

ВОЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ДЛЯ УДАЛЕННОГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ ИНОСТРАННЫХ ГОСУДАРСТВ (Обзор литературы)

А. Д. Демкин¹, О. А. Нагибович¹, В. В. Васильченко¹

¹ ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

MILITARY APPLICATION OF SOLDIER REMOTE PHYSIOLOGICAL AND PSYCHOPHYSIOLOGICAL MONITORING IN FOREIGN ARMED FORCES (Literature review)

A. D. Demkin¹, O. A. Nagibovich¹, V. V. Vasil'chenko¹

¹ S. M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, Saint Petersburg, Russia

Резюме. Носимые устройства для мониторинга физиологического и психофизиологического состояния военнослужащих является частью современной высокотехнологичной военной медицины, позволяющие в режиме реального времени прогнозировать состояние физического и психического здоровья военнослужащего. Данные о реальной боеготовности военнослужащих используют для принятия командных решений. Системы удаленного мониторинга физиологического и психофизиологического состояния используются также для проведения научных исследований в условиях боевой обстановки или в приближенных к ней условиях. (библ.: 7 ист.).

Ключевые слова: боевой стресс, боеготовность, боевая травма, мониторинг, физиология, функциональное состояние, переутомление, психическое здоровье, психологическая травма, психофизиология, утомление.

Статья поступила в редакцию 23.09.2019 г.

Summary. Wearable devices for monitoring the physiological and psychophysiological state of soldiers is part of modern high-tech military medicine, allowing real-time to predict the state of physical and mental health of the soldier. Data on the real combat readiness of military personnel is used to make team decisions. Systems of remote monitoring of physiological and psychophysiological state are also used for carrying out scientific researches in the conditions of a fighting situation or in conditions close to it. (bibliography: 7 refs).

Key words: combat readiness, combat stress, combat trauma, fatigue, functional state, mental health, psychophysiology, physiological status monitor, psychological trauma, physiology, real-time monitoring.

Article received 23.09.2019.

В Вооруженных силах стран НАТО в настоящее время производится построение системы Прогностического контроля состояния физического и психического здоровья военнослужащих в рамках концепции Predictive Health Management (PHM) [1]. Концепция PHM внедряется в рамках научно-технических разработок миссии Program Executive Office Soldier, направленной на разработку и внедрение высокотехнологичного оборудования и экипировки, позволяющих удаленно контролировать психофизиологическое состояние и боеспособность военнослужащих во время боевых операций. Эта задача решается на основе интегрируемых в беспроводные сети физиологических датчиков (сенсоров), которые позволяют предсказывать и опре-

делять угрозы для здоровья военнослужащих от физических повреждающих факторов, химических агентов и условий окружающей среды в реальном времени (Real Time Physiological Status Monitoring — RT-PSM). Системы RT-PSM являются частью современной высокотехнологичной телемедицины, которая позволяет индивидуально в реальном времени в конкретных условиях выполнения военно-профессиональных задач прогнозировать состояние здоровья человека и его функциональное физиологическое состояние на основе оценки текущего состояния. Данный вид прогнозирования имеет преимущества перед традиционным эмпирическим прогнозированием, основанным на популяционных (групповых) исследованиях. Военные

системы RT-PSM являются приемлемыми для использования военнослужащими в любых условиях и могут представлять информацию в едином стандарте, используемом в боевых информационных средах, системах и сетях.

Системы удаленного психофизиологического мониторинга обеспечивают обмен данными с помощью беспроводной связи, могут использовать стандартные мобильные устройства и сети, обладают малым весом и низким потреблением энергии, не стесняют движений военнослужащих. Данные, передаваемые системами RT-PSM, используются командирами нескольких уровней и персоналом медицинской службы. Носимые устройства RT-PSM позволяют контролировать физиологическое состояние как отдельных военнослужащих, так и подразделения в целом, обеспечивая информацией об оперативном физиологическом статусе, с помощью которого можно планировать выполнение миссий оптимальным образом, предупреждая возможные срывы адаптации и острое развитие соматической и психической патологии.

Военные оперативные системы RT-PSM обеспечивают:

1) повышение боевой эффективности путем предоставления индивидуальной информации о физиологическом статусе каждого военнослужащего для оптимизации распределения задач и нагрузок, повышения ситуационной осведомленности;

2) оперативное прогнозирование приближающегося срыва систем адаптации солдата от стрессовой нагрузки (физической, психологической и экологической);

3) раннее обнаружение воздействия потенциально опасных агентов (химические, биологические, радиационные, электромагнитные, температурные, барометрические) и приближения неопознанных биологических объектов (людей, животных);

34) детекцию повреждений и ранений с подачей сигнала о необходимости оказания помощи, прогноза состояния, очередности оказания и объема необходимой медицинской помощи;

5) обнаружение жертв и пострадавших во внешней среде, запрос и передача данных об их состоянии;

6) обратная связь для оптимизации физической нагрузки при тренировках и обучении, выработки оптимального для состояния здоровья образа жизни;

7) долгосрочный мониторинг и дозиметрия воздействия различных видов излучения с прогнозом рисков для здоровья;

8) мониторинг физиологического состояния и сигнализация о пределах теплового воздействия,

усталостных пределов опорно-двигательного аппарата, нейропсихологического статуса;

9) инструменты поддержки принятия оперативных решений;

10) инструменты информационной поддержки при оказании первой медицинской помощи [2].

Современные системы физиологического и психофизиологического мониторинга входят в интегрированную систему сенсоров солдата (Integrated Soldier Sensor System — ISSS), являющейся одним из элементов модульной системы защиты солдата (Soldier Protection System (SPS) [3].

Системы RT-PSM состоят из датчиков, устройств и алгоритмов для обработки информации, ее хранения и передачи в реальном времени данных о физиологических параметрах солдат, для обеспечения их безопасности и эффективности во время выполнения профессиональной деятельности. Для формирования оценки состояния военнослужащего в реальном времени используются следующие параметры:

— кардиоваскулярно-метаболические лимиты (температура ядра тела, ЧСС);

— оценка степени утомления на основе анализа ЭЭГ, биомеханики, движения глаз;

— оценка состояния опорно-двигательного аппарата на основе данных электромиографии и силы давления на опору, траектории движений, положения тела;

— нейрокогнитивные параметры и настроение (оценка паттернов движений и голоса, частотные характеристики голоса);

— оценка состояния иммунной системы (анализ запаха и интерлейкинов пота).

Комплексная оценка строится на соотношении получаемых параметров с индивидуальными нормами, установленными в процессе тренировочных занятий и интеграции с данными о состоянии окружающей среды [4]. Системы RT-PSM позволяют:

Контролировать тепловую и физическую нагрузку.

Оценивать уровень бдительности и нейрокогнитивного статуса.

Контролировать утомление и предупреждать переутомление.

Оценивать вероятность и предупреждать травмы опорно-двигательного аппарата.

Контролировать водно-солевой и нутритивный статус, уровень иммунной защиты.

Получаемые данные автоматически обрабатываются, формируя интегральный показатель боеготовности военнослужащего (Soldier Readiness Index), где показатели от 1 до 6 баллов являются нормативными, 7–8 баллов свидетельствуют о снижении адаптационных возможностей, показатели

9–10 баллов характеризуют срыв адаптационных систем.

Благодаря информации, получаемой с систем RT-PSM во время учебных и боевых действий, командование оперативно вносятся коррективы в режимы несения службы и отдыха, ротации личного состава в процессе выполнения миссий, перераспределения нагрузок внутри подразделений, что позволяет повысить боеготовность и боевую эффективность. Интеграция систем в единую боевую информационную среду NETT Warrior позволяет командованию оценивать состояние многих подразделений одновременно, обеспечивая надежный инструментарий для принятия оптимальных оперативно-тактических решений в реальном времени.

К основным компонентам систем RT-PSM относятся:

1) «Умные» очки, отслеживающие движения глаз, предупреждающие по приближении переутомления, сердечно-сосудистых катастроф, выводящие навигационную, целеуказательную и коммуникационную информацию на дисплей.

2) «Умный» текстиль, содержащий биосенсоры, тонкие эластичные аккумуляторные батареи и эластичные солнечные панели.

3) «Умные» солдатские жетоны, осуществляющие мониторинг качества воздуха, температуры, влажности, электромагнитных полей, активность УФ излучения, отслеживающие GPS.

4) «Умные» татуировки — адгезивные аппликационные сенсоры, контролирующие оксигенацию крови, снимающие ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ, способные выдавать предупреждения с помощью вибрации, управляемые голосовыми и тактильными командами.

5) «Умные» часы, осуществляющие кардиомониторинг, предупреждающие о перегреве и переохлаждении, служащие навигатором и средством коммуникации.

Примером современного комплексного носимого сенсора, используемого в армиях стран НАТО, является английское устройство Equivital TnR EQ02 Life Monitor, которое собирает и передает физиологические мультипараметры, включая ЧСС, ВСР, ЭКГ, ЧД, температуру ядра тела и кожную температуру, кожное гальваническое сопротивление, данные об

ускорении по трем осям (положение тела, данные о падении, движении), данные по оксигенации крови, GPS-позицию, интегральный индекс благополучия, настраиваемые предупреждения. Этот носимый модуль работает до 48 часов без подзарядки, передает данные по беспроводным каналам, и хранит данные за последние 50 суток во внутренней памяти [5]. Носимые сенсоры используются в составе боевой интегральной RT-PSM системы Black Ghost [6].

Перспективой развития систем удаленного физиологического и психофизиологического мониторинга является переход от компактных неинвазивных носимых датчиков к имплантируемым датчикам с питанием от энергии тела на основе белково-графеновых пленок, генерирующих электроэнергию при движениях тела и используя его тепловую энергию [7]. В отдаленной перспективе планируется построение сетевых систем на основе передачи данных «мозг-мозг».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В вооруженных силах стран НАТО совместными усилиями командования, научно-исследовательских организаций, медицинской службы и IT-компаний ведется активная работа по внедрению систем удаленного физиологического и психофизиологического мониторинга функционального состояния военнослужащих (RT-PSM) при выполнении учебных, тренировочных и боевых задач.

Данные системы входят в состав интегральных сетевых комплексов управления боевыми действиями. Использование систем удаленного мониторинга RT-PSM позволяет командованию предупреждать или минимизировать боевые потери личного состава (в том числе из-за переутомления, дезадаптивных явлений боевого стресса, сердечно-сосудистых катастроф, человеческих ошибок), оперативно контролировать боеготовность и боеспособность как отдельных военнослужащих, так и подразделений в целом, принимать оптимальные оперативно-тактические решения, вести научно-исследовательскую работу в реальных боевых условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Poropatich R.* Predictive Health Management (PHM) for Human Assets — Military Perspective. Annual PHM and DX Conferences, Pittsburg; 2016. Available at: https://www.phmsociety.org/sites/phmsociety.org/files/Poropatich.PHM_3OCT2016.pdf (accessed 02.10.2019).
2. *Friedl K. L.* Military applications of soldier physiological monitoring. *J. Sci. Med. Sport.* 2018; 21 (11): 1147–53. DOI: 10.1016/j.jsams.2018.06.004
3. Soldier Protection System (SPS) — USAASC. Available at: <http://asc.army.mil/web/portfolio-item/soldier-protection-system-sps> (accessed 01.10.2019).
4. Real time physiological status monitoring (RT-PSM): accomplishments, requirements and research roadmap. Technical Note NO. TN16-2, USARIEM, March; 2016.
5. Equivital EQ02+ LifeMonitor. Available at: [https://www.equivital.com/assets/common/EQ02+_08_Equivital_Data_Sheets_v8_\(003\).pdf](https://www.equivital.com/assets/common/EQ02+_08_Equivital_Data_Sheets_v8_(003).pdf) (accessed 29.09.2019).
6. Equivital. Available at: <https://www.equivital.com/products/military> (accessed 29.09.2019)
7. *Mosa I. M., Pattammattel A., Kadimisetty K., Pande P., El-Kady M. F., Bishop G. W., Novak M., Kaner R. B., Basu A. K., Kumar C. V., Rusling J. F.* Ultrathin graphene–protein supercapacitors for miniaturized bioelectronics. *Adv. Energy Mater.* 2017; 7: 1700358. DOI: 10.1002/aenm.201700358

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Демкин Андрей Делеорович — младший научный сотрудник, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

Нагибович Олег Александрович — докт. мед. наук, доцент, начальник научно-исследовательского центра, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

Васильченко Василий Васильевич — врач-методист, отдел (организации научной работы и подготовки научно-педагогических кадров), ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Demkin Andrey D. — Junior Researcher, S. M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044

Nagibovich Oleg A. — M. D., D. Sc. (Medicine), Associate Professor, the Head of the Scientific Research Centre, S. M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044

Vasil'chenko Vasilii V. — physician-methodist, Department (organization of scientific work and training of scientific and pedagogical personnel), S. M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044