

УДК 572.087

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar397531>

Научная статья

Влияние экипировки на функциональное состояние и работоспособность военнослужащих с различным компонентным составом тела

Ю.А. Емельянов¹, Д.В. Овчинников¹, М.А. Рыжиков¹, Я.В. Баранов¹,
В.Р. Жижин¹, А.А. Семенов^{1, 2}

¹ Военно-медицинская академия, Санкт-Петербург, Россия;

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Актуальность темы. Разработка индивидуального подхода к планированию массы снаряжения для каждого отдельного военнослужащего с учетом показателей компонентного состава тела и предпочтений военнослужащих может в перспективе повысить уровень эффективности ведения боевых действий Вооруженными силами Российской Федерации.

Цель исследования. Определить влияние массы экипировки на функциональное состояние и работоспособность военнослужащих в зависимости от показателей компонентного состава тела.

Материалы и методы. Исследование проводилось на 140 добровольцах, практически здоровых курсантах мужского пола Военно-медицинской академии в возрасте от 21 до 25 лет. После проведения биоимпедансометрии все обследуемые были распределены на две группы в зависимости от значений показателя их жировой массы. Далее проводилось определение влияния экипировки на функциональное состояние организма курсантов при помощи степ-теста.

Результаты. Выявлено наличие преимущественно умеренной положительной корреляционной связи между абсолютными, относительными значениями жировой массы, значениями индекса массы тела и показателями суммарной мощности в ходе тестов в условиях выполняемой работы при нагрузках 0,5 (значения R-критерия составили 0,574–0,693) и 1 Вт/кг (значения R-критерия составили 0,624–0,681) без экипировки. Аналогичная корреляционная связь выявлена между абсолютными, относительными значениями жировой массы и показателями суммарной мощности в ходе теста с нагрузкой 1 Вт/кг (значения R-критерия составили 0,534–0,547) в экипировке.

Заключение. Полученные результаты позволяют предполагать, что увеличение нагрузки, вызванной массой экипировки, у лиц, имеющих жировую массу более 11 кг, как в покое, так и в условиях умеренной физической нагрузки мощностью 1 Вт/кг, в большей степени вызывает напряжение функциональных систем, выражающееся в изменении большинства кардиореспираторных и метаболических параметров, по сравнению с лицами, имеющими меньшую жировую массу.

Ключевые слова: компонентный состав тела; работоспособность; степ-тест; физическая нагрузка; функциональное состояние; экипировка.

Как цитировать:

Емельянов Ю.А., Овчинников Д.В., Рыжиков М.А., Баранов Я.В., Жижин В.Р., Семенов А.А. Влияние экипировки на функциональное состояние и работоспособность военнослужащих с различным компонентным составом тела // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2023. Т. 42. № 2. С. 115–123. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar397531>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar397531>

Research Article

The effect of equipment on the functional state and performance of servicemen with different body composition

Yury A. Emelyanov¹, Dmitry V. Ovchinnikov¹, Mikhail A. Ryzhikov¹, Yakov V. Baranov¹, Vladislav R. Zhizhin¹, Alexey A. Semenov^{1, 2}¹ Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia;² Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

BACKGROUND: The development of an individual approach to planning the mass of equipment for each individual serviceman, taking into account the indicators of the component composition of the body and the preferences of servicemen, can in the future increase the level of effectiveness of combat operations by the Armed Forces of the Russian Federation.

AIM: Determine the effect of the mass of equipment on the functional state and performance of military personnel, depending on the indicators of the component composition of the body.

MATERIALS AND METHODS: The study was conducted on 140 volunteers, practically healthy male cadets of the Military Medical Academy aged 21 to 25 years. After bioimpedancemetry, all subjects were divided into two groups depending on the values of their fat mass. Next, the influence of equipment on the functional state of the body of cadets was determined using a step test.

RESULTS: The presence of a predominantly moderate positive correlation between the absolute, relative values of fat mass, BMI values and indicators of total power during the tests performed under the conditions of the work performed at loads of 0.5 (R-criterion values were 0.574–0.693) and 1 W/kg (R-criterion values were 0.624–0.681) without equipment. A similar correlation was found between the absolute, relative values of fat mass and indicators of total power during the test with a load of 1 W/kg (R-criterion values were 0.534–0.547) in equipment.

CONCLUSION: The obtained results suggest that the increase in weight load caused by equipment in individuals with a fat mass of more than 11 kg, both at rest and under conditions of moderate physical activity with a power of 1 W/kg, to a greater extent causes stress on functional systems, expressed in changes in most cardiorespiratory and metabolic parameters, compared with individuals with a lower fat mass.

Keywords: component composition of the body; performance; step test; exercise stress; functional state; equipment.

To cite this article:

Emelyanov YuA, Ovchinnikov DV, Ryzhikov MA, Baranov YaV, Zhizhin VR, Semenov AA. The effect of equipment on the functional state and performance of servicemen with different body composition. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2023;42(2):115–123. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar397531>

Received: 08.05.2023

Accepted: 15.05.2023

Published: 30.06.2023

АКТУАЛЬНОСТЬ

Обмундирование является немаловажным атрибутом, определяющим боеспособность войск [1]. Снаряжение участников военных действий должно быть удобным и современным, ведь в полевых условиях военнослужащие в большой степени полагаются на экипировку. От функциональности обмундирования напрямую зависят выполнение поставленной задачи и боеспособность отдельного солдата, что, в свою очередь, обеспечивает боеспособность подразделения и Вооруженных сил в целом.

Проблема оценки обмундирования в лабораторных условиях является острой ввиду быстрого изменения тактики и условий ведения боевых действий, появления новых видов оружия и способов его применения, поэтому необходим и своевременный и качественный ответ в виде обеспечения военнослужащих подходящим обмундированием. А для этого, в свою очередь, необходимо выделить объективные критерии оценки и подходящие под эту задачу физиологические и антропометрические данные [2]. При этом важно учитывать не только объективные значения, но и субъективное мнение тех, кто использует эту экипировку. Разработка индивидуального подхода к планированию массы снаряжения для каждого отдельного военнослужащего с учетом показателей компонентного состава тела и предпочтений военнослужащих может в перспективе повысить уровень эффективности ведения боевых действий Вооруженными силами Российской Федерации [3, 4].

Цель исследования — определить влияние носимой массы экипировки на функциональное состояние и работоспособность военнослужащих в зависимости от показателей компонентного состава тела.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Исследование проводилось на 140 добровольцах практически здоровых курсантах мужского пола Военно-медицинской академии в возрасте от 21 до 25 лет (средний возраст $22,0 \pm 0,7$ года). Данный возраст соответствует первому периоду зрелого возраста, когда уже произошло окончательное гормональное и физиологическое развитие организма. Все добровольцы имели одинаковую физическую форму и постоянно тренировались в соответствии с единой программой по физической подготовке.

Работа проводилась в два этапа. На первом этапе все участники эксперимента прошли биоимпедансный анализ состава тела для дальнейшего деления их на группы по интересующим признакам.

После проведения биоимпедансного анализа состава тела для оценки вклада конституциональных особенностей человека на изменение функционального состояния и работоспособность все добровольцы были

распределены по двум группам в зависимости от значений показателя их жировой массы. В качестве критерия разделения взяли значение жировой массы 11 кг, что составляло 15 % от массы тела [5]. Из 140 обследуемых таким образом были сформированы две группы: группа добровольцев с жировой массой ≤ 11 кг и группа с жировой массой > 11 кг (далее — группа ≤ 11 кг, 56 человек, и группа > 11 кг, 84 человека).

На втором этапе проводилось определение влияния экипировки на физиологическую цену деятельности и на функциональное состояние организма курсантов при помощи степ-теста. Сначала в спортивной форме нагрузкой мощностью 0,5 и 1 Ватт, затем (на следующий день) после полного восстановления в экипировке массой 20 кг с аналогичной мощностью нагрузки соответственно.

Критерии соответствия

Диапазон нормы также определяли автоматически с помощью приложения, входящего в комплект поставки оборудования (аттестат аккредитации РОСС RU.31112.ИЛ. 00014).

Условия проведения

Исследование проводилось с соблюдением принципов добровольности, прав и свобод личности, гарантированных ст. 21 и 22 Конституции РФ. Измерение компонентного состава тела проводили в утренние часы, до приема пищи, с помощью анализатора жировой массы Tanita — MC-780 MA, позволяющего рассчитать содержание жировой, мышечной, костной массы и воды в организме [6].

Продолжительность исследования

Исследование проводилось в течение 3 мес.

Описание медицинского вмешательства

Медицинское вмешательство не проводилось.

Методы регистрации исходов

Регистрация показателей компонентного состава проводилась с помощью лицензионного программного обеспечения анализатора Tanita — MC-780 MA, позволяющего автоматически оценить компонентный состав тела и экспортировать данные на персональный компьютер [7].

Статистический анализ

В работе использовался аппарат математико-статистического системного анализа, включающий применение непараметрического U -критерия определения различий Манна-Уитни и Z при значении $\alpha = 0,1$ (разведочное исследование допускает установление значимости $\alpha = 0,10$ для выявления намечающихся различий или взаимосвязей с целью дальнейшего планирования на их основе новых исследований с достаточной значимостью). Для проведения корреляционного анализа использовался коэффициент r Спирмена [8, 9].

Сбор полученных данных и их статистическая обработка осуществлялись с использованием пакета электронных таблиц Microsoft Excel 2010 и IBM SPSS Statistics 26.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные результаты исследования

1. Сравнение результатов, полученных у добровольцев основной группы при тестировании в спортивном костюме и в экипировке.

Экипировка добавляла каждому добровольцу дополнительно 20 кг массы, что отразилось на повышении у них значений метаболических параметров, частоты сердечных сокращений (ЧСС) и легочной вентиляции в условиях относительного покоя перед степ-тестированием. Данная тенденция была статистически значимой (по U -критериям Манна–Уитни и Z , при значении $\alpha = 0,1$), что является объективным отражением влияния дополнительной массовой нагрузки. Не подвергались изменению только значения избытка CO_2 , что указывало на преобладание аэробного метаболизма у добровольцев.

При выполнении степ-тестов как с легкой (0,5 Вт/кг), так и с умеренной (1 Вт/кг) физической нагрузкой тенденция к повышению значений кардиореспираторных и метаболических параметров при работе добровольцев в экипировке по сравнению с работой в спортивном костюме сохранялась ($p < 0,1$). Также статистически значимо возрастали показатели измеренной средней мощности, что свидетельствовало о повышении энергопродукции при физической работе в условиях дополнительной нагрузки массой. При этом статистически значимых изменений коэффициента полезного действия (КПД) не происходило, поскольку выполняемая полезная работа зависела от массы добровольца, в том числе и от дополнительной нагрузки экипировкой. Значения избытка CO_2 также существенно не менялись, поскольку выполняемая работа не требовала перехода на анаэробный метаболизм. В условиях восстановления после выполнения степ-тестов отмечено повышение значений ЧСС и легочной вентиляции у добровольцев в экипировке ($p < 0,1$), что указывает на некоторое замедление процессов восстановления кардиореспираторной системы после физической активности в условиях дополнительной нагрузки массой.

2. Сравнение результатов, полученных у добровольцев при их тестировании в спортивном костюме и в экипировке в зависимости от их жировой массы.

При разделении добровольцев в зависимости от показателей их жировой массы по группам ≤ 11 и > 11 кг было выявлено, что значение медианы массы тела у участников группы > 11 кг было статистически значимо больше на 15 % (результаты здесь и далее представлены как медиана и размах $Me [x_{\min}; x_{\max}]$; 73,1 [62,8; 79,3] кг против 84,8 [75,4; 86,8] кг; $p = 0,013$). При этом выявлена сильная положительная корреляционная связь между

показателями жировой массы и индекса массы тела (ИМТ) добровольцев (коэффициент r Спирмена 0,834, $p < 0,05$).

Тестирование в спортивном костюме. Провели сравнение показателей добровольцев каждой группы перед их степ-тестированием в спортивных костюмах. Выявлено, что кардиореспираторные и метаболические параметры в двух группах не имели статистически значимых различий. При выполнении теста с нагрузкой 0,5 Вт/кг у добровольцев группы > 11 кг отмечен статистически значимый ($p < 0,1$) рост общего (но не удельного) потребления кислорода на 15 % (0,82 [0,72; 1,15] л/кг против 0,94 [0,83; 1,52] л/кг) и суммарной мощности на 17 % (271,77 [239,52; 385,25] Вт против 316,54 [273,82; 521,51] Вт). В промежуточном восстановительном периоде отмечены статистически значимые ($p < 0,1$) различия между значениями ЧСС в двух группах: увеличение таковых у добровольцев группы > 11 кг на 18 % (76,03 [66,3; 88,15] уд./мин против 89,86 [73,04; 100,71] уд./мин), остальные показатели по группам существенно не различались. При выполнении теста с нагрузкой 1 Вт/кг статистически значимо различались показатели средней мощности (на 16 %, 404,55 [351,45; 555,59] Вт против 467,5 [401,27; 525,44] Вт). На заключительном восстановительном этапе не выявлено статистически значимых различий между значениями кардиореспираторных и метаболических параметров в обеих группах добровольцев. Таким образом, жировая масса добровольцев оказывала незначительное влияние на физиологическую цену деятельности при выполнении ими степ-эргометрических тестов легкой и умеренной степени нагрузки.

Тестирование в экипировке. Перед началом степ-тестирования кардиореспираторные и метаболические показатели у добровольцев обеих групп, одетых в экипировку с дополнительной массой 20 кг, не имели статистически значимых различий. Также не отмечено значимых различий между показателями в двух группах при выполнении добровольцами в экипировке теста с нагрузкой 0,5 Вт/кг массы тела. В промежуточном восстановительном периоде выявлено статистически значимое повышение средней мощности у добровольцев группы > 11 кг на 25 % (145,34 [95,27; 226,15] Вт против 181,57 [133,05; 309,93] Вт), остальные параметры существенно не менялись.

Выполнение степ-теста с нагрузкой 1 Вт/кг в экипировке приводило к повышению ($p < 0,1$) у добровольцев группы > 11 кг общего потребления кислорода (на 14 %, 1,48 [1,05; 1,72] л/мин против 1,69 [1,39; 1,96] л/мин) и суммарной мощности (на 16 %, 502,29 [365,28; 586,71] Вт против 580,64 [472,35; 674,22] Вт). На заключительном восстановительном этапе также не выявлено статистически значимых различий между значениями кардиореспираторных и метаболических параметров в обеих группах добровольцев, тестированных в условиях дополнительной нагрузки.

Полученные результаты межгруппового сравнения кардиореспираторных и метаболических показателей

добровольцев, выполнявших степ-тестирование как в спортивном костюме, так и в экипировке, позволяют полагать, что у лиц с жировой массой более 11 кг независимо от наличия либо отсутствия дополнительного отягощения массой (экипировки) имеется тенденция преимущественно к увеличению средней мощности, что указывает на повышенную энергопродукцию в условиях физической нагрузки. В связи с этим возникает необходимость оценить, насколько дополнительное отягощение массой влияет на физиологическую цену деятельности добровольцев каждой группы в отдельности. С этой целью провели сравнительный анализ изменения исследуемых параметров в ходе степ-эргометрического тестирования в зависимости от наличия либо отсутствия экипировки у добровольцев в каждой группе.

3. Сравнение результатов, полученных у добровольцев группы ≤ 11 кг при их тестировании в спортивном костюме и в экипировке.

В условиях относительного покоя перед началом тестирования у добровольцев в экипировке зарегистрировано статистически значимое повышение легочной вентиляции на 31 % (13,59 [11,29; 17,36] л/мин против 17,76 [13,64; 22,89] л/мин, $p = 0,025$). Это указывает на действие дополнительной нагрузки массой в покое. В условиях нагрузки 0,5 Вт/кг кроме роста легочной вентиляции (на 33 %, 23,06 [19,74; 29,48] л/мин против 30,76 [22,63; 32,78] л/мин, $p = 0,013$) отмечено повышение ЧСС (на 14 %, 93,73 [86,61; 104,31] уд./мин против 106,52 [97,95; 113,18] уд./мин, $p = 0,006$) у добровольцев в экипировке. В период промежуточного восстановления преобладали более высокие значения ЧСС у добровольцев, тестированных в экипировке (на 10 %, 76,03 [66,3; 88,15] уд./мин против 83,85 [78,05; 97,04] уд./мин, $p = 0,025$).

При выполнении теста добровольцами в экипировке (по сравнению с тестированием без таковой) с нагрузкой 1 Вт/кг отмечены более высокие значения ЧСС (на 14 %, 113,82 [101,93; 117,71] уд./мин против 130,04

[123,41; 142,98] уд./мин, $p = 0,002$) и легочной вентиляции (на 25 %, 33,45 [26,91; 39,69] л/мин против 41,7 [36,56; 51,78] л/мин, $p = 0,006$). В восстановительный период после нагрузки у добровольцев в экипировке были повышены значения ЧСС на 14 % (94,52 [77,84; 100,41] уд./мин против 107,39 [99,57; 119,93] уд./мин, $p = 0,004$) по сравнению с результатами теста без экипировки. Изменения значений избытка CO_2 в период тестирования и восстановления можно объяснить случайными выбросами, поскольку ни один из добровольцев не достиг в ходе теста анаэробного порога.

4. Сравнение результатов, полученных у добровольцев группы > 11 кг при их тестировании в спортивном костюме и в экипировке.

Изменения кардиореспираторных и метаболических показателей у добровольцев группы > 11 при их степ-тестировании в условии дополнительной нагрузки массой по сравнению с тестированием без нагрузки (без экипировки) носят более сложный характер по сравнению с таковыми у добровольцев группы ≤ 11 кг. Подробные результаты статистического анализа представлены в таблице. На этапе относительного покоя перед тестированием у добровольцев в экипировке было выявлено статистически значимое увеличение значений общего и удельного потребления кислорода, метаболического эквивалента, легочной вентиляции и суммарной мощности (см. таблицу), что свидетельствовало о существенном влиянии дополнительной нагрузки массой на функциональное состояние лиц, имеющих жировую массу > 11 кг. В то же время у лиц с жировой массой ≤ 11 кг такое влияние массы в покое было менее выраженным (статистически значимое повышение только легочной вентиляции). При этом выполнение добровольцами теста с легкой нагрузкой 0,5 Вт/кг нивелировало эти различия за счет активации кардиореспираторной системы и метаболизма, таким образом статистически значимых различий между показателями теста с экипировкой и без таковой не было.

Таблица. Сравнительная характеристика исследуемых показателей у группы испытуемых в тренировочном костюме и экипировке с относительным содержанием жира больше 11% (U -критерий Манна–Уитни)

Показатель	Описательные статистики выборки ($n = 7$)				Статистики критерия	
	в спортивном костюме		в экипировке		Z	p
	$Me [x_{\min}; x_{\max}]$	R	$Me [x_{\min}; x_{\max}]$	R		
Покой (3 мин)						
ЧСС, уд./мин	87,18 [57,24; 98,17]	7,0	87,55 [81,3; 103,52]	8,0	-0,447	0,655
ПК, л/мин	0,43 [0,33; 0,46]	5,1	0,49 [0,4; 0,67]	9,9	-2,177	0,029*
ПК/м, мл/мин/кг	5,42 [4,22; 5,86]	5,4	5,85 [5,19; 8,51]	9,6	-1,853	0,064*
МЕТ, отн. ед.	1,55 [1,21; 1,68]	5,1	1,67 [1,48; 2,43]	9,9	-2,132	0,033*
ЛВ, л/мин	13,95 [11,33; 18,49]	5,0	19,06 [13,71; 22,5]	10,0	-2,236	0,025*
Изб. CO_2 , л/мин	-0,06 [-0,07; 0]	8,5	-0,06 [-0,08; -0,02]	6,5	-0,907	0,364
СМ, Вт	142,53 [109,83; 158,39]	5,0	168,46 [134,01; 226,41]	10,0	-2,236	0,025*

Продолжение таблицы

Показатель	Описательные статистики выборки ($n = 7$)				Статистики критерия	
	в спортивном костюме		в экипировке			
	$Me [x_{\min}; x_{\max}]$	R	$Me [x_{\min}; x_{\max}]$	R	Z	p
Удельная нагрузка 0,5 Вт/кг (6 мин)						
ЧСС, уд./мин	100,75 [87,21; 120,15]	6,3	104,64 [99,86; 123,16]	8,7	-1,086	0,277
ПК, л/мин	0,94 [0,83; 1,52]	6,2	1,09 [0,83; 1,33]	8,8	-1,151	0,250
ПК/м, мл/мин/кг	11,37 [10,34; 18,14]	6,1	13,06 [9,87; 16,92]	8,9	-1,214	0,225
МЕТ, отн. ед.	3,25 [2,96; 5,18]	6,1	3,73 [2,82; 4,83]	8,9	-1,215	0,224
ПР	42,4 [37,7; 43,4]	4,0	52,4 [47,7; 53,4]	11,0	-3,130	0,002*
ЛВ, л/мин	21,97 [18,82; 42,2]	5,7	29,48 [22,58; 30,6]	9,3	-1,597	0,110
Изб. CO ₂ , л/мин	-0,14 [-0,16; -0,11]	9,4	-0,16 [-0,19; -0,12]	5,6	-1,744	0,081*
СМ, Вт	316,54 [273,82; 521,51]	6,1	372,18 [275,93; 446,79]	8,9	-1,214	0,225
КПД	0,14 [0,08; 0,15]	6,4	0,14 [0,11; 0,19]	8,6	-1,048	0,295
Восстановление (10 мин)						
ЧСС, уд./мин	89,86 [73,04; 100,71]	6,3	92,54 [80,17; 103,25]	8,7	-1,086	0,277
ПК, л/мин	0,47 [0,41; 0,53]	6,6	0,53 [0,39; 0,92]	8,4	-0,833	0,405
ПК/м, мл/мин/кг	5,58 [4,9; 6,57]	6,7	6,22 [4,85; 11]	8,3	-0,703	0,482
МЕТ, отн. ед.	1,6 [1,4; 1,88]	6,7	1,78 [1,39; 3,14]	8,3	-0,708	0,479
ЛВ, л/мин	15,54 [14,07; 18,64]	5,6	17,67 [14,32; 29,81]	9,4	-1,725	0,085*
Изб. CO ₂ , л/мин	-0,03 [-0,06; -0,01]	8,6	-0,04 [-0,13; -0,02]	6,4	-0,970	0,332
СМ, Вт	162,13 [140,92; 181,89]	6,7	181,57 [133,05; 309,93]	8,3	-0,703	0,482
Удельная нагрузка 1 Вт/кг (6 мин)						
ЧСС, уд./мин	113,45 [102,1; 136,4]	4,5	134,19 [122,77; 144,22]	9,1	-2,143	0,032*
ПК, л/мин	1,38 [1,19; 1,54]	4,2	1,69 [1,39; 1,96]	9,4	-2,432	0,015*
ПК/м, мл/мин/кг	17,44 [15,97; 18,09]	3,5	20,24 [18,12; 24,98]	10,0	-3,000	0,003*
МЕТ, отн. ед.	4,98 [4,56; 5,17]	3,7	5,78 [5,18; 7,14]	9,9	-2,893	0,004*
ПР	82,35 [75,4; 86,8]	3,5	104,8 [95,4; 106,8]	10,0	-3,000	0,003*
ЛВ, л/мин	33,19 [28,19; 43,88]	4,3	45,9 [32,91; 51,58]	9,3	-2,286	0,022*
Изб. CO ₂ , л/мин	-0,15 [-0,17; -0,1]	6,6	-0,14 [-0,21; -0,06]	7,4	-0,361	0,718
СМ, Вт	467,5 [401,27; 525,44]	4,2	580,64 [472,35; 674,22]	9,4	-2,429	0,015*
КПД	0,17 [0,16; 0,19]	6,6	0,18 [0,15; 0,21]	7,4	-0,365	0,715
Восстановление (4 мин)						
ЧСС, уд./мин	101,37 [78,58; 122,33]	5,5	114,41 [102,13; 120,91]	8,3	-1,286	0,199
ПК, л/мин	0,51 [0,43; 0,64]	6,1	0,58 [0,48; 0,71]	7,8	-0,787	0,431
ПК/м, мл/мин/кг	6,38 [5,91; 7,63]	5,7	6,79 [5,94; 9,02]	8,1	-1,143	0,253
МЕТ, отн. ед.	1,82 [1,69; 2,18]	5,8	1,94 [1,7; 2,58]	8,0	-1,021	0,307
ЛВ, л/мин	16,61 [15,07; 23,93]	5,8	21,07 [18,21; 22,84]	8,0	-1,000	0,317
Изб. CO ₂ , л/мин	-0,01 [-0,04; 0,04]	6,3	0 [-0,05; 0,05]	7,6	-0,575	0,566
СМ, Вт	176,49 [149,87; 220,95]	6,0	201,41 [167,43; 246,54]	7,9	-0,857	0,391

Примечание. Me — медиана; $[x_{\min}; x_{\max}]$ — размах; R — средний ранг; Z — стандартизованная квантиль критерия; * — признак статистической значимости различия на уровне значимости $\alpha = 0,1$.

В период промежуточного восстановления только показатель легочной вентиляции у добровольцев в экипировке статистически значимо отличался от такового у добровольцев без экипировки.

5. Сопоставление результатов, полученных у добровольцев обеих групп в условии дополнительной массовой нагрузки.

При умеренной нагрузке 1 Вт/кг у добровольцев группы >11 кг, тестируемых в экипировке, выявлено статистически значимое повышение ЧСС, легочной вентиляции, а также большинства метаболических показателей, за исключением избытка CO₂ и КПД (таблица), в то время как у добровольцев группы ≤11 кг значимо изменялись только кардиореспираторные параметры. В период восстановления происходило нивелирование показателей, изменявшихся во время нагрузки, статистически значимых различий между их значениями, полученными в экипировке и без таковой, не было.

В большей степени представляет интерес изменение кардиореспираторных и метаболических параметров у добровольцев при выполнении ими теста с умеренной физической нагрузкой в зависимости от их жировой массы. На рисунке наглядно представлена динамика данных параметров у добровольцев обеих групп при применении дополнительной нагрузки массой (в экипировке) относительно таковых без нагрузки (в спортивном костюме). Показано, что дополнительная нагрузка массой вызывает статистически значимые изменения пяти основных параметров на 16–38 % у добровольцев группы >11 кг, в то время как у участников группы ≤11 кг статистически значимо повышаются только кардиореспираторные параметры: ЧСС и легочная вентиляция, изменение метаболических показателей, несмотря на численно сопоставимые проценты их роста, имело статистически незначимую тенденцию.

Нежелательные явления

Нежелательные явления отсутствуют.

Обсуждение основного результата исследования

Также был проведен корреляционный анализ с целью выявления возможной взаимосвязи значений абсолютной и относительной жировой массы, а также ИМТ с кардиореспираторными и метаболическими параметрами добровольцев в ходе степ-тестирования как в спортивном костюме, так и в условиях дополнительной нагрузки массой. Выявлено наличие преимущественно умеренной положительной корреляционной связи между абсолютными, относительными значениями жировой массы, значениями ИМТ и показателями суммарной мощности в ходе выполняемых тестов в условиях выполняемой работы при нагрузках 0,5 (значения *r*-критерия составили 0,574–0,693) и 1 Вт/кг (значения *r*-критерия составили 0,624–0,681) без экипировки. Аналогичная корреляционная связь выявлена между абсолютными, относительными значениями жировой массы и показателями суммарной мощности в ходе теста с нагрузкой 1 Вт/кг (значения *r*-критерия составили 0,534–0,547) в экипировке.

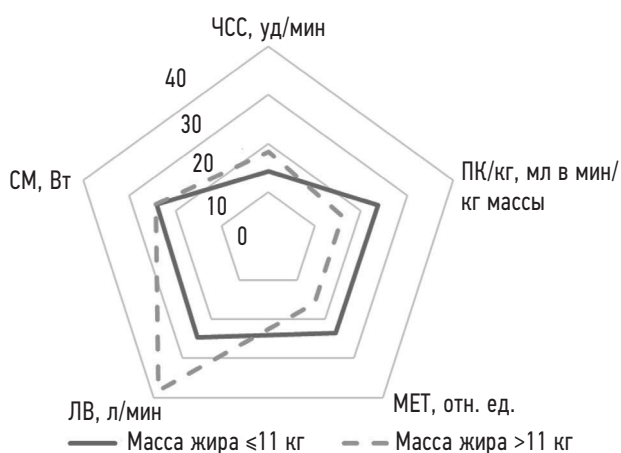


Рисунок. Относительные изменения основных кардиореспираторных и метаболических параметров у добровольцев с разными значениями жировой массы в зависимости от дополнительной массовой нагрузки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют предполагать, что увеличение нагрузки, вызванной массой экипировки, у лиц, имеющих жировую массу более 11 кг, как в покое, так и в условиях умеренной физической нагрузки мощностью 1 Вт/кг, в большей степени вызывает напряжение функциональных систем, выражающееся в изменении большинства кардиореспираторных и метаболических параметров, по сравнению с лицами, имеющими меньшую жировую массу. Данная тенденция, тем не менее, при применяемых уровнях нагрузки не свидетельствует о переключении системы метаболизма на анаэробную работу, не приводит к достижению предельных значений параметров систем организма, и, соответственно, не является патологической. Однако нельзя исключить, что дальнейшее повышение уровней нагрузки, как интенсивности выполняемой работы, так и дополнительной нагрузки массой не приведет к более значительной нагрузке на кардиореспираторную и метаболическую системы, что может явиться предметом дальнейших исследований. Тем не менее в настоящий момент можно утверждать, что реакция кардиореспираторной системы и метаболизма на дополнительную нагрузку массой у людей с разным содержанием жировой ткани может различаться.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Ю.А. Емельянов, Д.В. Овчинников, М.А. Рыжиков — дизайн исследования, научное руководство; Я.В. Баранов, В.Р. Жижин, А.А. Семенов — проведение исследования и подготовка статьи. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Источник финансирования. Финансирование данной работы не проводилось. Поисково-аналитическая работа проведена на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено на заседании независимого этического комитета Военно-медицинской академии (протокол № 263 от 31 мая 2022 г.).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев А.В., Шангутов А.О., Илюшина В.В. Новый подход к решению вопросов совершенствования специальной одежды для военнослужащих // Морской сборник. 2017. № 9 (2046). С. 76–80.
2. Герегей А.М., Ковалёв А.С., Ветряков О.В., и др. Современные методы оценки функционального состояния организма и физической работоспособности военнослужащего при решении научно-исследовательских задач биомедицинской направленности // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2018. Т. 20, № 2. С. 202–208. DOI: 10.17816/brmma12330
3. Pihlainen K., Santtila M., Häkkinen K., Kyröläinen H. Associations of Physical Fitness and Body Composition Characteristics With Simulated Military Task Performance // *J. Strength Cond. Res.* 2018. Vol. 32. No. P. 1089–1098. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001921
4. Семенов А.А., Гайворонский И.В., Криштоп В.В. Динамика изменений компонентного состава тела юношей и девушек в период прохождения обучения на первом курсе военного медицинского вуза // Оренбургский медицинский вестник. 2023. Т. 11, № 1. С. 53–57.
5. Николаев Д.В., Щелькалина С.П. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека. М.: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2016. 152 с.
6. Гурьева А.Б., Алексеева В.А., Петрова П.Г. Половые особенности компонентного состава тела и биоимпедансных параметров у студентов медицинского института СВФУ // *Фундаментальные исследования.* 2015. № 1–5. С. 929–932.
7. Богданова Н.А., Семенов А.А. Оценка физического развития обучающихся по данным компонентного состава и функциональных показателей организма // *Физическая культура и спорт в системе образования: инновации и перспективы развития.* Всероссийская научно-практическая конференция, Санкт-Петербург, 24–25 ноября 2022 г. СПб.: Медиапир, 2022. С. 236–243.
8. Демкин А.Д., Овчинников Д.В., Юсупов В.В., и др. Психологические особенности медицинского персонала и курсантов (студентов) в условиях неблагоприятной эпидемиологической обстановки // *Известия Российской Военно-медицинской академии.* 2020. Т. 39, № 2. С. 55–60.
9. Семенов А.А., Гайворонский И.В., Криштоп В.В. Кластерный анализ как интегратор разных методик оценки физического развития практически здоровых лиц юношеского возраста // *Астраханский медицинский журнал.* 2023. Т. 18, № 1. С. 72–80. DOI: 10.29039/1992-6499-2023-1-72-80

REFERENCES

1. Alekseev AV, Shangutov AO, Ilyushina VV. A new approach to solving issues of improving special clothing for military personnel. *Marine collection.* 2017;(9(2046)):76–80. (In Russ.)
2. Geregey AM, Kovalev AS, Vetryakov OV, et al. Modern methods of the functional state assessing of the body and the physical performance of a serviceman in solving scientific research problems of biomedical direction. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy.* 2018;20(2):202–208. (In Russ.) DOI: 10.17816/brmma12330
3. Pihlainen K, Santtila M, Häkkinen K, Kyröläinen H. Associations of Physical Fitness and Body Composition Characteristics With Simulated Military Task Performance. *J Strength Cond Res.* 2018;32(4):1089–1098. (In Russ.) DOI: 10.1519/JSC.0000000000001921
4. Semenov AA, Gaivoronsky IV, Krishtop VV. Dynamics of changes in the component composition of the body of boys and girls during the first year of training at a military medical university. *Orenburg Medical Bulletin.* 2023;11(1):53–57. (In Russ.)
5. Nikolaev DV, Shchelykalina SP. Lectures on bioimpedance analysis of human body composition. Moscow: RIO TsNIOIZ MZ RF Publishing House; 2016. 152 p. (In Russ.)
6. Gur'eva AB, Alekseeva VA, Petrova PG. Sexual characteristics of body composition and bioimpedance parameters in students of the Medical Institute of NEFU. *Fundamental Research.* 2015;(1–5): 929–932. (In Russ.)
7. Bogdanova NA, Semenov AA. Assessment of the physical development of students according to the component composition and functional indicators of the body. *Fizicheskaya kul'tura i sport v sisteme obrazovaniya: innovatsii i perspektivy razvitiya.* All-Russian Scientific and Practical Conference, Saint Petersburg, 24–25 November, 2022. Saint Petersburg: Mediapapir Publ.; 2022. P. 236–243. (In Russ.)
8. Demkin AD, Ovchinnikov DV, Yusupov VV, et al. Psychological characteristics of medical personnel and cadets (students) in an unfavorable epidemiological situation. *Russian Military Medical Academy Reports.* 2020;39(2):55–60. (In Russ.)
9. Semenov AA, Gaivoronsky IV, Krishtop VV. Cluster analysis as an integrator of different methods for assessing the physical development of practically healthy adolescents. *Astrakhan Medical Journal.* 2023;18(1):72–80. (In Russ.) DOI: 10.29039/1992-6499-2023-1-72-80

ОБ АВТОРАХ

Юрий Александрович Емельянов, канд. мед. наук, научный сотрудник научно-исследовательского центра; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4803-3517>; elibrary SPIN: 6874-5924., Author ID: 694640; e-mail: Emelayunov82@gmail.com

AUTHORS' INFO

Yury A. Emelyanov, M.D., Ph.D. (Medicine) Researcher, Research Center; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4803-3517>; elibrary SPIN: 6874-5924, Author ID: 694640; e-mail: Emelayunov82@gmail.com

ОБ АВТОРАХ

Дмитрий Валерьевич Овчинников, канд. мед. наук, доцент, начальник отдела организации научной работы и подготовки научно-педагогических кадров; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8408-5301>; elibrary SPIN: 5437-3457; Author ID: 634977; Scopus Author ID: 36185599800; Researcher ID: AGK-7796-2022; e-mail: dv.ovchinnikov-vma@yandex.ru

Михаил Александрович Рыжиков, канд. мед. наук, начальник лаборатории научно-исследовательского центра; elibrary SPIN: 8280-8276; Author ID: 884133; e-mail: rijikos@mail.ru

Яков Владимирович Баранов, курсант; elibrary SPIN: 4503-4350; Author ID: 1199384; e-mail: Baranov13@mail.ru

Владислав Романович Жижин, курсант; e-mail: Zhizhin@mail.ru

***Алексей Анатольевич Семенов**, канд. мед. наук, докторант; адрес: Россия, 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1977-7536>; elibrary SPIN: 1147-3072; ResearcherId: IAP-1241-2023; e-mail: semfeodosia82@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

Dmitry V. Ovchinnikov, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor, the Head of the Organization of Scientific Work and Training of Scientific and Pedagogical Personnel Department; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8408-5301>; elibrary SPIN: 5437-3457; Author ID: 634977; Scopus Author ID: 36185599800; ResearcherId: AGK-7796-2022; e-mail: dv.ovchinnikov-vma@yandex.ru

Mikhail A. Ryzhikov, M.D., Ph.D. (Medicine), the Head of the Laboratory of the Research Center; elibrary SPIN: 8280-8276; Author ID: 884133; e-mail: rijikos@mail.ru

Yakov V. Baranov, cadet; elibrary SPIN: 4503-4350; Author ID: 1199384; e-mail: Baranov13@mail.ru

Vladislav R. Zhizhin, cadet; e-mail: Zhizhin@mail.ru

***Alexey A. Semenov**, M.D., Ph.D. (Medicine), doctoral student; address: 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1977-7536>; elibrary SPIN: 1147-3072; ResearcherId: IAP-1241-2023; e-mail: semfeodosia82@mail.ru