тела	$18,5\text{--}24,9$
Избыточная масса тела	$25,0\text{--}29,9$
Ожирение I степени	$30,0\text{--}34,9$
Ожирение II степени	$35,0\text{--}39,9$
Ожирение III степени (тяжелое, морбидное ожирение)	$\geq 40,0$

Таблица 5. Оценка степени недостаточности питания по отклонению фактической массы тела от рекомендуемой массы тела

Характеристика пищевого статуса	Отклонение ФМТ от РМТ
Нормальная масса тела	90–120% относительно РМТ
Легкая степень гипотрофии	От 80 до 90% относительно РМТ
Средняя степень гипотрофии	От 70 до 80% относительно РМТ
Тяжелая степень гипотрофии	<70% относительно РМТ

Примечание: ФМТ – фактическая масса тела (кг);
РМТ – рекомендуемая масса тела (кг).

заболеваний и патологий желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), дислипидемии, остеопороза. Следует отметить, что показатель ИМТ будет не информативен у лиц с избытком мышечной массы (спортсменов), с недостатком мышечной массы и одновременным избытком жировой массы (саркопении), а также у беременных.

Рекомендуемую массу тела (РМТ) рассчитывают по формулам Лоренца с учетом полового различия:

- для мужчин:**

$$РМТ, кг = (Рост, см - 100) - [(Рост, см - 152) \times 0,2];$$

- для женщин:**

$$РМТ, кг = (Рост, см - 100) - [(Рост, см - 152) \times 0,4].$$

Отклонение фактической массы тела (ФМТ) от РМТ выражают в процентах

$$\text{отклонение ФМТ от РМТ (\%)} = \frac{\text{ФМТ (кг)}}{\text{РМТ (кг)}} \times 100\%,$$

где ФМТ – фактическая масса тела (кг); РМТ – рекомендуемая масса тела (кг).

В таблице 5 представлена классификация гипотрофии.

Важным показателем, характеризующим распределение жира в организме, служит индекс талии и бедер (ИТБ), определяемый по соотношению ОТ/ОБ. Локализация и распределение жира относятся к существенным факторам, определяющим риск для здоровья. Избыточное накопление жира в области живота (абдоминальное или висцеральное ожирение, верхний тип ожирения – «яблоко») представляет больший риск для здоровья, чем его накопление в области бедер (нижний тип ожирения – «груша»), и ассоциируется с повышенным АД, СД2 и ранним развитием ишемической болезни сердца (ИБС). Вероятность метаболических осложнений особенно возрастает у мужчин с ОТ >102 см и женщин с ОТ >88 см: при таких значениях ожирение именуется абдоминальным.

Показатель ИТБ выше 1,0 у мужчин и выше 0,85 у женщин также соответствует абдоминальному типу ожирения (табл. 6). В сравнительных исследованиях соотношения ИТБ с данными КТ установлена положительная корреляция этого параметра с отложением жира в брюшной области на уровне пупка.

Полученный при измерении толщины КЖС на задней поверхности плеча показатель сравнивают табличными значениями (табл. 7). Трактовка состояния пищевого статуса по КЖС на задней поверхности плеча приведена для людей с нормальной и сниженной массой тела.

Для оценки степени недостаточности питания по окружности мышц плеча выполняется измерение обхвата (окружности) плеча и КЖС трицепса (задней поверхности плеча).

Окружность мышц плеча (ОМП) рассчитывается по формуле:

$$ОМП, см = ОП, см - 0,314 \times КЖСТ, мм,$$

где ОП – обхват (окружность) плеча (см); КЖСТ – кожно-жировая складка трицепса (задней поверхности плеча, мм).

Таблица 6. Характеристика ожирения по показателям обхвата талии и индекса талии и бедер

Пол	Обхват (окружность) талии (см)		Индекс талии и бедер
	Избыточная масса тела	Ожирение	Абдоминальное ожирение
Женщины	80–88	>88	>0,85
Мужчины	94–102	>102	>1,0

Таблица 7. Оценка степени недостаточности питания по толщине кожно-жировой складки на задней поверхности плеча

Состояние пищевого статуса	Толщина кожно-жировой складки на задней поверхности плеча (мм)							
	Мужчины					Женщины		
	18–19 лет	20–29 лет	30–39 лет	40–49 лет	>50 лет	18–39 лет	40–49 лет	>50 лет
Нормальное (100–90%)	13,4–20	15,3–18,7	16,2–14,6	15,6–14,0	13,8–12,4	11–10,8	12,6–11,3	11,7–11,5
Легкое нарушение (90–80%)	12,0–10,7	13,7–12,2	14,6–13,0	14,0–12,5	12,4–11,0	10,8–8,9	11,3–10,1	11,5–9,4
Нарушение средней тяжести (80–70%)	10,7–9,4	12,2–10,6	13,0–11,3	12,5–10,9	11,0–9,7	8,9–7,8	10,1–8,8	9,4–8,2
Тяжелое нарушение (<70% от нормы)	<9,4	<10,6	<11,3	<10,9	<9,7	<7,8	<8,8	

Таблица 8. Оценка степени недостаточности питания по окружности мышц плеча

Характеристика пищевого статуса	Окружность мышц плеча (см)	
	Мужчины	Женщины
Нормальное (100%)	22,8–25,3	20,9–23,2
Легкая степень гипотрофии (80–90%)	20,2–22,8	18,6–20,9
Средняя степень гипотрофии (70–80%)	17,7–20,2	16,2–18,6
Тяжелая степень гипотрофии (<70% от нормы)	<17,7	<16,2

Таблица 9. Оценка степени саркопении по окружности голени

Степень возрастных изменений мышечной ткани	Окружность голени (см)				
	55–60 лет	61–65 лет	66–70 лет	71–75 лет	76–80 лет
Норма	>39	>38	>37	>36	>35
Пресаркопения	38–39	37–38	36–37	35–36	34–35
Саркопения	-	-	33–34	23–33	32–33
Выраженная саркопения	30–31				

Расчетный показатель ОМП сравнивают с табличными значениями (табл. 8). Трактовка состояния пищевого статуса по окружности мышц плеча представлена для людей с нормальной и сниженной массой тела.

Измерения окружности голени могут использоваться в качестве диагностического показателя саркопении для пожилых людей в условиях, когда другие методы диагностики мышечной массы, соответствующие критериям Европейской рабочей группы по изучению саркопении у пожилых людей (European Working Group on Sarcopenia, EWGSOP) 2009 г. (определение скорости ходьбы, динамометрия и измерение мышечной массы по средствам денситометрии или биоимпедансометрии), недоступны. В зарубежном исследовании людей старше 80 лет было показано, что величина окружности голени менее 31 см имела положительную связь со снижением толерантности к физической нагрузке и увеличением мышечной слабости [29]. Исследование, проведенное в России, также продемонстрировало достоверную корреляцию между величиной окружности голени и мышечной слабостью, при этом авторами были предложены критерии оценки степени выраженности саркопении (табл. 9) [30].

При саркопеническом ожирении, включающем критерии саркопении и увеличение объема подкожной жировой клетчатки у мужчин $\geq 25\%$, у женщин $\geq 35\%$, антропометрический метод недостаточно информативен, поскольку в этом случае наблюдаются жировое перерождение клеток-сателлитов и жировая инфильтрация мышц, которые способствуют снижению силы нижних конечностей, при сохранении величины окружности голени [31].

Компоненты состава тела как предикторы алиментарно-зависимых заболеваний

Уменьшение ТМТ свидетельствует о преобладании катаболических процессов над анаболическими, т.е. служит признаком развития синдрома гиперметаболизма либо белково-энергетической недостаточности. При развитии гипотрофии нарушается усвоение белка в ЖКТ и начинается использование тканевых белков. Расход белков происходит в 80% за счет мышц, в 18% — за счет гемоглобина и в 2% — сывороточного альбумина.

Любой вид ожирения является неблагоприятным прогностическим признаком. Наиболее негативным фактором считается абдоминальное (центральное) ожирение, так как в брюшной полости находится обширная кровеносная сеть, по которой жирные кислоты в большом количестве попадают в печень. Печень синтезирует из них холестерин и триглицериды, которые затем могут способствовать образованию атеросклеротических отложений на сосудах. Особенно часто центральный вид ожирения встречается у мужчин старше 40 лет и приводит ко многим заболеваниям (гипертонии, инфаркту, инсульту, СД2). Еще одна опасность для мужчин при ожирении — преобразование тестостерона в эстрогены (женские половые гормоны). Это влечет за собой как внешние, так и внутренние изменения. Оптимальные значения относительного содержания жировой массы в теле в зависимости от пола и возраста указаны в таблице 10. При более высоких и более низких показателях содержания жира в организме наблюдается снижение физической работоспособности. При содержании ЖМТ менее 7,5%

Таблица 10. Оценка относительного содержания жировой ткани в организме [14]

Характеристика	Содержания жировой ткани в организме (%)									
	29–30 лет		30–39 лет		40–49 лет		50–59 лет		>60 лет	
	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.
Очень низкое	<11	<16	<12	<17	<14	<18	<15	<19	<16	<20
Низкое	11–13	16–19	12–14	17–20	14–16	18–21	15–17	19–22	16–18	20–23
Оптимальное	14–20	20–28	15–21	21–29	17–23	22–30	18–24	23–31	19–25	24–32
Высокое	21–23	29–31	22–24	30–32	24–26	31–33	25–27	32–33	26–28	33–35

развиваются дистрофические изменения внутренних органов, а при значениях этого показателя менее 3% в организме наступают необратимые изменения.

По уровню развития мышечной массы выполняется оценка степени саркопении с помощью DEXA. На основе полученных результатов рассчитывается количественный показатель аппендикулярной мышечной массы (АММ):

$АММ, кг = \text{тощая масса верхних конечностей, кг} + \text{тощая масса нижних конечностей, кг}.$

Снижение АММ менее 20 кг у мужчин и менее 15 кг у женщин указывает на саркопению.

Далее определяется индекса тощей массы (ИТМ) скелетных мышц:

$$ИТМ (кг/м^2) = \frac{АММ, кг}{Рост, м^2},$$

где ИТМ — индекс тощей массы скелетных мышц (кг/м²); АММ — аппендикулярная мышечная масса (кг); рост — длина тела (м²).

Саркопения диагностируется при снижении ИТМ более чем на 2 стандартных отклонения, что, по разным источникам, соответствует ИТМ менее 7,26–8,5 кг/м² у мужчин и менее 5,5–5,75 кг/м² у женщин [31].

Биелектрический импедансный анализ служит альтернативой DEXA, будучи более экономически выгодным, легко воспроизводимым и мобильным методом диагностики. В таблице 11 приведены референсные значения ИТМ для диагностики саркопении. Вместе с тем биоимпедансный метод исследования недостаточно точен, особенно у пациентов с заболеваниями, проявляющимися отеком синдромом (хронической сердечной недостаточностью, почечной недостаточностью и лимфедемой) [31].

Антропометрический метод применяется во многих областях медицины:

- в диетологии — для характеристики ожирения или истощения, оценке терапевтических и диетологических вмешательств;
- в эндокринологии — при заболеваниях, связанных с нарушением секреции гормона роста, тестостерона, при гиперпаратиреозидизме;
- в геронтологии — при изучении процессов старения и нервно-мышечных изменениях;
- в спортивной медицине — для оценки функциональных возможностей спортсмена, эффективности физических упражнений и питания;
- в гастроэнтерологии — при лечении пациентов с синдромом мальабсорбции;
- в гинекологии — с целью оценки эффектов эстро-

генов на компоненты тела женщины;

- в педиатрии — при заболеваниях, связанных с нарушением секреции гормона роста;
- в ревматологии — для оценки негативных последствий длительного применения глюкокортикостероидов.

В последние десятилетия результаты анализа состава тела применяют в клинической практике и онкологии для определения темпов прогрессирования раковой кахексии, в частности саркопении, у онкологических пациентов, изменения физического состояния больных, установления рисков выполнения инвазивных процедур, а также оценки общего прогноза заболевания [32–34]. Некоторые авторы считают, что наличие саркопении и изменений в составе тела пациентов может влиять на токсичность химиотерапевтического лечения. Кроме того, имеется ряд публикаций, в которых обращается внимание, что на основании данных анализа состава тела возможна коррекция химиотерапии путем оптимизации ее дозы и объема [35, 36].

Наиболее часто антропометрический метод в клинической практике используют при обследовании людей с избыточной или недостаточной массой тела. Основой лечения пациентов с такими состояниями является диетотерапия. Благодаря правильно подобранному рациону достигается снижение или увеличение массы тела, уменьшение жировой или наращивание мышечной масс, снижение уровня жидкости в организме. Все проводимые изменения компонентного состава тела человека требуют динамического наблюдения и своевременной коррекции диетотерапии. Одним из наиболее точных, доступных и удобных в повседневной работе служит метод биоимпедансного анализа состава тела человека. Этот метод позволяет достоверно и своевременно оценивать изменения в организме человека и вовремя корректировать рацион.

Далее нами представлен клинический пример, демонстрирующий изменения компонентного состава тела при проведении диетотерапии. Рассмотрим пример протоколов биоимпедансного анализа состава тела пациентки с ожирением 1 степени, наблюдавшейся амбулаторно и придерживающейся рекомендаций по питанию, который сформировал для нее диетолог консультативного центра.

Описание клинического случая

Пациентка В. 43 лет, обратилась с целью снижения массы тела. Протокол биоимпедансного анализа состава ее тела приведен на рисунке 4. Рост женщины 159 см, масса тела 82,4 кг, ИМТ 32,6 кг/м², что соответствует

Таблица 11. Критерии саркопении по данным биоимпедансного анализа

Степень возрастных изменений мышечной ткани	Индекса тощей массы скелетных мышц (кг/м ²)	
	Мужчины	Женщины
Норма	>10,75	>6,75
Саркопения	8,51–10,75	5,76–6,75
Выраженная саркопения	<8,5	<5,75

Анализ состава тела

Анализ Соотношения Мышцы-жир

Анализ ожирения

Анализ тощей массы по сегментам

Анализ Соотношения ВКЖ/ОКЖ

История состава тела

Оценка

53/100 Балл

* Это общая оценка отражает состав тканей тела и телосложение. Человек с развитой мускулатурой может набрать более 100 баллов.

Область жира внутренних органов



Идеальный Вес	55,2 kg
Контроль Веса	- 27,2 kg
Контроль Жира	- 27,2 kg
Контроль Мышц	0,0 kg

Анализ жировой массы по сегментам



Параметры исследования

Внутриклеточная вода	19,4 L	(17,2~21,0)
Внеклеточная вода	11,9 L	(10,5~12,9)
Уровень базального метаболизма	1288 kcal	(1603~1878)
Индекс соотношения талия/бедро	0,92	(0,75~0,85)
Степень ожирения	152 %	(90~110)
Активная масса клеток	27,8 kg	(24,6~30,0)

QR-код интерпретации результатов

Чтобы просмотреть
подробную интерпретацию
результатов, сканируйте
QR-код



Полный фазовый угол тела

 $\phi(\gamma) = 50 \text{ kHz} \quad 5.5^\circ$

Импеданс

	ПР	ЛР	ТУ	ПН	ЛН
Z(Ω) 1 кГц	395,4	391,1	31,3	251,9	247,3
5 кГц	386,7	382,5	31,3	242,2	237,7
50 кГц	344,8	342,0	28,4	213,4	211,1
250 кГц	312,3	309,3	24,7	192,4	190,8
500 кГц	301,3	298,2	23,2	187,9	186,4
1000 кГц	292,9	289,3	21,2	186,0	184,4

ID	Рост	Возраст	Пол	Дата / Время проверки
270923-3	159cm	43 (19.11.1980.)	Женский	21.02.2024. 16:36

Анализ состава тела

	Результат	Общее количество воды в организме	Тощая масса	Безжировая масса	Вес
Общее количество воды в организме (L)	30,4 (27,7~33,9)	30,4	39,1 (35,5~43,5)	41,4 (37,7~46,0)	74,4 (46,2~62,6)
Протеин (kg)	8,2 (7,4~9,0)	неизвестный			
Минералы (kg)	2,79 (2,56~3,13)				
Содержание жира в теле (kg)	33,0 (10,9~17,4)				

Анализ Соотношения Мышцы-жир

	Недостаток	Норма	Превышение
Вес (kg)	55 70 85 100 115 130 145 160 175 190 205 %		74,4
Масса скелетной мускулатуры (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 %		22,7
Содержание жира в теле (kg)	40 60 80 100 160 220 280 340 400 460 520 %		33,0

Анализ ожирения

	Недостаток	Норма	Превышение
ИМТ (kg/m²) <small>Индекс массы тела</small>	10,0 15,0 18,5 21,5 25,0 30,0 35,0 40,0 45,0 50,0 55,0		29,4
Процентное содержание жира (%)	8,0 13,0 18,0 23,0 28,0 33,0 38,0 43,0 48,0 53,0 58,0		44,4

Анализ тощей массы по сегментам

	Недостаток	Норма	Превышение	Соотношение ВЮК/ОКЖ
Правая Рука (kg) (%)	40 60 80 100 120 140 160 180 200 %	2,16	97,3	0,375
Левая Рука (kg) (%)	40 60 80 100 120 140 160 180 200 %	2,18	98,5	0,375
Туловище (kg) (%)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %	19,5	98,0	0,378
Правая Нога (kg) (%)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %	6,56	94,1	0,378
Левая Нога (kg) (%)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %	6,59	94,4	0,378

Анализ Соотношения ВЮК/ОКЖ

	Недостаток	Норма	Превышение
Соотношение ВЮК/ОКЖ	0,320 0,340 0,360 0,380 0,390 0,400 0,410 0,420 0,430 0,440 0,450		0,378

История состава тела

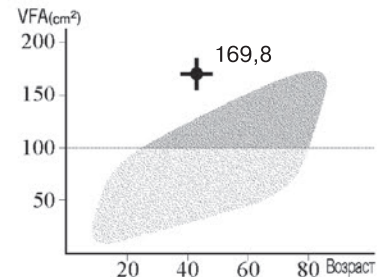
Вес (kg)	82,4	74,4
Масса скелетной мускулатуры (kg)	23,3	22,7
Процентное содержание жира (%)	48,4	44,4
Соотношение ВЮК/ОКЖ	0,381	0,378
✓ Недавние	27.09.23. 17:04	21.02.24. 16:36

Оценка

59/100 Балл

* Это общая оценка отражает состав тканей тела и телосложение. Человек с развитой мускулатурой может набрать более 100 баллов.

Область жира внутренних органов



Контроль Веса

Идеальный Вес 54,4 kg
Контроль Веса - 20,0 kg
Контроль Жира - 20,5 kg
Контроль Мышц + 0,5 kg

Анализ жировой массы по сегментам

Правая Рука (2,7 kg)	293,4%
Левая Рука (2,7 kg)	291,3%
Туловище (16,4 kg)	320,2%
Правая Нога (5,0 kg)	213,2%
Левая Нога (5,0 kg)	213,3%

Параметры исследования

Внутриклеточная вода	18,9 L (17,2~21,0)
Внеклеточная вода	11,5 L (10,5~12,9)
Уровень базального метаболизма	1264 kcal (1484~1731)
Индекс соотношения талия-бедро	0,95 (0,75~0,85)
Степень Ожирения	137 % (90~110)
Активная масса клеток	27,1 kg (24,6~30,0)

QR-код интерпретации результатов

Чтобы просмотреть подробную интерпретацию результатов, сканируйте QR-код.



Полный фазовый угол тела

φ(°) 50 kHz 5,5°

Импеданс

	ПР	ЛР	ТУ	ПН	ЛН
Z(Ω) 1 kHz	408,8	402,0	31,8	291,2	289,3
5 kHz	399,3	392,5	31,6	281,9	279,8
50 kHz	354,5	349,8	28,4	248,0	244,7
250 kHz	321,1	316,4	24,7	223,9	220,6
500 kHz	310,0	305,4	23,2	218,4	215,0
1000 kHz	301,9	297,0	21,5	215,3	211,9

Рисунок 5. Протокол биоимпедансного исследования состава тела пациентки В. через 5 мес. соблюдения диетологических рекомендаций

ожирению 1 степени. Содержание скелетно-мышечной массы (массы скелетной мускулатуры) – 23,3 кг (норма), количество жировой массы – 39,9 кг (превышение нормальных показателей). Таким образом, относительное количество жировой массы в организме у В. выше нормы – 48,4%. Жировая масса превышает скелетно-мышечную более чем в 1,5 раза.

Такое соотношение свидетельствует о том, что снижение массы тела будет занимать продолжительное время, так как именно скелетно-мышечная масса в организме человека потребляет наибольшее количество энергии. Исходя из показателя скелетно-мышечной массы, производится автоматическое вычисление величины основного обмена (уровня базального метаболизма), который является ключевой составляющей суточных энерготрат человека и необходим при расчете индивидуальной потребности в энергии и основных пищевых веществах – белках, жирах и углеводах. Уровни внутриклеточной и внеклеточной жидкости находятся в пределах нормы, следовательно, у пациентки нет задержки жидкости и отеков. В протоколе представлен анализ тощей массы по сегментам, который демонстрирует пропорциональность физического развития человека. Из него видно, что показатели для правой и левой руки, так же как для правой и левой ноги, близки как в абсолютных, так и в относительных значениях.

Анализ жировой массы по сегментам описывает распределение жировой ткани в организме. Из протокола следует, что жировые отложения в большей степени локализуются в руках и туловище – это может указывать на абдоминальное ожирение. При этом обе руки и обе ноги идентичны по абсолютным показателям и схожи по относительным. В правой части протокола можно увидеть рисунок, характеризующий область жира внутренних органов. Закрашенная область является областью нормальных значений, а черная точка – показателем пациентки. В соответствии с данными протокола показатель, характеризующий висцеральный жир, не входит в область нормальных значений, что дополнительно указывает на возможность абдоминального ожирения у этой женщины.

В части контроля веса программным обеспечением предложен показатель «идеальной» массы тела, кото-

рый будет меняться с течением времени в зависимости от количества скелетно-мышечной массы: чем выше содержание СММ, тем больший «идеальный вес» будет предложен программой. В этой же части протокола можно видеть рекомендации по снижению жировой массы на 27,2 кг для этой пациентки. Однако эти расчетные данные не учитывают возрастных особенностей и состояния людей, поэтому не всегда могут рассматриваться в качестве рекомендаций для пациентов.

На основании полученных данных для пациентки был разработан индивидуальный рацион, которого она придерживалась. На повторный прием В. пришла через 5 мес. (рис. 5).

Масса тела пациентки снизилась на 8 кг и составила 74,4 кг, что привело к уменьшению ИМТ на 3,2 пункта: это позволило квалифицировать текущий показатель не как ожирение, а как избыточную массу тела. Содержание скелетно-мышечной массы уменьшилось на 0,6 кг до 22,7 кг (значение в пределах нормальных значений). Количество жировой массы снизилось на 6,9 кг и составило 33,0 кг, по-прежнему превышая норму. Однако относительное количество жировой массы в организме снизилось на 4% до 44,4%, что не соответствует норме, но с учетом исходного показателя свидетельствует о положительной динамике.

При редукции массы тела зачастую происходит снижение и жирового, и мышечного компонентов, но уменьшение их процентного соотношения указывает на интенсивное снижение жировой массы. Уровни внутриклеточной и внеклеточной жидкости у пациентки изменились незначительно и находятся в диапазоне нормальных значений. На данном этапе лечения ожирения ей рекомендовано снижение количества жировой ткани еще на 20 кг.

Таким образом, у наблюдаемой пациентки можно отметить значимую положительную динамику лечения ожирения с переходом ожирения 1 степени в избыточную массу тела, со значимым снижением количества жировой ткани, но со слабой тенденцией к уменьшению скелетно-мышечной массы. Дальнейшее лечение пациентки должно быть направлено на сохранение мышечной массы со снижением количества жировой ткани под контролем биоимпедансного исследования состава тела 1 раз в 3 мес.

Литература/References

- Бурляева Е.А., Прунцева Т.А., Семенов М.М., Стаханова А.А., Короткова Т.Н., Елизарова Е.В. Компонентный состав тела и величина основного обмена у пациентов с избыточной массой тела и ожирением. Вопросы питания. 2022;91(5):78–86. doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-5-78-86.
- Бурляева Е.А., Прунцева Т.А., Короткова Т.Н., Семенов М.М. Фактическое питание и пищевой статус пациентов с недостаточной массой тела. Вопросы питания. 2021;90(6):77–84. doi: 10.33029/0042-8833-2021-90-6-77-84.
- Организация медицинской помощи пациентам с саркопенией. Методические рекомендации. М.: ГБУ «НИИОЗММ» ДЗМ. 2023; 49 с.
- Donini LM, Busetto L, Bischoff SC, Cederholm T, Ballesteros-Pomar MD, Batsis JA et al. Definition and diagnostic criteria for sarcopenic obesity: ESPEN and EASO Consensus Statement. Obes Facts. 2022;15(3):321–35. doi: 10.1159/000521241.
- Алферова В.И., Мустафина С.В. Распространенность ожирения во взрослой популяции Российской Федерации (обзор литературы). Ожирение и метаболизм. 2022;19(1):96–105. doi: 10.14341/omet12809.
- Юсенко С.Р., Зубкова Т.С., Сорокин А.С., Халтурина Д.А. Ожирение в России: динамика распространенности и половозрастная структура с конца XX века. Общественное здоровье. 2024;4(3):17–29. doi: 10.21045/2782-1676-2024-4-3-17-29.
- Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. Монография. М.: Наука. 2009; 392 с. ISBN: 978-5-02-036696-1.
- Башкиров П.Н. Учение о физическом развитии человека. М.: МГУ. 1962; 340 с.
- Лутвинова Н.Ю., Уткина М.И., Чтецов В.П. Методические проблемы изучения вариаций подкожного жира. Вопросы антропологии. 1970;(36):32–54.
- Мартыросов Э.Г., Руднев С.Г., Николаев Д.В. Применение антропологических методов в спорте, спортивной медицине и фитнесе. Учебное пособие. М.: Физическая культура. 2010; 120 с. ISBN: 978-5-9746-0124-8.
- Петухов А.Б., Никитюк Д.Б., Сергеев В.Н. Медицинская антропология: анализ и перспективы развития в клинической практике. Учебно-методическое пособие. М.: ИД «Медпрактика-М». 2015; 512 с. ISBN: 978-5-98803-335-6.

12. Терако Л., Кметинский Е. Антропология. Учебное пособие. М.: Новое знание. 2004; 400 с. ISBN: 5-94735-033-5.
13. Бунак В.В. Методика антропометрических исследований. М., Л.: Госмедиздат. 1931; 168 с.
14. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Ключкова С.В., Алексеева Н.Т., Погонченкова И.В., Рассулова М.А. с соавт. Использование метода комплексной антропометрии в спортивной и клинической практике. Методические рекомендации. М.: Спорт. 2018; 64 с. ISBN: 978-5-9500179-9-5.
15. Николаев Д.В., Щелыкина С.П. Лекции по биомедицинскому анализу состава тела человека. М.: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ. 2016; 152 с. ISBN: 5-94116-026-1.
16. Арутюнов Г.П., Костокевич О.И., Былова Н.А. Распространенность, клиническая значимость гипотрофии и эффективность нутритивной поддержки у пациентов, страдающих хронической сердечной недостаточностью. Экспериментальная клиническая гастроэнтерология. 2009;(2):22–33.
17. Костокевич О.И., Свиридов С.В., Рылова А.К., Рылова Н.В., Корсунская М.И., Колесникова Е.А. Недостаточность питания: от патогенеза к современным методам диагностики и лечения. Терапевтический архив. 2017;89(12-2):216–225. doi: 10.17116/terarkh20178912216-225.
18. Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М., Кочеткова Н.И. Морфологические критерии – показатели пригодности, общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам. Учебно-методическое пособие. М.: ТБТ дивизион. 2010; 104 с. ISBN: 978-5-98724-082-3.
19. Durnin JV, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. Br J Nutr. 1974;32(1):77–97. doi: 10.1079/bjn19740060.
20. Watson PE, Watson ID, Batt RD. Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. Am J Clin Nutr. 1980;33(1):27–39. doi: 10.1093/ajcn/33.1.27.
21. Heyward VH, Wagner DR. Applied body composition assessment. Champaign, IL: Human Kinetics, 2nd edition. 2004; 268 pp. ISBN: 0736046305, 9780736046305.
22. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gomez J et al. Bioelectrical impedance analysis – part II: Utilization in clinical practice. Clin Nutr. 2004;23(6):1430–53. doi: 10.1016/j.clnu.2004.09.012.
23. Скрипникова И.А., Щеплягина Л.А., Новиков В.Е., Косматова О.В., Абилова А.С. Возможности костной рентгеновской денситометрии в клинической практике. Остеопороз и остеопатия. 2010;13(2):23–34.
24. Касаткина Е.А., Лядов В.К., Мершина Е.А., Силицын В.Е. Методы лучевой диагностики в оценке состава тела человека. Вестник рентгенологии и радиологии. 2013;(2):59–64.
25. Mourtzakis M, Prado CM, Lieffers JR, Reiman T, McCargar LJ, Baracos VE. A practical and precise approach to quantification of body composition in cancer patients using computed tomography images acquired during routine care. Appl Physiol Nutr Metab. 2008;33(5):997–1006. doi: 10.1139/H08-075.
26. Kullberg J, Brandberg J, Angelhed JE, Frimmel H, Bergelin E, Strid L et al. Whole-body adipose tissue analysis: Comparison of MRI, CT and dual energy X-ray absorptiometry. Br J Radiol. 2009;82(974):123–30. doi: 10.1259/bjr/80083156.
27. MacDonald AJ, Greig CA, Baracos V. The advantages and limitations of cross-sectional body composition analysis. Curr Opin Support Palliat Care. 2011;5(4):342–49. doi: 10.1097/SPC.0b013e32834c49eb.
28. Окорков П.Л., Васюкова О.В., Воронцов А.В. Методы оценки количества и распределения жировой ткани в организме и их клиническое значение. Проблемы эндокринологии. 2014;60(3):53–58. doi: 10.14341/probl201460353-58.
29. Landi F, Onder G, Russo A, Liperoti R, Tosato M, Martone AM et al. Calf circumference, frailty and physical performance among older adults living in the community. Clin Nutr. 2014;33(3):539–44. doi: 10.1016/j.clnu.2013.07.013.
30. Бочарова К.А., Герасименко А.В., Жабоева С.Л. Возрастная динамика выраженности скрининговых критериев саркопении. Фундаментальные исследования. 2014;(10-6):1048–1051.
31. Мокрышева Н.Г., Крупинова Ю.А., Володичева В.Л., Мирная С.С., Мельниченко Г.А. Саркопения глазами эндокринолога. Ожирение и метаболизм. 2018;15(3):21–27. doi: 10.14341/omet9792.
32. Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. J Am Geriatr Soc. 2002;50(5):889–96. doi: 10.1046/j.1532-5415.2002.50216.x.
33. Pichard C, Kyle UG, Morabia A, Perrier A, Vermeulen B, Unger P. Nutritional assessment: Lean body mass depletion at hospital admission is associated with an increased length of stay. Am J Clin Nutr. 2004;79(4):613–18. doi: 10.1093/ajcn/79.4.613.
34. Cosquerie G, Sebag A, Ducolombier C, Thomas C, Piette F, Weill-Engerer S. Sarcopenia is predictive of nosocomial infection in care of the elderly. Br J Nutr. 2006;96(5):895–901. doi: 10.1017/bjn20061943.
35. Prado CM, Baracos VE, McCargar LJ, Reiman T, Mourtzakis M, Tonkin K et al. Sarcopenia as a determinant of chemotherapy toxicity and time to tumor progression in metastatic breast cancer patients receiving capecitabine treatment. Clin Cancer Res. 2009;15(8):2920–26. doi: 10.1158/1078-0432.CCR-08-2242.
36. Prado CM, Antoun S, Sawyer MB, Baracos VE. Two faces of drug therapy in cancer: Drug-related lean tissue loss and its adverse consequences to survival and toxicity. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2011;14(3):250–54. doi: 10.1097/MCO.0b013e3283455d45.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

***Бурляева Екатерина Александровна** — к.м.н., заведующий КДЦ «Здоровое и спортивное питание» ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», доцент кафедры гигиены питания и токсикологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), заведующий лабораторией экстремальной нутрициологии и прикладных пищевых технологий ФГБУН «ГНЦ РФ — ИМБП РАН». ORCID: 0000-0001-9290-0185; e-mail: dr.burlyueva@gmail.com

Выборная Ксения Валерьевна — научный сотрудник лаборатории антропонутициологии и спортивного питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». ORCID: 0000-0002-4010-6315; e-mail: dombim@mail.ru

Елизарова Елена Викторовна — к.м.н., доцент кафедры гигиены питания и токсикологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

Никитюк Дмитрий Борисович — д.м.н., профессор, академик РАН, заведующий лабораторией антропонутициологии и спортивного питания, директор ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), профессор кафедры экологии и безопасности пищи Института экологии ФГАОУ ВО «РВДН им. П. Лумумбы». ORCID: 0000-0002-4968-4517; e-mail: dimitrynik@mail.ru

Тутельян Виктор Александрович — д.м.н., профессор, академик РАН, научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». ORCID: 0000-0002-4164-8992; e-mail: tutelyan@ion.ru

Белаковский Марк Самуилович — к.м.н., заведующий отделом внедрения, реализации и пропаганды научных достижений ФГБУН «ГНЦ РФ — ИМБП РАН»

*Автор, ответственный за переписку: dr.burlyueva@gmail.com

Рукопись получена 19.02.2025. Рецензия получена 25.03.2025. Принята к публикации 04.09.2025.

Conflict of interests. The authors declare that there is not conflict of interests.

***Ekaterina A. Burlyueva** — C. (Sci) Med., Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety; Associate Professor of the Department of food hygiene and toxicology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia (Sechenov University); Head of the Department of extreme nutrition and applied food technologies, Institute of Biomedical Problems of RAS, Moscow, Russia. ORCID: 0000-0001-9290-0185; e-mail: dr.burlyueva@gmail.com

Ksenia V. Vibornaya — Researcher at the Department of anthroponutritionology and sports nutrition, Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia. ORCID: 0000-0002-4010-6315; e-mail: dombim@mail.ru

Elena V. Yelizarova — C. (Sci) Med., Associate Professor of the Department of food hygiene and toxicology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia (Sechenov University), Moscow, Russia

Dmitry B. Nikityuk — D. (Sci) Med, Professor, Academician of RAS, Head of the Department of anthroponutritionology and sports nutrition, Director of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety; Professor of the Department of operative surgery and topographic anatomy, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia (Sechenov University); Professor of the Department of ecology and food safety, Institute of Ecology of RUDN University, Moscow, Russia. ORCID: 0000-0002-4968-4517; e-mail: dimitrynik@mail.ru

Viktor A. Tutelyan — D. (Sci) Med, Professor, academician of RAS, Scientific Director of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia. ORCID: 0000-0002-4164-8992; e-mail: tutelyan@ion.ru

Mark S. Belakovskiy — C. (Sci) Med., Head of the Department of implementation, realization and promotion of scientific achievements, Institute of Biomedical Problems of RAS, Moscow, Russia

*Corresponding author: dr.burlyueva@gmail.com

Received: 19.02.2025. Revision Received: 25.03.2025. Accepted: 04.09.2025.