

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОСТАВА ТЕЛА СПОРТСМЕНОВ

Наталья Викторовна Рылова*

*Поволжская академия физической культуры, спорта и туризма, г. Казань,
Казанский государственный медицинский университет***Реферат**

Представлен обзор современной литературы, посвящённой существующим методам оценки состава тела, указаны сферы их применения и возможности каждого из них, обозначена роль мониторинга состава тела спортсменов, а также основные факторы, влияющие на соотношение компонентов тела. С течением времени в спорте всё более преобладают тенденции стремительного роста рекордов, усложнение технических программ, что связано со значительной интенсификацией тренировочных и соревновательных нагрузок, и как следствие изменение морфологических показателей телосложения спортсменов. В связи с этим оценка состава тела атлетов приобретает всё возрастающее значение. Мониторинг состава тела спортсменов позволяет оценить состояние здоровья и физическую подготовку атлетов, что весьма информативно для управления тренировочным процессом. Важные шаги в направлении поддержки здоровья и работоспособности спортсменов — разработка новых методов диагностики состава тела, изменение правил и возможностей определения состава тела, которые на сегодняшний день стали более точными и достоверными. В настоящее время существует большое количество методов оценки тканевого состава тела на различных уровнях (на элементном, молекулярном, клеточном, органно-тканевом и на уровне целостного организма). Однако при всём многообразии существующих методов исследования состава тела каждый из них имеет ряд преимуществ и недостатков для использования в спортивной практике. По этой причине при выборе метода исследования необходимо ориентироваться на его цели, а также доступность и практичность применения. Внедрение новых технологий и методов исследования позволяет повысить надёжность и оперативность оценки состава тела, однако новые методы — дорогостоящие, необходима стандартизация их использования для практического применения, а также разработка нормативных показателей.

Ключевые слова: состав тела человека, спортсмены.

ACTUAL ASPECTS OF STUDYING ATHLETE'S BODY COMPOSITION *N.V. Rylova. Volga Region State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia; Kazan State Medical University, Kazan, Russia.* The review of the literature presents the existing methods of the body composition estimation, including the area of their use and information they provide, the role of the body composition monitoring in athletes, as well as the main factors influencing the body composition, are outlined. Over time, in professional sports there is a trend of the significant improvement of the results, sophistication of the technical sporting programs, leading to tougher training and competition, resulting in morphological changes of the athletes' body composition. Thus, the importance of the athletes' body composition assessment increases. Athletes' body composition monitoring allows to assess the athletes' health and physical fitness, allowing to adjust the training. The development of the new methods, changes in basic principles and the possibilities of determining body composition, which today have become more accurate and reliable, is an important step towards the proper athlete's health support and enhancing the performance. Currently, there are a lot of methods of tissue body composition assessment at different levels of organization (elemental, molecular, cellular, tissue and organ levels, whole body level). However, despite the variety of existing methods, each of them has a number of advantages and disadvantages for use in sports practice. Therefore, to choose the proper body composition assessment method, it is necessary to focus on research objectives, as well as the accessibility and availability of the research method. Introduction of new technologies and examination methods allows increasing the specificity and promptness of the body composition estimation, but the novel methods are high-cost, needs standardization and validation to be widely used in common practice. **Keywords:** human body composition, athletes.

В спортивной практике для мониторинга физического состояния и тренировочного режима спортсменов широко применяют метод изучения соотношения тканевых компонентов тела. Анализ и контроль жировой, безжировой и мышечной массы, общего содержания воды в организме позволяет оценивать и прогнозировать развитие метаболического синдрома, определять рацион питания и контролировать эффективность процедур коррекции [3].

Первостепенное значение в спорте имеет вычисление жировой массы, которая выполняет функции метаболически активного органа, достаточный её уровень играет существенную роль в поддержании общего здоровья [6]. Знание о количестве и распределении костной и мышечной тканей используют при определении спортивной

работоспособности. Снижение доли жировой массы до 5–6% общей массы тела, а скелетно-мышечной массы в соревновательном периоде — до 46% общей массы тела нежелательно и чаще свидетельствует о переутомлении атлетов [1]. Изменения мышечного и жирового компонентов под воздействием тренировочных нагрузок отражают направленность и выраженность адаптивных сдвигов структурного уровня в организме спортсмена и преимущественный характер энергообеспечения. Лабильные морфологические показатели человека могут служить маркерами адаптации к напряжённой мышечной деятельности.

Существенное значение имеет контроль водного баланса спортсменов, так как дегидратация, даже лёгкой степени, тяжело переносится организмом [14, 15]. Активные физические нагрузки сопровождаются потерей микро- и макроэлементов за счёт потоотделения, в первую очередь натрия и калия, что пагубно влияет на функцию

Адрес для переписки: rilovanv@mail.ru

нальное состояние сердечно-сосудистой системы и нервно-мышечной регуляции [5]. Исследованиями ряда авторов доказана необходимость отслеживания общего содержания воды в организме, объёма внутриклеточной жидкости у элитных спортсменов при коррекции массы тела перед началом соревнований во избежание снижения силовых характеристик мышц [10, 18, 25].

Исследования компонентов массы тела проводились многими учёными [5, 24]. Так, известно, что состав тела изменяется под влиянием различного содержания белков, жиров и углеводов в пищевом рационе [4]. Повышение уровня жировой массы происходит в случае увеличения доли углеводно-жирового комплекса в диете, а при ограничении количества жирной и углеводсодержащей пищи регистрируются обратные изменения состава тела. Применение различных фармакологических средств также оказывает влияние на состав тела: использование анаболических препаратов увеличивает мышечную массу, повышает работоспособность и выносливость [12].

Кроме этого, известно об особенностях изменений состава тела юных спортсменов в различные возрастные периоды. Динамика изменений компонентов массы тела в первую очередь отражает становление гормональной сферы, а также процессы роста и развития под воздействием занятий спортом. Так, дети обоего пола, занимающиеся спортом 1–4 года в возрастном интервале 5–9 лет, отличаются низкой мышечной массой (43–45% общей массы тела) и средней жировой массой (10–13% общей массы тела). В препубертатный период отмечают постепенный и небольшой рост мышечной массы и вариации жиросотложения. Пубертатный период характеризуется более выраженным (особенно у мальчиков) ростом мышечной массы при снижении жировой массы у мальчиков и её повышении у девочек. Постпубертатный период в большей мере отражает уже спортивное совершенствование с повышением мышечного и снижением жирового компонентов.

Была доказана непосредственная связь показателей состава тела с уровнем физической активности [6]. Интенсивная физическая деятельность вызывает уменьшение жирового компонента и увеличение мышечной массы тела [12]. Обнаружено значительное увеличение мышечной массы при девяти и более часовых тренировках в неделю [21].

Подтверждена связь величин различных компонентов массы тела с проявлением разнообразных физических качеств и развитием функциональных систем организма: с показателями силы, быстроты и гибкости — отдельными сторонами подготовленности. Так, существует взаимосвязь и с интегральным показателем — специальной физической работоспособностью и, прямо или косвенно, со спортивным результатом [10, 24]. Показана связь развития мышечной массы с уровнем мощности разных систем энергообеспечения мышечной деятельности: аэробной и анаэробной производительностью [20].

Также специфику величин компонентов

массы тела определяет видовая и квалификационная принадлежность спортсменов. Спортсмены высших разрядов обладают более высокими величинами мышечной и низкими величинами жировой массы, чем менее квалифицированные [11]. Спортсмены, занимающиеся силовыми видами спорта, отличаются максимальной величиной мышечной массы; видами спорта на выносливость — менее высоким содержанием мышечной массы и минимальным содержанием жировой; лица, занятые в игровых видах спорта, характеризуются дифференциацией величин мышечной и жировой массы в соответствии с игровым амплуа. Таким образом, в каждом виде спорта складывается специфическая морфологическая модель тела, соответствие которой является базовым преимуществом для успешности и профессионального долголетия [5]. Несоответствие модели при высокой мотивации спортсмена требует высокой активности дополнительных компенсаторных механизмов, что в итоге снижает вероятность высоких результатов, долголетия в спорте, более того, является фактором риска для состояния здоровья и свидетельствует о необходимости жёсткого текущего контроля адаптации организма спортсмена к тренировочному воздействию.

В течение прошлого века было предложено множество методов определения состава тела человека, однако все они имеют недостатки, не существует универсальных критериев или «золотого стандарта» методологии определения [1, 22].

Все используемые подходы разделяются на следующие категории: эталонные методы, лабораторные и полевые. К эталонным методам относят многокомпонентные модели, компьютерную томографию, магнитно-резонансное исследование [16]. Лабораторные методы — двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, денситометрия, гидрометрия, ультразвуковое исследование, трёхмерное сканирование [1]. К полевым методам относятся антропометрия, биоимпедансометрия, определение индекса массы тела [5].

Традиционно с целью изучения компонентного состава тела используются двух-, трёх-, четырёх-компонентные и пятиуровневая многокомпонентная модели. Однако измерение параметров, на которых основаны компонентные модели оценки состава тела (плотности тела, содержания воды в организме, минеральной массы тела, общей массы белка в организме, клеточной массы), требует больших временных затрат и использования дорогих специализированных технологий [1].

Примером метода изучения состава тела на основе оценки его плотности служит гидростатическая денситометрия. Для этого проводят измерение массы тела в воде и в обычных условиях. Необходимость полного погружения тела для измерения массы тела снижает возможность применения метода у детей, а также у пожилых и больных людей [21]. Альтернативным методом исследования плотности тела является воздушная плетизмография [5]. В целом гидростатическая денситометрия и воздушная плетизмография соз-

дают технические трудности при их реализации, являются стационарными, а кроме того существует проблема ограничения их применения ввиду значительных индивидуальных различий плотности безжировой массы тела. При отсутствии данных о композиции безжировой массы тела эти методы могут быть полезны лишь в случае значительного уменьшения жировой массы [2].

Другая возможность определения состава тела связана с оценкой общего содержания воды в организме. Эталонным методом измерения содержания воды в организме считают метод изотопного разведения с использованием трития и дейтерия [22]. В отличие от гидростатической денситометрии и воздушной плетизмографии этот метод можно использовать в полевых условиях, однако материал также отправляется в лабораторию и исследуется в течение нескольких дней. Кроме того, другой недостаток этого подхода связан с воздействием на организм небольшой дозы радиации и высокой стоимостью обследования в случае с использованием $H_2^{18}O$ (оксида трития). Основным источником погрешности при данном исследовании становится предположение о постоянстве относительного содержания воды в безжировой массе тела. По этой причине у людей с предполагаемыми нарушениями гидратации использовать данный метод не рекомендуют [1]. Для оценки содержания воды также применяют биоэлектрические методы. Один из них – биоимпедансометрия, которая является оперативной и широко используется в полевых условиях, а также в клинической и амбулаторной практике [8, 26].

Различные модели состава тела имеют свою специфику применения [5, 8]. К примеру, двухкомпонентная модель определения состава тела ввиду значительной вариации состава и плотности безжировой массы тела мало пригодна для мониторинга изменения состава тела на индивидуальном уровне. При этом возможно её использование для предварительной диагностики и оценки эффективности лечения в случае выраженной степени истощения или ожирения, а также для характеристики групповых средних значений состава тела. Использование трёхкомпонентной модели исследования состава тела возможно для характеристики популяций здоровых взрослых людей и подростков, что позволяет несколько улучшить точность оценки жировой массы тела в процентах. Тогда как у пациентов с нарушенным балансом жидкости в организме или изменённой минеральной массой тела трёхкомпонентные модели изучения состава тела могут приводить к значительным погрешностям определения доли жировой массы [1].

Эталонными методами определения состава тела на тканевом уровне в настоящее время служат магнитно-резонансная и компьютерная томография, а также ультразвуковая диагностика [5, 21]. Вышеуказанные методы дают возможность раздельного мониторинга количества подкожного и внутреннего жира, а также массы скелетных мышц и внутренних органов. Преимущество этих

методов заключается в их высокой разрешающей способности и точности. Отдельным преимуществом ультразвуковой диагностики в отличие от магнитно-резонансной и компьютерной томографии является возможность проведения исследований в полевых условиях портативными ультразвуковыми установками [19]. Общие недостатки всех трёх подходов – высокая стоимость обследования и отсутствие нормативных критериев [1].

Наиболее распространённым методом диагностики состава тела служит двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия [7]. Первоначально данный метод был предложен для диагностики остеопении и остеопороза. В настоящее время, помимо оценки минеральной плотности и минеральной массы костей, его используют для определения жировой и безжировой массы тела [5]. Метод двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии даёт возможность исследовать как периферические, так и осевые участки скелета. Соответствующее программное обеспечение автоматически корректирует результаты измерений с учётом плотности мягких тканей. Это малоинвазивный метод, не требующий активного участия пациентов, а также он относительно доступен. Сравнение результатов применения двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии с нейтронным активационным анализом, гидростатической денситометрией показало возможность достаточно точной оценки жировой и безжировой массы тела [2]. На этом основании данный метод иногда используют в качестве эталона для проверки формул расчёта физического состояния на основе индекса массы тела, а также калиперометрии и биоимпедансометрии [1, 18].

Биоимпедансный анализ состава тела основан на существенных различиях удельной электропроводности жировой ткани и тощей массы тела. Для этого метода свойственны приемлемая точность, портативность, сравнительно невысокая стоимость оборудования и обследования, комфортность процедуры, удобство автоматической обработки данных [26]. К недостаткам этого метода относятся отсутствие единой стандартизации оборудования и способов измерений, что затрудняет сопоставление и анализ получаемых результатов. Преимущество отдельных моделей данного метода заключается в возможности одновременной оценки таких клинически значимых параметров, как активная клеточная масса и основной обмен, а также изучение не только интегральных, но и локальных параметров состава тела [8, 17].

Безусловно, внедрение новых технологий и методов исследования позволяет повысить надёжность и оперативность оценки состава тела. Однако, как было отмечено выше, новые методы – дорогостоящие, а кроме того актуальна необходимость стандартизации их использования.

В спортивной и медицинской практике хорошо зарекомендовали себя антропометрический, калиперометрический методы определения состава тела [5, 11]. Это наиболее доступные, простые и портативные полевые методы. Однако проведе-

ние антропометрического исследования требует высокой квалификации исследователя и точного следования протоколу обследования [1].

Среди полевых методов исследования состава тела определённое место занимает определение индекса массы тела [5]. К сожалению, использование росто-весовых индексов не даёт надёжной информации о составе тела на индивидуальном уровне [23]. Выявлена низкая информативность этого метода для определения жировой массы у людей атлетического телосложения, деятельность которых связана с активными физическими тренировками, результатом которых является увеличение мышечной массы [9].

Таким образом, резюмируя вышеизложенное, баланс тканевых компонентов тела спортсменов напрямую связан с проявлениями разнообразных физических качеств и развитием функциональных систем организма, что непосредственно отражается на результативности атлетов. По этой причине в спорте мониторингирование тканевого состава тела в организации тренировочного режима атлетов отводят первостепенную роль. Однако при всём многообразии методов изучения соотношения тканевых компонентов тела спортсменов остаётся сложной задачей в силу малодоступности этих технологий. Основной проблемой оценки состава тела спортсменов в настоящее время остаётся отсутствие единой стандартизации оборудования и способов измерений, а также отсутствие нормативной базы, что значительно затрудняет анализ и сопоставление получаемых результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартыросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. — М.: Наука, 2006. — 248 с.
2. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. — М.: Наука, 2009. — 392 с.
3. Романов Ю.Н. Функциональный мониторинг компонентного состава тела, осанки и экспресс-анализа мочи студентов-кикбоксёров на этапе предсоревновательной подготовки мезоцикла // Вестн. ЮУрГУ. — 2011. — №39. — С. 34-36.
4. Рылова Н.В., Хафизова Г.Н. Актуальные проблемы питания юных спортсменов // Практ. мед. — 2012. — №7 (62). — С. 71-74.
5. Ackland T.R., Lohman T.G., Sundgot-Borgen J. et al. Current status of body composition assessment in sport. Review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. medical commission // Sport med. — 2012. — Vol. 42, N 3. — P. 227-249.
6. Andreoli A., Celi M., Volpe S.L. et al. Long-term effect of exercise on bone mineral density and body composition in post-menopausal ex-elite athletes: a retrospective study // Eur. J. Clin. Nutr. — 2012. — Vol. 66, N 1. — P. 69-74.
7. Carbuhn A.F., Fernandez T.E., Bragg A.F. et al. Sport and training influence bone and body composition in women collegiate athletes // J. Strength Cond. Res. — 2010. — Vol. 24, N 7. — P. 1710-1717.
8. Esco M.R., Olson M.S., Williford H.N. et al. The accuracy of hand-to-hand bioelectrical impedance analysis in predicting body composition in college-age female athletes // J.

- Strength Cond. Res. — 2011. — Vol. 25, N 4. — P. 1040-1045.
9. Garrido-Chamorro R.P., Sirvent-Belando J.E., Gonzales-Lorenzo M. et al. Correlation between body mass index and body composition in elite athletes // J. Sports Med. Phys. Fitness. — 2009. — Vol. 49, N 3. — P. 278-284.
10. Garthe I., Raastad T., Refsnes P.E. et al. Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes // Int. J. Sport Nutr. Exers. Metab. — 2011. — Vol. 21, N 2. — P. 97-104.
11. Giampietro M., Pujia A., Bertini I. Anthropometric features and body composition of young athletes practicing karate at a high and medium competitive level // Acta Diabetol. — 2003. — Vol. 40, suppl. 1. — P. 145-148.
12. Hartgens F., Kuipers H. Effects of androgenic-anabolic steroids in athletes // Sport Med. — 2004. — Vol. 34. — P. 513-554.
13. Josse A.R., Phillips S.M. Impact of milk consumption and resistance training on body composition of female athletes // Med. Sport Sci. — 2012. — Vol. 59. — P. 94-103.
14. Knechtle B., Knechtle P., Rosemann T. No dehydration in mountain bike ultra-marathones // Senn. Clin. J. Sports Med. — 2009. — Vol. 19, N 5. — P. 415-420.
15. Logan-Sprenger H.M. Estimated fluid and sodium balance and drink preferences in elite male junior players during an ice hockey game // Appl. Physiol. Nutr. Metab. — 2011. — Vol. 36, N 1. — P. 145-152.
16. Mattsson S., Thomas B.J. Development of methods for body composition studies // Phys. Med. Biol. — 2006. — Vol. 51, N 13. — P. 2003-2028.
17. Ostojic S.M. Estimation of body fat in athletes: skinfolds vs bioelectrical impedance // J. Sports Med. Phys. Fitness. — 2006. — Vol. 46, N 3. — P. 442-446.
18. Palmer M.S., Spriet L.L. Sweat rate, salt loss, and fluid intake during an intense on-ice practice in elite Canadian male junior hockey players // Appl. Physiol. Nutr. Metab. — 2008. — Vol. 33, N 2. — P. 263-271.
19. Pineau J.C., Filliard J.R., Bocquest M. Ultrasound techniques applied to body fat measurement in male and female athletes // J. Athl. Train. — 2009. — Vol. 44, N 2. — P. 142-147.
20. Potteiger J.A., Smith D.L., Maier M.L., Foster T.S. Relationship between body composition, leg strength, anaerobic power, and on-ice skating performance in division I men's hockey athletes // J. Strength Cond. Res. — 2010. — Vol. 24, N 7. — P. 1755-1762.
21. Quiterio A.L., Carrero E.A., Silva A.M. et al. Weekly training hours are associated with molecular and cellular body composition levels in adolescent athletes // J. Sports Med. — 2009. — Vol. 49, N 1. — P. 54-63.
22. Quiterio A.L., Silva A.M., Minderico C.S. et al. Total body water measurements in adolescent athletes: a comparison of six field methods with deuterium dilution // J. Strength Cond. Res. — 2009. — Vol. 23, N 4. — P. 1225-1237.
23. Silva A.M., Fields D.A., Quiterio A.L., Sardinha L.B. Are skinfold-based models accurate and suitable for assessing changes in body composition in highly trained athletes? // J. Strength Cond. Res. — 2009. — Vol. 23, N 6. — P. 1688-1696.
24. Silva A.M., Fields D.A., Heymsfield S.B., Sardinha L.B. Body composition and power changes in elite judo athletes // Int. J. Sports Med. — 2010. — Vol. 31, N 10. — P. 737-741.
25. Sundgot-Borgen J., Garthe I. Elite athletes in aesthetic and Olympic weight-class sports and the challenge of body weight and body compositions // J. Sports Sci. — 2011. — Vol. 29, suppl. 1. — P. 101-114.
26. Ward L.C. Segmental bioelectrical impedance analysis: an update // Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care. — 2012. — Vol. 15, N 5. — P. 424-429.