

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 159.91:355.232.6
DOI: 10.26456/vtbio326

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ВО ВРЕМЯ ПЕРЕВАЛЬНОГО ПОХОДА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

В.Д. Кузнецов

Воздушно-десантные войска, Псков

Своевременный анализ функционального состояния организма военнослужащих в горных условиях с помощью современных аппаратно-программных комплексов поможет в правильной организации подготовки военнослужащих к длительным маршам в горной местности для выполнения специальных учебно-боевых задач. Цель работы – проанализировать реакцию организма военнослужащих на большие физические нагрузки, вызванные длительным маршем по горной местности во время перевального похода, с помощью анализа variability сердечного ритма и выяснить, может ли уровень функционального состояния влиять на качество выполнения учебно-боевых задач в горной местности. По результатам проведенного исследования была разработана модель корректировки функционального состояния с помощью физиотерапевтических, эндогенных методов и средств физической подготовки.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, горная подготовка, физическая подготовка, функциональное состояние, вегетативная нервная система.*

Введение. Современное состояние войск требует постоянной и тщательной подготовки военнослужащих к выполнению своих задач по предназначению в любых условиях (в умеренном климате, жарком климате, в условиях крайнего севера, среднегорья и высокогорья и т.д.). Попадания в эти условия неразрывно будут связаны с воздействием на организм военнослужащих вредных факторов окружающей их среды. Так, в горных условиях на солдат будут воздействовать: понижение барометрического давления атмосферы и парциального давления кислорода, сухость вдыхаемого воздуха, увеличение ультрафиолетовой радиации, сильные перепады температур (в дневное и ночное время), резкое изменение погоды и т.д. Помимо природных факторов есть также факторы военной службы в горных условиях. Они проявятся в следующем: большой вес

носимой на себе экипировки и вооружения, действия малыми группами без техники, автономность выполнения задач и т.п.

Программа подготовки военнослужащих к выполнению задач в горных условиях предполагает выполнение некоторых тренировочных упражнений в горах. Одним из таких является комплексное упражнение «перевальный поход». В данном упражнении организм военнослужащих находится на пределе своих возможностей.

Современные научные данные говорят нам о различных способах использования показателей variability сердечного ритма сердца. Одним из них является контроль тренировочного процесса и оценки функционального состояния организма военнослужащих.

Оценкой функционального состояния на основе variability сердечного ритма занимались такие ученые как Баевский Р.М. (1966), Шлык Н.И. (2001), Гуревич Е. Е. (2007), Брук Т.М. (2009), Литвин Ф.Б. (2010), Гаврилова Е.А. (2016) и многие другие.

Своевременный анализ функционального состояния организма военнослужащих в горных условиях с помощью современных аппаратно-программных комплексов поможет в правильной организации подготовки военнослужащих к длительным маршам в горной местности для выполнения специальных учебно-боевых задач.

Цель исследования – исследовать реакцию организма военнослужащих на большие физические нагрузки, вызванные длительным маршем по горной местности во время перевального похода, с помощью анализа variability сердечного ритма и выяснить, может ли уровень функционального состояния влиять на качество выполнения учебно-боевых задач в горной местности.

Задачи:

1. Оценить функциональное состояние военнослужащих с помощью variability сердечного ритма за сутки до выполнения комплексного упражнения «перевальный поход».
2. Распределить согласно модели прогностической оценки функционального состояния военнослужащих воздушно-десантных войск, исследуемых по группам с разными уровнями функционального состояния.
3. Определить показатели variability ритма сердца после выполненного комплексного упражнения «перевальный поход».
4. Разработать модель регулирования функционального состояния военнослужащих в условиях высокогорья.

Методика. В исследовании приняло участие 40 военнослужащих первого уровня обучения горной подготовке. Средний возраст испытуемых $25,3 \pm 4,1$, вес $82,1 \pm 6,8$ кг, рост $178,2 \pm 5,9$ см. Уровень физической подготовленности военнослужащих (согласно

НФП-2009) был на хорошем уровне, средняя оценка военных профессионалов по физической подготовке была 4,8. Все военнослужащие были первой категории (военнослужащие подразделений специального назначения, разведывательных, воздушно-десантных, десантно-штурмовых и морской пехоты).

Исследование проходило в 4 этапа:

на первом этапе был проведен анализ variability сердца у военнослужащих, оценка сатурации крови и на основе результатов были сформированы группы функционального состояния;

на втором этапе проведен «перевальный поход» протяженностью в 32 километра, с перепадом высот в 1240 м и продолжительностью в двое суток, высотный профиль маршрута представлен на рисунке 1;

третий этап включал в себя оценку функционального состояния военнослужащих по результатам анализа variability ритма сердца (проведенного на следующий день после возвращения подразделений в место дислокации базового лагеря) и рассмотрение полученных результатов;

четвертый этап состоял из разработки модели регулирования функционального состояния военнослужащих в условиях среднегорья с помощью физиотерапевтических, эндогенных методов и средств физической подготовки на основе полученных результатов и анализа научной литературы.

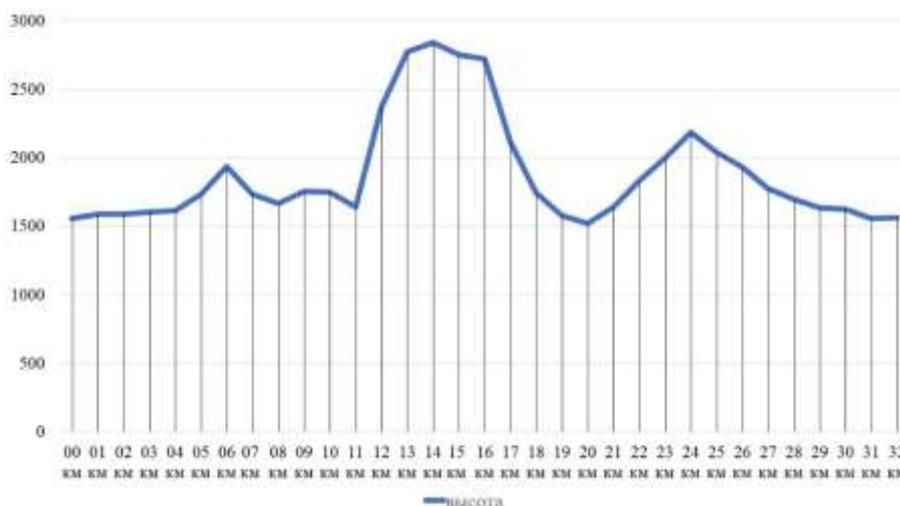


Рис. 1. Высотный профиль маршрута перевального похода

Анализ variability сердечного ритма проводился в утренние часы. Перед обследованием военнослужащие находились 15 минут в неподвижном состоянии. Полученные результаты заносились

в индивидуальный протокол. Запись кардиоритмограммы проходила в течение 300 кардиоциклов. Проводили оценку временных и частотных показателей ВСР. Распределение военнослужащих по уровню функционального состояния проходила с помощью прогностической модели оценки функционального состояния военнослужащих в разных условиях окружающей среды, модель представлена на рисунке 2.

В работе использовались следующие математико-статистические методы: критерий Колмогорова-Смирнова (при проведении проверки количественного характера признака на нормальность распределения); однофакторный дисперсионный анализ – для сравнения результатов между группами; t-критерий Стьюдента для парных выборок (сравнение количественных признаков при выполнении условия их равенства) – для сравнения результатов внутри команды. В случае сравнения результатов качественных признаков дополнительно применялись Хи-квадрат Пирсона с поправкой на достоверность – для сравнения результатов между группами и критерий Мак-Нимара – для сравнения результатов внутри команды. Различия между группами считали достоверными при минимальном уровне значимости $p < 0,05$. Вся математико-статистическая обработка материалов проводилась с помощью программы STATISTICA 10.

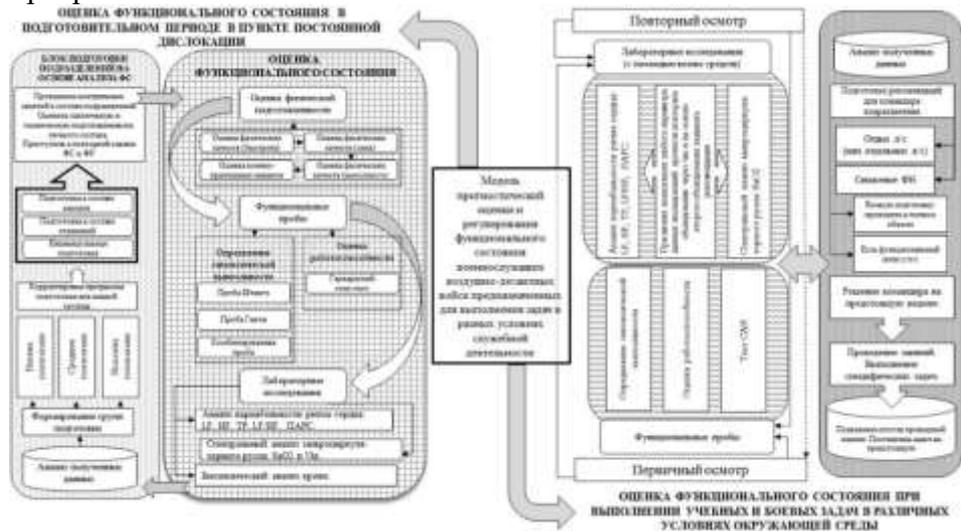


Рис. 2. Прогностическая модель оценки функционального состояния военнослужащих воздушно-десантных войск в разных условиях окружающей среды

Результаты и обсуждение. Перед выходом в горную зону был проведен анализ вариабельности сердечного ритма военнослужащих и проверен уровень сатурации. Результаты проведенных исследований

представлены в таблице 1.

Представленные данные говорят о нормальных референтных значениях вариабельности ритма сердца и сатурации военнослужащих. Используя имеющийся материал, военнослужащих распределили на три отделения: 1 отделение с высоким уровнем функционального состояния; второе отделение со средним уровнем функционального состояния; третье отделение с низким уровнем функционального состояния. В первом отделении оказалось 18 военнослужащих, во втором - 10 и в третьем - 12. Задачей каждого отделения было движение с максимально возможной скоростью.

Таблица 1

Сравнительная характеристика показателей вариабельности сердечного ритма и сатурации крови военнослужащих на всех этапах исследования

Показатели	Результаты проведенных исследований		Уровень достоверности p
	до	после	
M±σ			
ЧСС, уд/мин	66,5±7,9	75,5±9,34	0,0076
SDNN, мс	75,7±26,8	56,4±21,5	0,002
rMSSD, мс	31,1±9,1	29,4±9,9	0,45
pNN50, %	23,8±8,3	23,2±9,8	0,75
HF, мс ²	893,7±110,5	728,7±104,9	0,001
LF, мс ²	1092,7±259,1	1198,8±208,03	0,02
VLF, мс ²	1006,1±295,33	486,8±141,5	0,001
ULF, мс ²	1926,7±343,3	715,7±208,8	0,001
TP, мс ²	4919,2±575,17	3130,2±341,2	0,001
LF/HF, у. е.	1,2±0,3	1,5±0,4	0,001
SI, у.е.	53,42±28,4	183,6±61,9	0,001
Md [Q25;Q75]			
HF %	HF %	HF %	HF %
VLF %	VLF %	VLF %	VLF %
LF %	LF %	LF %	LF %
SpO2 %	SpO2 %	SpO2 %	SpO2 %
ПАРС, у.е.	ПАРС, у.е.	ПАРС, у.е.	ПАРС, у.е.

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений; SDNN - ; HF– высокочастотные волны ; LF– низкочастотные волны; VLF– очень низкочастотные волны; ULF– сверхнизкие волны; LF/HF – отношение низкочастотного и высокочастотного компонентов ВСП; pNN50 (%) – доля NN50, деленная на общее количество NN; rMSSD – квадратный корень из среднего значения квадратов последовательных различий между соседними NN; SDNN – стандартное отклонение интервалов NN; SI – стресс-индекс; SpO2 – средний относительный уровень оксигенации (сатурации оксигемоглобина) в смешанной крови микроциркуляторного русла; ПАРС – показатель активности регуляторных систем.

Первое отделение выполнило комплексное упражнение «перевальный поход» протяженностью 32 километра за 13 часов 51 минуту (самого марша), второе отделение за 16 часов 32 минуты

(самого марша) и третье отделение за 20 часов 48 минут (самого марша).

На следующий день после перевального похода у испытуемых повторно провели оценку сатурации крови и анализ вариабельности ритма сердца. Результаты представлены в таблице 1.

По отделениям повторное исследование не показало достоверных различий между показателями вариабельности сердечного и сатурации крови военнослужащих.

Повторное обследование показало, что показатели активности регуляторных систем военнослужащих указывают на мобилизацию механизмов симпатико-адреналовой системы и системы гипофиз-надпочечники. Характеризуется выраженное напряжение регуляторных систем. У военнослужащих в связи с рядом выполненных мероприятий (длительный марш по сильно пересеченной местности с высоким перепадом высот в условиях среднегорья) наблюдалась кислородная недостаточность I степени.

Снижение такого показателя ВСР как SDNN говорит нам о том, что вегетативная нервная система военнослужащих смещена в сторону парасимпатического отдела и направлена на восстановление систем организма после перенесенных физических нагрузок. Стресс-индекс (SI) был увеличен в несколько раз, что указывает на предельные нагрузки, перенесенные военнослужащими.

Спектральные показатели ВСР (TP, HF, LF, VLF, ULF) говорят нам о гипореакции организма военнослужащих, но при этом результаты измерения низкочастотных волн и их процент от общей мощности преобладают над процентом дыхательных волн, а это является показателем того, что в процессах регуляции АД участвуют неспецифические механизмы, которые (снижение показателя VLF) сигнализируют нам об энергодефиците организма военнослужащих. И ещё снижение этого показателя может говорить о снижении метаболических, энергетических и психических процессов в организме солдат. ULF – ультранизкочастотные колебания требуют серьезного исследования, и пока в литературе нет единого мнения о физиологической интерпретации их происхождения.

По наблюдениям некоторых авторов, этот показатель выражено изменяется под влиянием внешней среды и, в частности, на сборах в среднегорье, а также перед соревнованиями и при отклонениях в состоянии здоровья (Шлык, 2009, 2016, 2019).

Из результатов исследования и в процессе изучения научной литературы была разработана модель регулирования функционального состояния военнослужащих в условиях среднегорья (рис. 3).

Модель включает в себя три модуля (низкое ФС, среднее ФС, высокое ФС), которые в свою очередь тоже состоят из трёх

компонентов (физиотерапевтические методы воздействия на организм военнослужащих, эндогенные методы воздействия на организм военнослужащих и средства физической подготовки).

Первый модуль направлен на восстановление организма после перенесенных нагрузок, вызванных вредными факторами окружающей среды и большими физическими нагрузками. Первый компонент данного модуля включает такой элемент как бальнеотерапия, то есть горячий душ, направленный на расслабление организма для улучшения сна, релаксацию мышц организма и улучшения дыхания путем вдыхания горячего воздуха. Аудиовизуальная стимуляция в режиме «релаксация» направлена на расслабление нервной системы; аэрофитотерапия с эфирными маслами пихты сибирской и мяты улучшает дыхательную функцию организма военнослужащих. Второй компонент включает в первую очередь сбалансированное питание (достижение суточного рациона до 2500 килокалорий) и прием минеральных вод данного горного региона для улучшения пищеварения. Фармакологическое вмешательство выполняется только по назначению специалистов медицинской службы.



Рис. 3. Предлагаемая модель регулирования функционального состояния военнослужащих в условиях среднегорья:

ФС – функциональное состояние; УФЗ – утренняя физическая зарядка;
УЗ – учебные занятия; СМР – спортивно-массовая работа

Увеличение продолжительности сна поможет в процессах восстановления и энергетического накопления (увеличение предлагается за счет сокращения УФЗ на 30 минут и сокращения вечерних мероприятий на 40 – 60 минут). Третий компонент включает

проведение на утренней физической зарядке подготовительных упражнений продолжительностью 5-7 минут, дыхательной гимнастики из 8-12 упражнений продолжительностью 10 минут и приведением организма в состояние относительного физиологического покоя в течение 3-5 минут. В часы учебных занятий и спортивно-массовой работы тренировку проводить в виде длительных прогулок для улучшения дыхательной функции.

Второй модуль направлен на поддержание функционального состояния на нормальном уровне и устранение возможных отклонений от нормы. Физиотерапевтический компонент данного модуля включает контрастный душ, который стимулирует производство лимфоцитов и улучшает иммунную функцию, что помогает бороться с инфекциями и укрепляет организм, также запускает циркуляцию крови, улучшает кровоток к органам и тканям, что способствует более эффективному поступлению кислорода и питательных веществ, активизирует нервную систему. Аудиовизуальная стимуляция в режиме «мобилизация» направлена на снижение тонуса блуждающего нерва, что должно помочь военнослужащим в подготовке к предстоящим учебно-боевым задачам. Аэрофитотерапия с использованием эфирных масел на основе лаванды и шалфея направлена на общетонизирующий и противовоспалительный эффект. Самомассаж проблемных зон поможет повысить процессы восстановления и улучшить физическое состояние военнослужащих. Эндогенный компонент включает в себя сбалансированное питание (достижение суточного рациона до 2500 килокалорий) и прием минеральных вод данного горного региона для улучшения пищеварения, увеличение продолжительности сна поможет в процессах восстановления и энергетического накопления (увеличение предлагается производить за счет сокращения вечерних мероприятий на 40 минут). В компонент регуляции функционального состояния с помощью средств физической подготовки включена дыхательная гимнастика для усиления газообмена в легких, насыщения организма военнослужащих кислородом, укрепления дыхательных мышц. В спортивно-массовую работу необходимо включить равномерный длительный бег в первом режиме (ЧСС от 130 до 150 уд./мин.).

Третий модуль направлен на поддержание высокого функционального состояния, профилактику заболеваний и развитие физических качеств. В первом компоненте физиотерапевтические процедуры направлены на улучшение восстановления после физической нагрузки и повышение иммунной функции организма. Второй компонент направлен на поддержание необходимого энергетического баланса. Третий компонент направлен на

использование физико-географических факторов в развитии специальных физических качеств.

Заключение

Изучение функционального состояния военнослужащих до перевального похода показало, что военнослужащие находились в относительном нормальном состоянии, но при этом у ряда военнослужащих выявлены дизадаптивные процессы, что представляло их функциональное состояние как низкое.

Оценка функционального состояния с помощью вариабельности сердечного ритма и сатурации крови военнослужащих помогла на основе прогностической модели оценки функционального состояния военнослужащих воздушно-десантных войск в разных условиях окружающей среды разделить группу обучаемых на 3 отделения, которые при проведении комплексного занятия «перевальный поход» показали значительно разный результат выполнения марша по горной местности протяженностью в 32 км и с перепадом высот в 1240 м.

Повторный анализ вариабельности ритма сердца и сатурации крови после «перевального похода» наглядно показал, что в процессах регуляции участвуют неспецифические механизмы, вегетативная нервная система военнослужащих смещена в сторону парасимпатического отдела и направлена на восстановление систем организма после перенесенных физических нагрузок.

На основе проведенных исследований была разработана и представлена модель корректировки функционального состояния военнослужащих воздушно-десантных войск в условиях среднегорья.

Полученные данные, вне всяких сомнений, говорят о необходимости дальнейшего поиска и реализации современных подходов в организации и проведении мероприятий боевой подготовки и повышении адаптационных возможностей организма военнослужащих в условиях среднегорья, на что и будут направлены наши дальнейшие исследования.

Список литературы

Алекперов И.М., Плахов Н.Н., Киреев И.О., Дергачев В.Б. 2022. Оптимизация функционального состояния организма и работоспособности военнослужащих с помощью дозированных термических воздействий // Актуальные вопросы в педагогических, медико-биологических и психологических аспектах физической культуры и спорта: Межвузовский сборник научных статей межвузовской научно-практической конференции памяти олимпийского чемпиона Н.В. Пузанова, Санкт-Петербург, 07 апреля 2022 года. Санкт-Петербург: Военно-медицинская академия имени С.М.Кирова. С. 33-42.

- Баевский Р.М.* 2001. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. № 3. С. 108-127.
- Брук Т.М.* 2009. Современные средства повышения и восстановления физической работоспособности спортсменов: монография / [Смоленская гос. акад. физ. культуры, спорта и туризма]. Смоленск: Смоленская гос. акад. физ. культуры, спорта и туризма, 2009. – 173 с.
- Брынцева Е.В., Гаврилова Е.А., Загородный Г.М., Чурганов О.А., Белодедова М.Д.* 2020. Прогноз успешности пловцов-юниоров на основе оценки вариабельности сердечного ритма // Прикладная спортивная наука. – № 2(12). С. 61-69.
- Дальский Д.Д., Афанасьева И.А., Стовбур А.П., Авраменко В.И., Ващенко К.В.* 2020. Оптимизация функционального состояния военнослужащих средствами физической подготовки // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. № 7(185). С. 93-99.
- Дмитренко А.Р., Авдюшенко С.А.* 2020. Оптимизация функционального состояния организма военнослужащих-спортсменов с помощью методики "Кратковременный сон" // Физическая культура и спорт, в студенческой среде: Статьи Межвузовской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 17 июня 2020 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. С. 66-68.
- Дудельзон В.А., Кальманов А.С., Булавин В.В.* 2018. Применение различных режимов аудиовизуальной стимуляции для оптимизации функционального состояния военнослужащих // Военно-медицинский журнал. Т. 339. № 5. С. 47-51.
- Ильина Н.Н.* 2022. Активная и пассивная мышечная релаксация в коррекции функционального состояния // Universum: психология и образование. № 2(92). С. 24-27.
- Кузнецов В.Д., Козиков Я.С., Галунин А.С., Елисеев С.А., Шаповаленко А.Л.* 2023. Совершенствование адаптационных возможностей военнослужащих средствами физической подготовки в условиях горной местности // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. № 3(217). С. 255-260.
- Кузнецов В.Д., Романов В.В., Васильков И.Е., Ткаченко А.В.* 2023. Применение модели оценки и регулирования функционального состояния военнослужащих воздушно-десантных войск в условиях высокогорья для организации учебно-тренировочных сборов самбистов в горной местности // Интеграция науки и спортивной практики в единоборствах: материалы XXII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции молодых ученых, посвящённой памяти заслуженного мастера спорта СССР, заслуженного тренера СССР, профессора Евгения Михайловича Чумакова, Москва, 16 февраля 2023 года. М.: Федеральное государственное бюджетное образовательное

- учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК». С. 130-135.
- Курьянович Е.Н., Вихрук Т.И., Марцинкевич Е.Д.* 2014. Физиология человека: учебное пособие. СПб.: ВИФК, МО РФ. 182 с.
- Любчик В. Н., Мирошниченко Н. В., Голубова Т. Ф.* 2019. Немедикаментозные методы реабилитации: цветотерапия, музыкотерапия, аэрофитотерапия с эфирными маслами растений. М.: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М». 182 с. (Научная мысль - 100 лет КрымФУ).
- Мирошников А.Б.* 2022. Медико-биологическое обоснование применения физической нагрузки аэробного характера для спортсменов силовых видов спорта с артериальной гипертензией: 14.03.11 Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия: диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. 255 с.
- Шлык Н.И.* 2022. Вариабельность сердечного ритма и методы ее определения у спортсменов в тренировочном процессе: методическое пособие. Ижевск: Удмуртский государственный университет. 80 с.
- Щуров А.Г., Романов К.В., Черевкова Т.Н., Борисенко Н.С.* 2021. Физическая подготовка как фактор оптимизации функционального и психоэмоционального состояния военнослужащих на заключительном этапе подготовки к учениям // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. № 2. С. 256-262.
- Щуров А.Г.* 2022. Результаты динамических исследований функционального состояния и физической подготовленности курсантов первого курса вуза в период общевоинской подготовки // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. № 4. С. 267-272.

ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF MILITARY PERSONNEL DURING THE TRANSIT CAMPAIGN BASED ON THE ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY

V.D. Kuznetsov
Airborne troops, Pskov

Timely analysis of the functional state of the organism of military personnel applied using modern hardware and software systems greatly helps in the proper organization of training of military personnel for long marches in mountainous terrain to perform special combat training tasks. The purpose of the study was to analyze the reaction of the body of military personnel to heavy physical exertion caused by a long march through mountainous terrain during a mountain hike. The analysis of heart rate variability was used to find out whether the level of functional condition can affect the quality of performance of combat training tasks in mountainous terrain. Based on the

results of the study, a model for correcting the functional state using physiotherapeutic, endogenous methods and means of physical training was developed.

Keywords: *heart rate variability, mountain training, physical fitness, functional state, autonomic nervous system.*

Об авторе

КУЗНЕЦОВ Вадим Дмитриевич – гвардии капитан, помощник командира полка по физической подготовке – начальник физической подготовки войсковой части 32515, Воздушно-десантный войск, 181260, Псков, д. Череха, в/ч 32515, e-mail: KuznetsovVDedu@yandex.ru.

Кузнецов В.Д. Оценка функционального состояния военнослужащих во время перевального похода на основе анализа вариабельности сердечного ритма / В.Д. Кузнецов // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 7-18.

Дата поступления рукописи в редакцию: 09.11.23
Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23