

**УДК 796.01:612**

**DOI 10.29039/2413-1725-2025-11-4-215-222**

## **МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ С РАЗНЫМ ТИПОМ АДАПТАЦИИ К СПЕЦИФИЧЕСКИМ ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ**

*Хоменко О. В.<sup>1</sup>, Хомякова О. В.<sup>2</sup>, Якименко В. С.<sup>1</sup>, Сышко Д. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Спортивный клуб «Черноморец», Севастополь, Россия*

<sup>2</sup>*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Россия*

*E-mail: sk\_chernomorets@mail.ru*

В работе исследовали морфологические характеристики у военнослужащих с использованием метода биоимпедансометрии. У военнослужащих с различным типом адаптации к специфическим физическим нагрузкам обнаружены различия в компонентном составе тела. Выделено две группы военнослужащих. Первая группа (n=12) – с адаптивным типом адаптации к специфическим физическим нагрузкам, вторая (n=14) – с дискретным типом адаптации к специфическим физическим нагрузкам. Сравнение этих групп показало, что практически неизменными были показатели жировой массы и массы скелетной мускулатуры, однако реактивность омического сопротивления мышечной массы у военнослужащих с адаптивным типом оказалась выше, что привело к увеличению фазового угла. При этом, показатель общей жидкости, был выше у военнослужащих с дискретным типом, что свидетельствует о состоянии задержки жидкости в организме. Полученные данные свидетельствуют о характере недовосстановления военнослужащих с дискретным типом после перенесённых специфических физических нагрузок.

**Ключевые слова:** импедансометрия, состав тела, морфометрия, фазовый угол, адаптивный тип, дискретный тип.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В процессе формирования физической подготовленности военнослужащих их организм сталкивается с психомоторными вызовами, которые возникают в нестабильных, неопределённых, сложных условиях, сопровождающихся специфичной физической нагрузкой, когнитивной перегрузкой, ограничением сна и температурными перепадами [1]. Одной из основных задач физиологии военного труда, является исследование адаптации военнослужащего к экстремальным воздействиям факторов различного генеза. Характер воздействия факторов обладает некой специфичностью определяемой боевыми задачами, стоящими перед военнослужащими. Известны различные типы адаптации военнослужащих к условиям военного труда [2] и они выявляются по особенностям функционального состояния сердечно-сосудистой и вестибулярной систем. Однако этапную адаптацию, в большей мере, отражает морфометрический статус, который можно

определить при помощи импедансометрии. Оценку состава тела с помощью анализа биоэлектрического импеданса у детей и выявление различных типов в зависимости от содержания воды получили Veertema W. и соавторы [3]. В медицине метод биоимпедансного анализа состава тела человека используется в основном, для определения статуса, связанного с нарушением обмена веществ. В частности данный метод использован в исследованиях Ward L. C. для оценки ожирения, истощения белково-пластического генеза, либо истощения белково-энергетического обмена [4]. Также, существуют работы, указывающие на оценку функционального состояния у спортсменов по показателям компонентов тела, в частности в исследованиях Ballarin G. и соавторов [5]. При этом, установлены нормативные показатели, в том, числе, для лиц, занимающихся активно физической культурой [5, 6]. Однако, для полного понимания адаптационных изменений в связи со значительными физическими нагрузками у военнослужащих представляет интерес изучение изменений биоимпедансных показателей компонентов тела. При этом некоторые авторы используют такое понятие, как физическая и метаболическая выносливость (устойчивость) [7]. Метаболическая устойчивость является определяющим фактором эффективности резистентности к нагрузке, когда резкое падение уровня глюкозы в крови может привести к физическому коллапсу, в условиях отсутствия липидного сдвига. Известно, что эти процессы происходят в миоцитах, поэтому именно мышечный метаболизм определяет способность организма к метаболической устойчивости. Одним, из интегральных показателей мышечного метаболизма, является реактивность омического сопротивления мышечной массы человека.

В связи с этим, **целью** нашего исследования являлось определения компонентов состава тела, как маркера особенностей метаболизма у военнослужащих с различным типом адаптации к специфическим физическим нагрузкам.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальное исследование проведено на базе Спортивного клуба «Черноморец» г. Севастополь с участием Научно-клинического центра «Технологии здоровья и реабилитации» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского». В исследовании принимали участие военнослужащие в возрасте 18–20 лет (n=26) на этапе становления физических способностей к преодолению специальной полосы препятствий, приближенной к реальным условиям военных операций. Продолжительность данного этапа составляла 3 месяца (4 тренировочных занятия в неделю). Физиологическая характеристика нагрузок представляла собой сочетание аэробной выносливости с градиентом силы и наличием температурного фактора, связанного с охлаждением поверхности тела и амуниции водой (14 градусов по шкале Цельсия). Совокупность фактора аэробно-силовой нагрузки и фактора охлаждения поверхности тела и амуниции водой придаёт физической нагрузке специфичности. Выбор температуры воды связан с рекомендациями по первичному этапу освоения специальной полосы препятствий. Военнослужащие были разделены на две группы в зависимости от характера

текущего восстановления сердечно-сосудистой системы и опорно-двигательного аппарата (номер патента: RU 2823684 C1). К первой группе ( $n=12$ ) были отнесены военнослужащие с адаптивным типом адаптации к специфическим физическим нагрузкам, ко второй группе ( $n=14$ ) – военнослужащие с дискретным типом адаптации к специфическим физическим нагрузкам. С целью описания антропометрических характеристик у всех военнослужащих проводили измерения окружностей талии и бедра, а также измерение массы тела и роста. Биоимпедансометрию проводили в исходном положении исследуемого лёжа на кушетке с помощью аппаратно-программного комплекса ABC-02 «МЕДАСС» (Россия) методом тетраполярной биоимпедансометрии. Регистрировали и анализировали следующие наиболее информативные показатели состава тела спортсменов: Фазовый угол импеданса тела. (ФУ, °), масса жировой ткани (ЖМТ, кг), относительная масса жировой ткани (%ЖМТ, %), скелетно-мышечная масса (СММ, кг), процентное содержание скелетно-мышечной массы в обезжиренной массе тела (%СММ, %).

Полученные данные подвергались обработке с помощью статистического пакета Statistica 6.0. Применялся метод статической характеристики вариационного ряда с определением средней арифметической ( $\bar{x}$ ) и ошибки средней арифметической ( $S_{\bar{x}}$ ). Статистически достоверные различия характеризовались значением  $p < 0,05$ . Данные подвергались проверке на нормальность распределения с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. В случае нормального распределения данных для анализа применялся t-критерий Стьюдента для зависимых выборок. В случае, когда часть данных имела распределение, отличное от нормального, для расчета использовался непараметрический T-критерий Вилкоксона [8].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выявлено, что процентное соотношение мышечной и жировой массы соответствует особенностям возраста, физической подготовленности, и специфики тех нагрузок, с которыми сталкиваются военнослужащие. По соотношению, мышечной (СММ и %СММ) и жировой (ЖМТ и %ЖМТ) массы был определен уровень этапного физического состояния военнослужащих. Известно, что, для кардинальных морфологических изменений нужен длительный период использования нагрузок, и, по данным наших исследований, это соотношение отличалось в зависимости от типа адаптации военнослужащих к специфическим физическим нагрузкам. Функциональное состояние тканей опорно-двигательного аппарата военнослужащих определяемого по комплексному электрическому сопротивлению тканей было оптимальным у военнослужащих с адаптивным типом после прохождения ими этапа нагрузок. При этом, если показатели пассивного электрического сопротивления характерных для жировых тканей, значительно не отличались у военнослужащих разных групп, то показатели активного сопротивления характерного для мышечной тканей значительно отличались, что отражает характер текущего функционального состояния. При этом отличались, такие показатели, как процент содержания общего количества жидкости (ОКЖ, %), фазовый угол импеданса тела. (ФУ, °) (Табл. 1). Соотношение между активным

сопротивлением и реактивным сопротивлением, характерным для миоцитов, отражает их потенциальную способность к сокращению [9]. Изменения общего количества воды показало состояние гипергидратации, (отёчности), что свидетельствует о текущем недовосстановлении [6]. Увеличение фазового угла импеданса тела зависит от факта появления активного сопротивления. Активное сопротивление в свою очередь связано с ростом внутриклеточной концентрации ионов кальция и гликогена (как осмотически неактивного резервного полисахарида) в миоцитах, что свидетельствует о более высоком энергетическом потенциале мышечной ткани.

Следует отметить, тот факт, что отличительные особенности показателей биоимпедансометрии состава тела у военнослужащих с разным типом адаптации происходило в условиях одинаковых показателей мышечной и жировой массы (табл. 1.).

**Таблица 1.**

**Биоимпедансные характеристики состава тела военнослужащих с разным типом адаптации до и после этапа формирования специфичной физической подготовленности**

Показатели	Адаптивный тип		Дискретный тип	
	до	после	до	после
Длина тела, см	178,4±1,4	178,2±1,4	178,1±1,3	178,1±1,3
Масса тела, кг	75,3±2,6	74,9±2,4	75,2±2,3	75,2±2,2
Масса жира, кг	14,4±1,2	13,4±0,7	14,3±1,1	13,8±0,6
Кол-во жира, %	18,9±1,2	17,8±0,7	18,8±1,2	17,9±0,6
Скелетно-мышечная масса, кг	33,7±0,9	34,0±1,02	33,8±0,8	34,1±1,03
Скелетно-мышечная масса, %	54,7±0,3	55,3±0,3	54,8±0,3	55,4±0,3
Общее количество жидкости, %	45,2±0,2	45,4±0,3	45,3±0,3	47,8±0,3*
Фазовый угол, град.	7,14±0,2	7,54±0,2*	7,01±0,1	7,04±0,1

Примечание: \* достоверность при  $p < 0,05$

Известно, что в медицине метод анализа биоимпедансометрических компонентов тела используется в основном, для определения статуса связанного с нарушением обмена веществ. В частности, его применяют для оценки для состояний ожирения, истощения белково-пластического генеза, либо истощения белково-энергетического обмена. При этом другими авторами получены нормативные показатели, так называемый фитнес-стандарт [10]. Однако, для полного понимания адаптационных изменений организма в связи со значительными физическими нагрузками, такими, как те, с которыми сталкиваются

военнослужащие, представляет интерес анализ изменений импеданс-метрических показателей компонентов тела.

В результате изучения импеданс-метрических показателей нами установлено, что соотношение компонентов состава тела военнослужащих, соответствовало возрастным нормам и находилось в пределах «фитнес-стандарта». Также выявлено, что показатели жировой массы у военнослужащих с разными типами адаптаций до и после этапа формирования специфичной физической подготовленности статистически значимо не изменился. Также, значимо не изменилось соотношение скелетно-мышечной массы. Однако, необходимо отметить, что фазовый угол импеданса тела, как характеристика опосредовано показывающая метаболический потенциал мышц, достиг значимо более высокого уровня ( $p < 0,05$ ) после тренировок у военнослужащих с адаптивным типом. Показатели общей жидкости, напротив, значимо больше ( $p < 0,05$ ) у военнослужащих с дискретным типом, в сравнении с военнослужащими с адаптивным типом адаптации.

Таким образом, полученные результаты биоимпедансного анализа состава тела военнослужащих свидетельствуют, что в результате адаптации к специфичным физическим нагрузкам происходят изменения, зависящие от типа адаптации. Практически неизменными были показатели жировой массы и массы скелетной мускулатуры, однако реактивность омического сопротивления мышечной массы у военнослужащих с адаптивным типом оказалась выше, что привело к увеличению фазового угла импеданса тела. При этом показатель общей жидкости был выше у военнослужащих с дискретным типом, что свидетельствует о состоянии задержки жидкости в организме. Задержка жидкости в организме, как правило, происходит в результате процессов недовосстановления после физических нагрузок. Это даёт основание, предполагать, что дискретное состояние у этого типа связано с фактором восстановления, а не фактором перехода из одного состояния в другое. Однако данное предположение, необходимо проверить также, на основе изучения других интегральных показателей.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Установлено, что, несмотря на то, что практически неизменными были показатели жировой массы и массы скелетной мускулатуры, в результате адаптации к специфичным физическим нагрузкам у военнослужащих происходят изменения, зависящие от типа адаптации.
2. Реактивность омического сопротивления мышечной массы у военнослужащих с адаптивным типом адаптации после этапа формирования специальной физической подготовленности оказалась значимо ( $p < 0,05$ ) выше в сравнении с военнослужащими с дискретным типом, что привело к увеличению фазового угла импеданса тела.
3. У военнослужащих с дискретным типом адаптации показатель общей жидкости после этапа формирования специальной физической подготовленности стал значимо ( $p < 0,05$ ) выше, что свидетельствует о состоянии задержки жидкости в организме.

4. Показатели реактивности омического сопротивления мышечной массы, общей жидкости у военнослужащих можно использовать с целью оценки метаболического потенциала скелетной мускулатуры и готовности организма в целом выполнении физических нагрузок связанных с военным трудом.

#### Список литературы

1. Гавроник В. И. Физическая подготовка как фактор сохранения и укрепления здоровья военнослужащих / В. И. Гавроник // Актуальные вопросы военной медицины : Материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию военно-медицинского факультета в учреждении образования "Белорусский государственный медицинский университет", Минск, 04 июня 2020 года / Под общей редакцией В. Я. Хрыщановича, В. Г. Богдана. – Минск: Белорусский государственный медицинский университет, 2020. – С. 223–226.
2. Патент № 2823684 С1 Российская Федерация, МПК А61В 5/11, А61В 5/103, А61В 5/352. Способ оценки восстановления функционального состояния квалифицированных спортсменов : № 2023113697 : заявл. 25.05.2023 : опубл. 29.07.2024 / Д. В. Сышко, Е. А. Бирюкова, Е. И. Нагаева [и др.] ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского".
3. Beertema W. Measurement of total body water in children using bioelectrical impedance: a comparison of several prediction equations / W. Beertema, M van Hezewijk, A Kester P. // J Pediatr Gastroenterol Nutr. – 2000. – 31(4). – P. 428–432.
4. Ward L. C. Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardization / L. C. Ward // Eur J Clin Nutr. – 2019. – 73(2). – P. 194–199.
5. Аандстандт А. Валидность и достоверность анализа биоэлектрического импеданса и толщины кожных складок при прогнозировании жировых отложений у военнослужащих / А. Аандстандт, К. Холтбергет, Р. Хабеберг, И. Холме, З. Андерсен // Mil Med. – 2014. – 179(2). – P. 208–217.
6. Николаев Д. В. Биоимпедансный анализ состава тела человека: медицинское применение, терминология / Николаев Д. В., Щелькалина С. П. // Клиническое питание и метаболизм. – 2021. – Т. 2, №2. – С. 80–91.
7. Иванов И. В. Комплекс методов оценки функционального состояния военнослужащих в процессе физической подготовки / Иванов И. В., Калинин Л. А., Морозов В. Н. // Вестник спортивной науки. – 2018. – №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleks-metodov-otsenki-funktsionalnogo-sostoyaniya-voennosluzhaschih-v-protsesse-fizicheskoy-podgotovki> (дата обращения: 29.04.2025).
8. Орлов А. И. Непараметрические критерии согласия Колмогорова, Смирнова, Омега-квадрат и ошибки при их применении / А. И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №03(097). – С. 647–675.
9. Передков С. С. Изменение компонентного состава тела квалифицированных спортсменов-футболистов в годичном цикле подготовки / Передков С. С., Мишин Н. П., Миронюк И. С., Нагаева Е. И. // В книге: Сборник материалов II Конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых им. А. Г. Гурвича. Сборник материалов. Симферополь, 2024. – С. 32.
10. Ballarin G. Body Composition and Bioelectrical-Impedance-Analysis-Derived Raw Variables in Pole Dancer / G. Ballarin, L. Scalfi, F. Monfrecola, // Int J Environ Res Public Health. – 2021 – 30– 18(23). – P. 12638

# MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MILITARY PERSONNEL WITH DIFFERENT TYPES OF ADAPTATION TO SPECIFIC PHYSICAL LOADS

*Khomenko O. V.<sup>1</sup>, Homyakova O. V.<sup>2</sup>, Yakimenko V. S.<sup>1</sup>, Syshko D. V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Sports club "Chernomorets", Sevastopol, Russia*

<sup>2</sup>*Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky, Simferopol, Russia*

*E-mail: sk\_chernomorets@mail.ru*

The study examined the morphological characteristics of military personnel using bio impedance analysis. Differences in body composition were found in military personnel with different types of adaptation to specific physical loads. Two groups of military personnel were identified. The first group (n=12) had an adaptive type of adaptation to specific physical loads, while the second (n=14) had a discrete type of adaptation to specific physical loads. A comparison of these groups revealed that fat mass and skeletal muscle mass remained virtually unchanged, but the electric reactivity of muscle mass was higher in military personnel with the adaptive type, leading to an increase in the phase angle. Furthermore, total water content was higher in military personnel with the discrete type, indicating fluid retention. The obtained data indicate the nature of the lack of recovery of military personnel with a discrete type after undergoing specific physical exertion.

Our study of impedance-metric parameters revealed that the body composition ratios of military personnel were consistent with age-appropriate norms and within the fitness standard. We also found that fat mass in military personnel with different adaptation types did not change statistically significantly before and after the specific physical fitness development phase. The skeletal muscle mass ratio also did not change significantly. However, it should be noted that the body impedance phase angle, as a characteristic indirectly reflecting muscle metabolic potential, reached a significantly higher level ( $p<0.05$ ) after training in military personnel with the adaptive adaptation type. Conversely, total body fluid levels were significantly higher ( $p<0.05$ ) in military personnel with the discrete adaptation type compared to those with the adaptive adaptation type. Thus, the obtained results of the bioimpedance analysis of body composition in military personnel indicate that adaptation to specific physical loads results in changes that depend on the adaptation type. Fat mass and skeletal muscle mass remained virtually unchanged, but the electric reactivity of muscle mass was higher in soldiers with the adaptive type, leading to an increase in the phase angle of body impedance. Furthermore, total fluid levels were higher in soldiers with the discrete type, indicating fluid retention. Fluid retention typically occurs as a result of inadequate recovery after physical exertion. This suggests that the discrete state in this type is related to recovery, rather than a transition from one state to another. However, this hypothesis must also be verified by examining other integral indicators.

**Keywords:** impedance analysis, body composition, morphometric, phase angle, adaptive type, discrete type.

## References

1. Gavronik V. I. *Fizicheskaya podgotovka kak faktor sohraneniya i ukrepleniya zdorov'ya voennosluzhashchih, Aktual'nye voprosy voennoj mediciny* : Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 25-letiyu voenno-medicinskogo fakul'teta v uchrezhdenii obrazovaniya "Belorusskij gosudarstvennyj medicinskij universitet", Minsk, 04 iyunya 2020 goda / Pod obshchej redakciej V.Ya. Hryshchanovicha, V.G. Bogdana, 223 (Minsk: Belorusskij gosudarstvennyj medicinskij universitet, 2020).
2. Patent № 2823684 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK A61B 5/11, A61B 5/103, A61B 5/352. *Sposob ocenki vosstanovleniya funkcional'nogo sostoyaniya kvalificirovannyh sportsmenov* : № 2023113697 : zayavl. 25.05.2023 : opubl. 29.07.2024 / D. V. Syshko, E. A. Biryukova, E. I. Nagaeva [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Krymskij federal'nyj universitet imeni V. I. Vernadskogo".
3. Beertema W., van Hezewijk M., Kester P. A. Measurement of total body water in children using bioelectrical impedance: a comparison of several prediction equations, *J Pediatr Gastroenterol Nutr.*, **31**(4), 428 (2000).
4. Ward L. C. Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardization, *Eur J Clin Nutr.*, **73**(2), 194 (2019).
5. Aandstandt A., Holtberget K., Habeberg R., Holme I., Andersen Z. Validnost' i dostovernost' analiza bioelektricheskogo impedansa i tolshchiny kozhnyh skladok pri prognozirovanii zhirovyyh otlozhenij u voennosluzhashchih, *Mil Med.*, **179**(2), 208 (2014).
6. Nikolaev D. V., Shchelykalina S. P. Bioimpedansnyj analiz sostava tela cheloveka: medicinskoe primeneniye, terminologiya, *Klinicheskoe pitaniye i metabolizm*, **2**, 2, 80 (2021).
7. Ivanov I. V., Kalinkin L. A., Morozov V. N. Kompleks metodov ocenki funkcional'nogo sostoyaniya voennosluzhashchih v processe fizicheskoy podgotovki, *Vestnik sportivnoj nauki*, **5** (2018). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleks-metodov-otsenki-funktsionalnogo-sostoyaniya-voennosluzhaschih-v-protsesse-fizicheskoy-podgotovki> (data obrashcheniya: 29.04.2025).
8. Orlov A. I. Neparаметрические критерии согласия Колмогорова, Smirnova, Omega-kvadrat i oshibki pri ih primenenii, *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]*, **03**(097), 647 (Krasnodar: KubGAU, 2014).
9. Peredkov S. S., Mishin N. P., Mironyuk I. S., Nagaeva E. I. *Izmeneniye komponentnogo sostava tela kvalificirovannyh sportsmenov-futbolistov v godichnom cikle podgotovki*, V knige: Sbornik materialov II Konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, aspirantov, studentov i molodyh uchenyyh im. A. G. Gurvicha. Sbornik materialov, 32. (Simferopol', 2024).
10. Ballarin G., Scalfi L., Monfrecola F. Body Composition and Bioelectrical-Impedance-Analysis-Derived Raw Variables in Pole Dancer, *Int J Environ Res Public Health.*, **30**, **18**(23), 12638 (2021).