

УДК 612.81, 616.839, 355.233

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-2-53-61

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЕЗЕРВА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ РАЗНЫХ КАТЕГОРИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ

Головин М. С.

*Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия
E-mail: golovin593@mail.ru*

Изучены особенности вегетативной регуляции сердечного ритма, а также основные морфо-функциональные показатели военнослужащих разных категорий физической подготовленности. В обеих группах военнослужащих выявлено напряжение механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы, снижение тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, а также истощение нервных и гуморально-метаболических резервов симпатического отдела вегетативной нервной системы. У военнослужащих группы пехота выявлено более плотное телосложение за счет выраженности жирового компонента, чем в группе военнослужащих разведки. Разведчики имели более высокую экономичность работы сердечно-сосудистой системы при физической нагрузке, более высокие функциональные резервы, чем военнослужащие пехоты, однако в обеих группах в покое наблюдалась повышенная ЧСС и сниженное качество адаптации к физической нагрузке.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца, военнослужащие, морфо-функциональные показатели.

ВВЕДЕНИЕ

Экстремальные условия деятельности военнослужащих (ВС), связанные с увеличением интенсивности боевой подготовки и возрастанием уровней физических и психических нагрузок, создают риск нарушений состояния здоровья. В условиях выполнения военно-профессиональных задач на «износ» есть необходимость в ранней диагностике состояний у ВС психофункционального перенапряжения, изучения морфо-функциональных показателей, с целью своевременного и эффективного проведения восстановительных мероприятий и сохранения психофизических кондиций [1, 2].

Для оценки состояний кардиорегуляторного напряжения при мышечной деятельности хорошо зарекомендовал себя метод вариабельности сердечного ритма. Оценка механизмов вегетативной регуляции является современным и информативным методом диагностики состояний психофункционального перенапряжения [3]. Этот метод отличается своей простотой, неинвазивностью, широким выбором аппаратно-программных комплексов и автоматической системой анализа результатов.

Рядом авторов установлены факторы, определяющие необходимость совершенствования оздоровительной физической культуры в Вооруженных Силах

Российской Федерации. К этим факторам специалисты относят: увеличение количества военнослужащих, имеющих различные отклонения в состоянии здоровья, повышение интенсивности решения боевых задач, требующих последующего восстановления военнослужащих, сочетание интенсивных физических и психо-эмоциональных нагрузок. Важное для осуществления оптимальной коррекции значение имеет необходимость разделения военнослужащих по уровню психофизического состояния [4].

Таким образом, целью настоящего исследования явилось изучение особенностей вегетативной регуляции и функционального резерва сердечно-сосудистой системы у военнослужащих разных категорий физической подготовленности (ФП).

Задачи исследования:

- 1) Оценить особенности механизмов вегетативной регуляции у военнослужащих разных категорий физической подготовленности;
- 2) Изучить показатели морфологического статуса военнослужащих разных категорий физической подготовленности;
- 3) Определить функциональные особенности сердечно-сосудистой системы у военнослужащих разных категорий физической подготовленности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследование было выполнено в городе Юрга (Кемеровская область). Участвовали 44 военнослужащих мужского пола от 20 до 30 лет, срок службы в подразделении составлял минимум 1 год. Военнослужащие разведывательных подразделений – 1-й категории ФП (n=24); – военнослужащие основных подразделений и подразделений боевого обеспечения – 2-й категории ФП (n=20).

Система физической подготовки в 1 группе содержит большой объем физических нагрузок и более высокую интенсивность (табл. 1). Программа физической подготовки во 2 группе содержит меньший объем физических нагрузок, военнослужащие поддерживают свою физическую форму во многом только за счет самостоятельных физических тренировок.

Антропометрическое обследование: масса и длина тела (МТ, ДТ), количество общего и висцерального жира (биоимпедансный анализатор Tanita BC-545N). Состояние сердечно-сосудистой системы оценивали по частоте сердечных сокращений (ЧСС, пульсометр Polar RS 300X) и артериальному давлению (АД, аускультативным методом Короткова). Уровень физической работоспособности (ФР) оценивали с помощью стэп-эргометрической пробы PWC₁₇₀ [4]. Для косвенной оценки расходования резервов сердца при тесте PWC₁₇₀ использовали сердечный нагрузочный индекс (двойное произведение) или хроноинотропный резерв миокарда ($ХР = ЧСС_{нагрузка PWC170} \times САД_{нагрузка PWC170}$). Меньшая величина ХР будет свидетельствовать о более экономичном и рациональном расходовании резервов миокарда в процессе обеспечения мышечной деятельности. Качество реакции на физическую нагрузку оценивали по показателю эффективности кровообращения ($(ПЭК = (САД : ЧСС) \times 100)$) [5, 6].

Таблица 1

Система физической подготовки военнослужащих

1 категория ВС	2 категория ВС
Утренняя физическая зарядка (УФЗ)	
1 раз в неделю	1 раз в неделю
Физическая тренировка в процессе учебно-боевой деятельности	
Неделя тактики и ФП (3 дня занятий). -легкая атлетика (2 часа, аэробный режим тренировки); -занятия по рукопашному бою (1,5 часа); -преодоление полосы препятствий (1 час); -гимнастика и атлетическая подготовка (1 час, анаэробный режим тренировки); -контрольная сдача нормативов (0,5 часа). Передвижение на отдаленные учебные места осуществляется пешим маршем (аэробный режим тренировки).	Неделя тактики и ФП (1 день). -гимнастика и атлетическая подготовка (0,5 часа, смешанный режим тренировки); -занятия по рукопашному бою (1 час); -контрольная сдача нормативов (0,5 часа). Передвижение на отдаленные учебные места осуществляется на машинах или боевой технике.
Попутная физическая тренировка – применяется при любых передвижениях подразделения (аэробный режим тренировки).	Попутная физическая тренировка – применяется на занятиях по тактике (аэробный режим тренировки).
День специалиста (1 раз в неделю). -подъем по тревоге, бег 3 км в форме по территории части (аэробный режим тренировки); -марш-бросок 5 км с оружием (смешанный и анаэробный режим тренировки); -отработка нормативов на полосе разведчика (1,5 часа); -марш-бросок 5 км (анаэробный режим тренировки).	День специалиста не проводится.
Самостоятельная физическая тренировка	
-в личное время военнослужащего, 3-4 раза в неделю (не более 4 часов).	-в личное время военнослужащего, 1-2 раза в неделю (не более 2 часов).
Лыжная подготовка (зимний период)	
-1 раз в неделю в качестве спортивно-массовой работы (1,5 часа, аэробный режим тренировки); -систематическая при передвижении на занятия (аэробный режим тренировки); -обязательная в неделю тактики и ФП (2 часа, смешанный и анаэробный режим тренировки).	-1 раз в неделю в качестве спортивно-массовой работы, на усмотрение командиров (1,5 часа, аэробный режим тренировки).

Для количественной оценки процессов вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и вегетативного тонуса применили анализ variability сердечного ритма (ВСР), являющийся маркером напряжения адаптационных процессов и включающий следующие методы: спектральный анализ волновой структуры с оценкой спектральной мощности волн высокой, низкой и очень низкой частоты; временной анализ и вариационную пульсометрию по Р. М. Баевскому (индекс напряжения, у.е; вариационный размах, сек; мода, сек; амплитуда моды, %) [5, 6]. Данные анализа ВСР получены с помощью аппаратно-программного комплекса «ВНС-Микро», Нейрософт.

Полученные результаты обработаны общепринятыми методами математической статистики с использованием программного пакета «Microsoft Excel 2010» и «Statistica 10.0 for Windows». Статистический анализ проводился на основе расчета средних арифметических выборочных совокупностей (M), их ошибок ($\pm m$) и средних квадратичных отклонений (σ). Для выявления значимости различий использовали t-критерий Стьюдента. Достоверными ($p \leq 0,05$) считали различия при уровне значимости 95 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выявлено, что ВС 2 группы характеризовались достоверно большей длиной и массой тела, чем ВС 1 группы ($p < 0,05$) (табл. 2). Более плотное телосложение ВС 2 группы обусловлено существенным вкладом жирового компонента, о чем свидетельствуют более высокие показатели общего и висцерального жира ($p < 0,05$), находящиеся на уровне верхней границы половозрастной нормы.

В обеих группах выявлена высокая ЧСС в покое. Это может свидетельствовать о неэкономичной работе сердечной мышцы и высокой цене адаптации сердечно-сосудистой системы.

Для количественной оценки физической работоспособности была использована функциональная проба PWC_{170} , которая является маркером функционального состояния кардиореспираторной системы. Установлено, что физическая работоспособность в группе ВС разведки статистически значимо выше ($p < 0,05$), а значит больше мощность выполняемой работы при заданном пульсе, больше функциональные возможности кардиореспираторного аппарата и организма в целом.

Вместе с тем, в обеих группах выявлены низкие значения показателя эффективности кровообращения не отличающиеся между собой ($p > 0,05$). Это свидетельствует об ухудшении качества адаптации к физической нагрузке, что может быть обусловлено преобладанием хронотропного компонента сердечной деятельности над инотропным [6].

Таким образом, функциональное состояние ВС разведки характеризуется большей экономичностью, по сравнению с группой ВС основных подразделений. Как в состоянии покоя, так и при стандартной степ-эргометрической нагрузке у ВС 2 группы выявлены достоверно более высокие показатели частоты сердечных сокращений, систолического артериального давления и хроноинотропного резерва

($p < 0,05$), свидетельствующие о напряжении в работе сердечно-сосудистой системы, и соответственно высокой цене адаптации (табл. 2).

Таблица 2

Морфо-функциональные показатели военнослужащих разных категорий физической подготовленности ($M \pm m$), $n=44$

Показатели	1 группа	2 группа
Длина тела, см	174,9 \pm 1,5	178,0 \pm 1,9
Масса тела, кг	73,7 \pm 2,1	84,0 \pm 3,7*
Количество общего жира, %	15,4 \pm 1,2	18,7 \pm 2
Количество висцерального жира, %	3,1 \pm 0,5	5,4 \pm 1,0*
Частота сердечных сокращений в покое, уд/мин	83,7 \pm 2,3	83,4 \pm 2,5
Систолическое артериальное давление в покое, мм.рт.ст	119,6 \pm 1,8	120,0 \pm 2,9
PWC ₁₇₀ , кгм/мин/кг	16,1 \pm 0,4	15,1 \pm 0,5*
Частота сердечных сокращений при нагрузке, уд/мин	163,0 \pm 1,7	171,8 \pm 2,0*
Систолическое артериальное давление при нагрузке, мм.рт.ст	144,0 \pm 3,1	156,2 \pm 4,2*
Хроноинотропный резерв _{нагрузка pwc170} , у.е	235 \pm 13	268 \pm 3*
Показатель эффективности кровообращения, у.е.	88,3 \pm 2,1	91,2 \pm 2,0

Примечание. Достоверность различий результатов между группами: * $p < 0,05$.

Наряду с объемными и интенсивными (смешанными и анаэробными) физическими нагрузками ВС группы 1 выполняют и свои основные служебные обязанности – несение внутренней службы, суточные наряды, срочные задачи и т.д., соответственно, могут не получать соответствующего восстановления (табл. 1). И, как результат испытывают переутомление, физическое и психоэмоциональное напряжение. У ВС группы 2 тренировочные занятия в основном аэробного характера, не всегда регулярные, что может выражаться в недостаточной физиологической преемственности физических тренировок и их развивающего эффекта. Это дает в основном срочный тренировочный эффект и приводит к высокой цене адаптации к физическим нагрузкам и профессиональным стрессовым ситуациям.

При экспресс-оценке и динамическом контроле за адаптивными и резервными возможностями организма наиболее объективным, информативным и чувствительным методом изучения функционального состояния и физической подготовленности можно считать анализ вариабельности сердечного ритма.

Основными диагностическими маркерами физиологической «цены» адаптации сердечно-сосудистой системы являются показатели вариационной пульсометрии Р. М. Баевского [7]. Величина ЧСС не всегда точно характеризует функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и при одной и той же ЧСС может

наблюдаться разная степень напряжения кардиорегуляторных механизмов. В обеих группах военнослужащих не выявлено статистически значимых отличий по индексу напряжения (ИН; $p > 0,05$), который находился выше нормы (80–150 у.е.) [6]. Это отражает существенное преобладание симпатических влияний над парасимпатическими и характеризует высокую «цену» адаптации у ВС обеих групп.

В обеих группах выявлены низкие значения вариационного размаха (ВР), который отражает недостаточный уровень вагусной регуляции ритма сердца (табл. 3). Начальное значение диапазона наиболее часто встречающихся R-R интервалов (M_0 -мода) также находится на низком уровне. Высокие значения амплитуды моды у военнослужащих обеих групп (A_{M_0}) указывают на повышение активности симпатического отдела вегетативной нервной системы и высокую мобилизацию органов системы кровообращения [7]. Описанные показатели кардиоинтервалографии демонстрируют выраженный эффект централизации управления ритмом сердца. Данные процессы встречаются в тех случаях, когда сердечно-сосудистая система не обладает достаточным уровнем автономности и требуется включение вышестоящих уровней центральной регуляции.

Таблица 3

Показатели вариабельности ритма сердца военнослужащих разных категорий физической подготовленности ($M \pm m$), $n=44$

Показатели	1 группа	2 группа
ИН, у.е.	227 \pm 49	243 \pm 34
ВР, сек.	0,196 \pm 0,018	0,178 \pm 0,015
M_0 , сек.	0,76 \pm 0,03	0,75 \pm 0,03
A_{M_0} , %	47,4 \pm 4,2	48,0 \pm 2,6
SDNN, мс	43,7 \pm 4,7	39,1 \pm 3,3
RMSSD, мс	32,9 \pm 5,1	26,3 \pm 2,9
TP, мс ²	1974 \pm 427	1502 \pm 264
HF, мс ²	692 \pm 195	421 \pm 100
LF, мс ²	696 \pm 209	664 \pm 185
VLF, мс ²	587 \pm 121	417 \pm 67

Примечание. Достоверность различий результатов между группами: * $p < 0,05$.

При временном анализе кардиоинтервалов в обеих группах выявлены низкие значения среднего квадратичного отклонения (SDNN; $p > 0,05$), что свидетельствует о недостаточном суммарном эффекте влияния на синусный узел со стороны симпатического и парасимпатического отделов ВНС [7].

При спектральном анализе структуры сердечного ритма не выявлено достоверных отличий высокочастотных дыхательных волн (HF; $p > 0,05$) между группами. Вместе с тем, абсолютные показатели находятся существенно ниже возрастно-половых норм и свидетельствуют о дефиците вклада парасимпатических

влияний в формирование сердечного ритма. При оценке показателей низкочастотных вазомоторных (LF) и очень низкочастотных гуморально-метаболических волн (VLF) также не выявлено достоверных межгрупповых отличий ($p > 0,05$), в то время как абсолютные значения свидетельствуют о дефиците вклада механизмов регуляции сосудистого тонуса и гуморально-метаболических процессов в формирование сердечного ритма. Таким образом, в состоянии относительного покоя у ВС обеих групп установлена высокая степень напряжения кардиорегуляторных механизмов, что дополнительно подчеркивают выявленные высокие значения ЧСС в покое и показатель эффективности кровообращения в 1 группе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В обеих группах военнослужащих не выявлено статистически значимых отличий по индексам Баевского ($p > 0,05$). В обеих группах ВС выявлено напряжение механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы, снижение тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, истощение нервных и гуморально-метаболических резервов симпатического отдела вегетативной нервной системы. В обеих группах выявлен недостаточный уровень вагусной регуляции ритма сердца и высокая мобилизация органов системы кровообращения.
2. Военнослужащие основных подразделений характеризовались достоверно большей длиной и массой тела ($178,0 \pm 1,9$ см; $84,0 \pm 3,7$ кг), чем ВС разведывательных подразделений ($174,9 \pm 1,5$ см; $73,7 \pm 2,1$ кг; $p < 0,05$). Более плотное телосложение ВС 2 группы обусловлено существенным вкладом жирового компонента, о чем свидетельствуют более высокие показатели общего и висцерального жира ($18,7 \pm 2$ %; $5,4 \pm 1,0$ %; $p < 0,05$), находящиеся на уровне верхней границы половозрастной нормы.
3. ВС разведывательных подразделений имели более высокую экономичность работы сердечно-сосудистой системы при степ-эргометрической нагрузке, более высокие функциональные резервы, чем ВС основных подразделений. У ВС 2 группы выявлены достоверно более высокие показатели частоты сердечных сокращений ($171,8 \pm 2,0$ уд/мин), систолического артериального давления ($156,2 \pm 4,2$ мм.рт.ст) и хроноинотропного резерва (268 ± 3 у.е.), чем у ВС 1 группы ($163,0 \pm 1,7$ см; $144,0 \pm 3,1$ мм.рт.ст; 235 ± 13 у.е), соответственно ($p < 0,05$).

Использование обнаруженных в исследовании показателей может помочь в корректировке программ по физической подготовке, в индивидуализации тренировочных занятий, а также при восстановительных процессах ВС для сохранения и повышения физического здоровья и, соответственно, сохранения профессионального долголетия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выражаю особую благодарность за помощь в проведении обследований, организации и подготовке материалов для научной статьи Басарабев Евгений

Сергеевне, студентке Новосибирского государственного педагогического университета и Басарабец Вадиму Николаевичу, слушателю военного учебно-научного центра сухопутных войск «Общевойсковой ордена Жукова академии вооруженных сил Российской Федерации», Москва, Россия.

Список литературы

1. Григорьева М. А. Психологическая готовность военнослужащих к деятельности в особых и экстремальных условиях / М. А. Григорьева // Человеческий капитал. – 2015. – № 10 (82). – С. 50–52.
2. Янович К. В. Характеристика состояния здоровья военнослужащих, проходящих службу в экстремальных условиях деятельности / К. В. Янович, А. А. Корнилова, Н. А. Алексеева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2, Ч. 1. – С. 5.
3. Шлык Н. И. Управление тренировочным процессом спортсменов с учетом индивидуальных характеристик variability ритма сердца / Н. И. Шлык // Физиология человека. – 2016. – Т. 42, № 6. – С. 81–91.
4. Сильчук А. М. Факторы, определяющие необходимость совершенствования оздоровительной физической культуры в вооруженных силах Российской Федерации / А. М. Сильчук, С. М. Сильчук, В. В. Рябчук // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2019. – № 9 (175). – С. 273–276.
5. Головин М. С. Физиологические и биохимические показатели, характеризующие физическую работоспособность при нагрузочном тестировании на тредбане и велоэргометре / М. С. Головин, Р. И. Айзман // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 14–21.
6. Рубанович В. Б. Врачебно-педагогический контроль при занятиях физической культурой: учебное пособие. / В. Б. Рубанович. – М.: Издательство Юрайт, 2020. – 253 с.
7. Бабунц И. В. Азбука анализа variability сердечного ритма. / И. В. Бабунц, Э. М. Мириджанян, Ю. А. Машаех. – Ставрополь. – 2002. – 112 с.

FEATURES OF AUTONOMIC REGULATION AND MILITARY SERVICEMEN PHYSICAL HEALTH DEPENDING ON DIFFERENT CATEGORIES OF PHYSICAL FITNESS

Golovin M. S.

*Department of anatomy, physiology and life safety, Novosibirsk State Pedagogical University,
Novosibirsk, Russian Federation
E-mail: golovin593@mail.ru*

The purpose of this study was to investigate the vegetative regulation mechanisms of the servicemen of different categories of physical fitness. The features of the heart rate vegetative regulation mechanisms, as well as the main morpho-functional indicators of military personnel of different physical fitness categories were studied. In both groups of military personnel, tension in the mechanisms of the cardiovascular system regulation, a decrease in the tone of the parasympathetic autonomic nervous system, as well as depletion of the nervous and humoral-metabolic reserves of the sympathetic autonomic nervous system were revealed. The military personnel of the infantry group showed a greater body density due to the severity of the fat component than in the reconnaissance group. The scouts had a higher efficiency of the cardiovascular system during physical

activity, higher functional reserves than infantrymen, however, in both groups at rest, an increased heart rate and a reduced quality of adaptation to physical activity are observed. The results obtained allow us to form practical recommendations. To predict the possible states of physiological systems overstrain in military personnel, it is recommended to introduce methods and modern technologies for monitoring and diagnosing health indicators into the process of their physical fitness. It is necessary to revise and modify the physical fitness program of military personnel with an emphasis on improving the processes of rest and recovery, for the growth and development of indicators of physical health and fitness.

Keywords: heart rate variability, servicemen, morpho-functional parameters, health, Baevsky indices.

References

1. Grigorieva M. A., Psychological readiness of the military personnel for activity in special and extreme conditions, *Human capital*, **10 (82)**, 50 (2015).
2. Yanovich K. V., Kornilova A. A., Alekseeva N. A., Dmitriev G. V. and Sergoventsev A. A., Health status servicemen in extreme conditions, *Modern Problems of Science and Education*, **2 (1)**, 5 (2015).
3. Shlyk N. I., Management of athletic training taking into account individual heart rate variability characteristics, *Human Physiology*, **(42) 6**, 655 (2016).
4. Silchuk A. M., Silchuk S. M. and Ryabchuk V. V., Factors determining the need to improve health-improving physical culture in the armed forces of the Russian Federation, *Scientific Notes of P. F. Lesgaft University*, **9 (175)**, 273 (2019).
5. Golovin M. S. and Aizman R. I., Physiological and biochemical indicators of physical performance during exercise test (treadmill and bicycle ergometer), *Human. Sport. Medicine*, **1**, 14 (2022).
6. Rubanovich V. B., Medical and pedagogical control during physical education classes: a study guide, 253 (M., Yurayt Publishing House, 2020).
7. Babunts I. V., Mirijanyan E. M., Mashaeh Yu. A., *The ABC of heart rate variability analysis*, 112 (Stavropol, 2002).