

А.Д. Демкин

Современное состояние, а также перспективы развития зарубежных технологий в области психофизиологического обеспечения надежности профессиональной деятельности военнослужащих.

 Санкт-Петербург

 2018 г.

 www.OnKto.ru



1. Современные технологии, оборудование и оснащение, используемое для оперативного мобильного мониторинга в реальном времени психофизиологического состояния военнослужащих для обеспечения надежности профессиональной деятельности.

В вооруженных силах стран НАТО в настоящее время идет построение системы Прогнозируемего управления состоянием здоровья военнослужащих в рамках концепции Prdictive Helath Management (PHM). [PPR]

[PPR] [Poropatich R. Predictive Health Management (PHM) for Human Assets – Military Perspective. / University of Pittsburg// 2016 Annual PHM and DX Conferences, 2016 - October,3

https://www.phmsociety.org/sites/phmsociety.org/files/Poropatich.PHM_.3OCT2016.pdf]

В США (в сотрудничестве с Норвегией, Австралией, Францией, Великобританией и Герамнией) ключевые разработки технологий концепции РНМ производятся объединенными усилиями следующих подразделений вооруженных сил:

- US Army (USARIEM, MIT Lincoln Lab)
- US Navy (NHRC, ONR)
- US Marine Corps (School of Infantry-East, Marine Exp Rifle Squad)
- US Air Force (AFRL)
- DARPA (AugCog, Det & Comp Analysis of Psych)
- Combating Terrorism Technical Support Office (CTTSO)
- NSF (Nanosystems Engineering ResCntr: ASSIST)
- NASA (LifeGuard at NASA AMES)
- NIH/VA (Rehab & Behav syx with cognition/mood)
- NATO Panel (HFM RTG-260; Enhancing Warfighter Effectiveness with Wearable BioSensors & Phys. Models)

Концепция РНМ внедряется в рамках научно-технических разработок миссии Program Executive Office SOLDIER (PEO Soldier http://www.peosoldier.army.mil/aboutus/mission.asp), направленной на разработку и внедрение доступного высокотехнологичного оборудования и экипировки, позволяющих



укреплять боеспособность военнослужащих во время боевых операций в настоящее время и в будущем. США является единственной страной в мире, где системы RT-PSM уже используются в вооруженных силах. Во всех остальных странах ведутся в основном исследовательские работы в данном направлении (по состоянию на 2016 год). С точки зрения западного анализа доступной информации в России разработки в данном направлении ведутся с 2014 года (Tiurin, M. V., et al. (2014). Improvement of the health care delivery system in war-time: monitoring of servicemen's health status. Voenno-meditsinskii Zhurnal, 335(1), 45–47.)

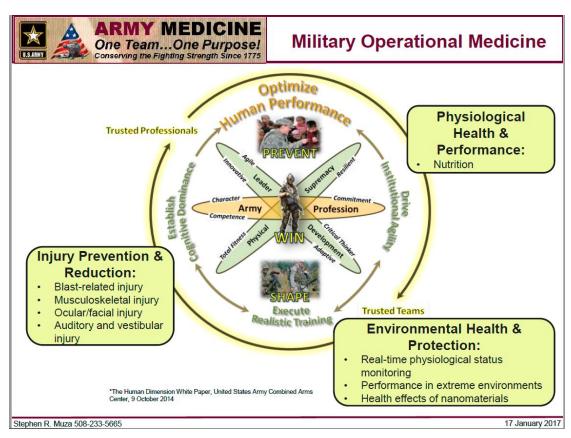


Иллюстрация №№ Концепция современной военной медицины Армии США - Подготовка, Профилактика, Победа: оптимизация физиологического состояния и возможностей военнослужащих, адаптация и защита от факторов внешней среды, предупреждение и снижение неблагоприятных последствий минно-взрывных повреждений, повреждений опорно-двигательного аппарата, повреждений глаз и лица, органов слуха и вестибулярного аппарата.



Разработки в области военного обмундирования, экипировки и оснащения Product Manager Soldier Clothing and Individual Equipment (PM SCIE) направлены на создание индивидуальных систем для поддержания солдат в оперативной среде с целью улучшения их живучести, ситуационной осведомленности, здоровья, безопасности, мобильности.

Разработки Project Manager Soldier Warrior (PM SWAR) направленные на создание единой интегрированной системы, предназначенной для повышения боевой эффективности, снижения боевой нагрузки и повышения гибкости миссии.

Армейский научно-исследовательский институт гигиены военного труда USARIEM (http://www.usariem.army.mil/index.cfm/about/divisions/bbmd)
разрабатывает биомедицинские модели и интегрируемые в беспроводные сети физиологические датчики, которые позволяют предсказывать и определять угрозы для здоровья военнослужащих от физических повреждающих факторов, химических агентов и условий окружающей среды в реальном времени технологии Real Time Physiological Status Monitoring (RT-PSM).



Иллюстрация №№ Скриншот обложки Дорожной карты исследований по созданию системы мониторинга физиологических показателей военнослужащих в реальном времени научно-исследовательский институт гигиены военного труда USARIEM Армии США



Table 5. Summary of Key PSM-related Requirements Documents

Document/Office/Date	PSM-related Description		
Performance Requirement Specifications, Warfighter Physiological Status Monitor (WPSM), AMEDD C&S, July 2001	 Provide health and performance status data to Commanders, battalion medical staff and the combat medic Provide Commanders with summary data about the capability status of their troops and allow optimization of their physical performance through appropriate interventions Enable combat medic to make better decisions regarding early identification, location and triage priority and speed medical responses. id, location and triage priority and speed medical responses. [initial and pre-planned product improvement capabilities detailed] 		
Initial Capabilities Document, Theater Combat Casualty Care (TC3), HQDA, Oct 2007	Advanced Casualty Locating and Remote Physiologic Monitoring		
Initial Capabilities Document, Military	Continuous, real-time geographical Warfighter physiological response data collection linked to environmental data		
Operational Medicine, USAMRMC, February 2008	 Individual biosensors for Warfighter response to environment conditions: battle stress, non-agent toxic chemicals, heat, dehydration, battle stress response, and fatigue 		
	 Artificial Intelligence (AI) system to assess Warfighter performance capabilities, detect trends, and recommend interventions to actual or impending injuries based on real- time physiological status monitoring 		

Иллюстрация №№ Ключевая документация, регламентирующая RT-PSM разработки военного назначения. USARIEM, 2016.



Document/Office/Date	PSM-related Description			
Joint Capabilities Document, Joint Force Health Protection, JROC, January 2008	 Capability to monitor health of forces engaged in military operations by using items such as: individual health status monitors; physiological sensor fusion, image analyses and diagnostic and prognostic algorithms; improved medical situational awareness interfaces 			
Initial Capabilities Document, Joint Force Health Protection, JROC, February 2010	Monitor and measure factors, behaviors and psycho-motor indicators for real-time evaluation of performance degradatio from stressful influences upon mission effectiveness Provide timely, accurate information and analysis of chronic and acute health threats, risks and outcomes across the services for all military operations			
Capability Develop. Document, Soldier Protection System, PEO Soldier, April 2012	Attribute 11: Integrated Soldier Sensor System (ISSS): Work towards integration of sensors to monitor and record head accelerations, blast overpressures and physiological status			
Technical Statement of Needs, Integrated Soldier Sensor Suite, PEO Soldier, February 2013	 Physiological status information, which will be used to monitor Soldier health and safety, should include but should not be limited to heart rate, core body temperature and one or more indices of work and heat strain and risk of heat exhaustion or heat injury 			
Technology Transition Agreement, Real Time Physiological Status Monitoring System (RT- PSM), RAD3 and MSSPMO, April 2014	 RT-PSM will integrate new and existing thermal strain biomedical models, ultralow power sensor systems and short-range communications using a modular open architecture design Solves current hardware problems - COTS systems are: proprietary and difficult to integrate for Soldier applications; have an unacceptable SWaP; lack military-specific human factors and are generally not suitable for tactical environments Initial system capability provides thermal-work strain status of individuals and decision support tool for human performance enhancement and to prevent physiological failure Provide an improved low SWaP solution that uses short range tunable narrow band wireless solution to connect leader displays 			
Technology Transition Agreement, USARIEM Core Temperature Estimation Algorithm, RAD3, PMO-MSS, and PEO Soldier/PM SPE, August 2014	Specified as Government Furnished Equipment (GFE) to the ISSS prime integrator, with requirement documented by the Maneuver Center of Excellence in the Soldier Protection System Capabilities Development Document (CDD), Attribute 11 for the ISSS Proponent has confirmed the gap exists and that a product development effort is required to fill all or part of the gap			
Initial Capabilities Document, Marine Corps Expeditionary Rifle Squad, MROC, March 2015	Develop a new light-weight monitoring capability that can be employed by the squad leader to monitor the health and fitness of his squad during extended duration operations			
Endorsement of Real- Time Physiological Status Monitoring, Concepts Development Division,	Development of a body-worn biosensor network, providing real-time health status information at an individual or squad level The sensor will provide real-time individualized heat strain			

Иллюстрация №№ Продолжение: Ключевая документация, регламентирующая RT-PSM разработки военного назначения. USARIEM, 2016.



Document/Office/Date	PSM-related Description			
Joint Capabilities Document, Joint Force Health Protection, JROC, January 2008	Capability to monitor health of forces engaged in military operations by using items such as: individual health status monitors; physiological sensor fusion, image analyses and diagnostic and prognostic algorithms; improved medical situational awareness interfaces Monitor and measure factors, behaviors and psycho-motor indicators for real-time evaluation of performance degradation from stressful influences upon mission effectiveness Provide timely, accurate information and analysis of chronic and acute health threats, risks and outcomes across the services for all military operations			
Initial Capabilities Document, Joint Force Health Protection, JROC, February 2010				
Capability Develop. Document, Soldier Protection System, PEO Soldier, April 2012	Attribute 11: Integrated Soldier Sensor System (ISSS): Work towards integration of sensors to monitor and record head accelerations, blast overpressures and physiological status			
Technical Statement of Needs, Integrated Soldier Sensor Suite, PEO Soldier, February 2013	 Physiological status information, which will be used to monitor Soldier health and safety, should include but should not be limited to heart rate, core body temperature and one or more indices of work and heat strain and risk of heat exhaustion or heat injury 			
Technology Transition Agreement, Real Time Physiological Status Monitoring System (RT- PSM), RAD3 and MSSPMO, April 2014	 RT-PSM will integrate new and existing thermal strain biomedical models, ultralow power sensor systems and short-range communications using a modular open architecture design Solves current hardware problems - COTS systems are: proprietary and difficult to integrate for Soldier applications; have an unacceptable SWaP; lack military-specific human factors and are generally not suitable for tactical environments. Initial system capability provides thermal-work strain status of individuals and decision support tool for human performance enhancement and to prevent physiological failure. Provide an improved low SWaP solution that uses short range tunable narrow band wireless solution to connect leader displays. 			
Technology Transition Agreement, USARIEM Core Temperature Estimation Algorithm, RAD3, PMO-MSS, and PEO Soldier/PM SPE, August 2014 Initial Capabilities	Specified as Government Furnished Equipment (GFE) to the ISSS prime integrator, with requirement documented by the Maneuver Center of Excellence in the Soldier Protection System Capabilities Development Document (CDD), Attribute 11 for the ISSS Proponent has confirmed the gap exists and that a product development effort is required to fill all or part of the gap Develop a new light-weight monitoring capability that can			
Document, Marine Corps Expeditionary Rifle Squad, MROC, March 2015 Endorsement of Real-	be employed by the squad leader to monitor the health and fitness of his squad during extended duration operations • Development of a body-worn biosensor network, providing			
Time Physiological Status Monitoring, Concepts Development Division,	real-time health status information at an individual or squad level The sensor will provide real-time individualized heat strain			

Document/Office/Date	PSM-related Description	
Maneuver Center of Excellence, October 2015	information that can be used to guide work/rest decisions, reduce risk of heat casualties, and improve overall Soldier and squad performance This effort supports MCoE Priority Human Dimension and small unit leader development and SD Focus Area #2 Soldier integrated individual protective system	

Иллюстрация №№ Продолжение: Ключевая документация, регламентирующая RT-PSM разработки военного назначения. USARIEM, 2016.



Системы RT-PSM является частью современной высокотехнологичной телемедицины, которая позволяет индивидуально прогнозировать состояние здоровья человека и его физиологическое состояние в реальном времени в конкретных условиях выполнения военно-профессиональных задач в конкретной среде при текущем состоянии здоровья, вместо того, чтобы полагаться на эмпирическое прогнозирование, основанное на популяционных исследованиях.

Большинство существующих коммерческих систем мобильного физиологического мониторинга не учитывают особенности боевой среды, как правило, не имеют проверенных алгоритмов, которые делают полезную информацию в режиме реального времени полезной и не являются открытыми, чтобы быть интегрированными в единую боевую информационную среду военнослужащих. 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. предоставляют важную действующую информацию.

Носимые устройства RT-PSM контролировать физиологическое состояние, как отдельных солдат, так и подразделения в целом, обеспечивая самих солдат и их руководство информацией об оперативном физиологическом статусе, с помощью которого можно планировать выполнение миссий оптимальным образом предупреждая возможные сбои адаптации и острое развитие соматической и психической патологии.

Разработка систем RT-PSM ведется в сотрудничестве врачей, физиологов, биомедицинских инженеров и военных технических специалистов. Целью внедрения систем RT-PSM является возможность оперативно получать и обрабатывать массивы данных полезной информации для обеспечения максимальной безопасности военнослужащих и наивысшей эффективности выполнения боевых задач с минимальными потерями.

Военные оперативные системы RT-PSM обеспечивают:

1. Технологическое повышение боевой эффективности путем предоставления индивидуальной информации о физиологическом статусе каждого военнослужащего, участвующего в миссии для оптимизации распределения задач и нагрузки, повышения ситуационной осведомленности командования.



- 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 живых существ (людей, животных).
- 4. Детекция 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 (при подключении к единой среде RT-PSM).
- 6. Обратная связь для оптимизаций 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 для выполнения конкретной миссии.
- 9. Инструменты поддержки принятия решений по планированию маршрута.
- 10. Инструменты по тренингу солдат и младших командиров по эффективности выполнения боевых задач, безопасности и выживаемости.
- 11. Система информационной поддержки при оказании первой помощи при ранениях и поражениях.

[FKL]



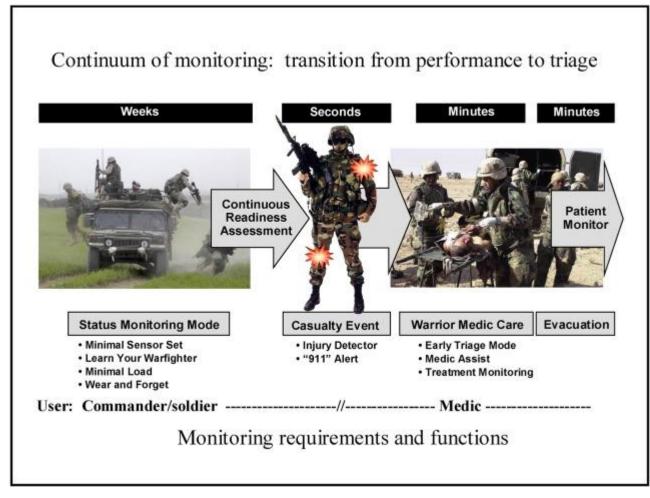


Иллюстрация №№ Континуум удаленного психофизиологического мониторинга военнослужащих для командования и медицинской службы: постоянная оценка боеготовности, автоматическая детекция ранений и повреждений, выдача сигнала о необходимости помощи и эвакуации с геолокацией, мониторинг пациента, облегчающий медицинскую сортировку, оказание медицинской помощи и мониторинг состояния раненного (пострадавшего). USARIEM,2008.

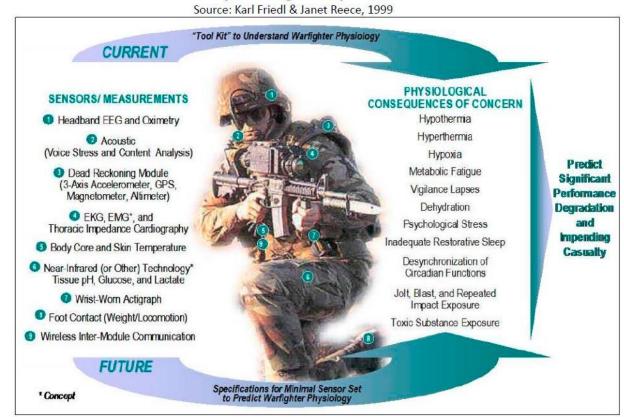
[Friedl K.L. Military applications of soldier physiological monitoring / Friedl K.L.// Journal of Science and Medicine in Sport, 2018 – June, 20: https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.06.004] Архитектура систем RT-PSM

Системы биомедицинского психофизиологического мониторинга имеют открытую для разработчиков архитектуру, обеспечивают обмен данными с помощью беспроводной связи, могут использовать стандартные мобильные гаджеты, обладают легким весом и малым потреблением энергии, не стесняют движений военнослужащих. Данные,



передаваемые системами RT-PSM используются командирами нескольких уровней и персоналом медицинской службы.

Early concept of wearable sensor data fusion to predict physiological outcomes of relevance to military training and operational environments



REAL TIME PHYSIOLOGICAL STATUS MONITORING (RT-PSM): ACCOMPLISHMENTS, REQUIREMENTS, AND RESEARCH ROADMAP - USARIEM TECHNICAL NOTE NO. TN16-2; March 2016 ADA 630 142

Иллюстрация №№ Ранняя концепция (1999г.) носимых датчиков системы мониторинга физиологического состояния военнослужащих: 1. Головные датчики ЭЭГ и оксиметрии на ленте. 2. Акустический датчик контроля уровня стресса по голосу и речевому контенту. 3. Датчики позиции и положения: 3-х осный акселерометр, GPS, магнитометр, высотомер. 4. ЭКГ датчик и датчик импеданса (сопротивления) грудной клетки. 5. Температурный датчик (ядра тела и кожной температуры). 6. Инфракрасный датчик (NIR диапазона) для определения рН такней, уровня глюкозы и лактатов. 7. Запястный датчик траектории руки. 8. Датчик веса — опоры-движения. 9. Беспроводной модуль обмена данными.

Определяемые патологические состояния: гипо- гипертермия, гипоксия, метаболическая усталость, нарушения бдительности, дегидратация, психологический стресс,



неадекватный режим сна, десинхронизация и нарушения циркадных ритмов, воздействие взрывов, ударов, падения, воздействия токсических веществ.

Unit Level Physiological Status Monitor Schema

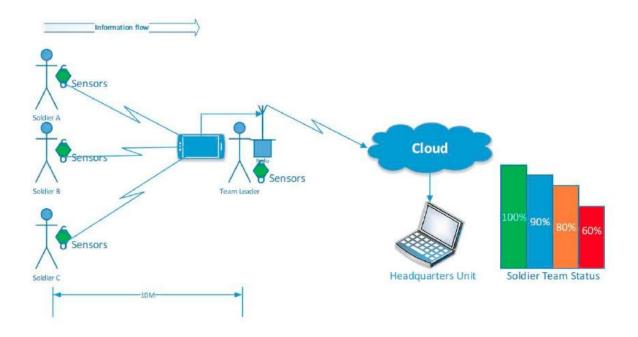


Иллюстрация №№ Схема композиции работы системы RT-PSM образца 1999 года: передача данных от сенсоров на мобильной устройство лидера группы (в армии США отсутствует концепция младших командиров, как снижающая боеспособность подразделений) с последующей передачей данных на облако для обработки и передачи данных о боеспособности военнослужащих и подразделения на штабные устройства.





Warfighter Physiological Status Monitor – Initial Capability (WPSMIC) 2004-2006, led by USARIEM. The primary objective was to create a wearable system that includes sensors, data processing and algorithms, and local area network communications.

Иллюстрация №№ Концепция системы RT-PSM 2004-2006 гг. на основе сертифицированного FDA (Food and Drug Administration) нательного грудного датчика Equivital EQ01 призводства компании Hidalgo Ltd., который стал важным инструментом для полевых исследований дистанционного сбора физиологических данных (ЧСС, частота дыханий, кожная температура).

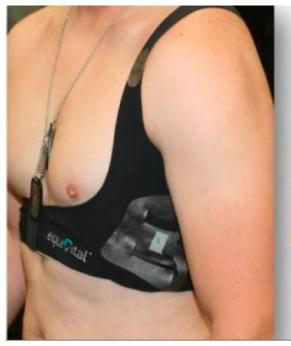




Иллюстрация №№ Нательный грудного датчик Equivital EQ01 (справа) производства компании Hidalgo Ltd., образца 2004 года. http://www.equivital.com/ Слева — современная модель Equivital EQ02, состоящая на вооружении Армии США.

Интегрированная солдатская сенсорная система Apmuu CIIIA Integrated Soldier Sensor System (ISSS) [ISSS. Technical Statement of Need: Integrated Soldier Sensor Suite. Statement of Work, (2012). ISSS. Integrated Soldier Sensor System. FedBizOpps.gov. https://www.fbo.gov/index?s=opportunity\&mode=form\&id=ff92a1f049411d67e4608b4c7f11361

В 2013 году армия Соединенных Штатов опубликовала заявление о начале работ по разработке Солдатская сенсорная система (ISSS). Конфигруация ISSS включает в себя датчики шлема, датчик избыточного давления (детекции взрывного воздействия), и психофизиологический монитор. Эта система являются одним из элементов модульной системы защиты солдата (Soldier Protection System (SPS) http://asc.army.mil/web/portfolio-item/soldier-protection-system-sps/ Разработкой занимается целевая исследовательская группа НАТО HFM-260 по "повышению боевой эффективности солдат через физиологические модели, анализируемые биосенсорами"

[https://www.sto.nato.int/Lists/test1/activitydetails.aspx?ID=16111].

2\&tab=core\&tabmode=list\&=. (2013). (Access date: 12 Mar 2015).]





The modular Soldier Protection System (SPS) consists of five subsystems: Vital Torso Protection (VTP), Torso and Extremity Protection (TEP), Integrated Head Protection System (IHPS), Transition Combat Eye Protection (TCEP), and Integrated Soldier Sensor System (ISSS).

Иллюстрация №№ Модульная система защиты солдата с интегрированной системой RT-PSM сенсоров ISSS.

Интегрированная система сенсоров солдата (ISSS), позволяет лидерам подразделений собирать, хранить, анализировать данные и принимать обоснованные тактические решения в рамках технологии «сетевой солдат». Также система ISSS используется в системе боевой подготовки CONUS. https://www.nano.gov/node/1602





Иллюстрация №№ Перспективные компоненты систем RT-PSM зарубежных армий: 1. Умные очки: трекинг движений глаз, предупреждение о переутомлении, приближении приступа, вывод информации на дисплей, GPS. 2. Умный текстиль: тонкие эластичные аккумуляторные батареи в текстильных волокнах, эластичные солнечные панели в текстиле 3. Умные солдатские жетоны: Мониторинг качества воздуха, температуры, влажности, электромагнитных полей, определение нитратов в пище, активность УФ излучения, GPS. 4. Умные татуировки — адгезивные аппликационные сенсоры: (например Umana https://umanamedical.com/)- контроль оксигенации крови, ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ, вывод предупреждений с помощью вибрации, управление голосовыми командами. 5. Умные часы: кардиомониторинг, ЧСС, предупреждение об изменениях температуры, GPS и предупреждения о попадании в опасные зоны (территория противника), акселерометр.



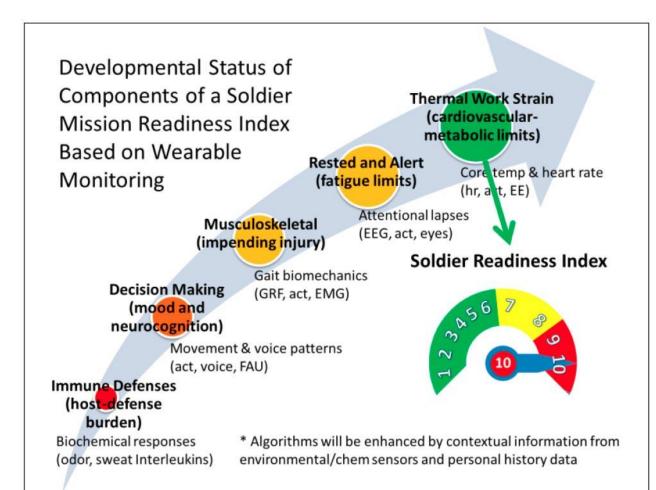


Иллюстрация №№ Основные компоненты формирования заключения о состоянии военнослужащего в реальном времени: кардиоваскулярно-метаболические лимиты (температура ядра тела, ЧСС), оценка утомления - провалы внимания (анализ ЭЭГ, действий. движения глаз), состояние опорно-двигательного annapama (электромиография, траектория движений, положение тела, сила давления на опору GRF), нейрокогнитивные параметры и настроение (оценка паттернов движений и голоса, частотные характеристики голоса), оценка иммунитета (запах пота, интерлейкины пота). Комплексная оценка строится на интеграции этих данных с личной историей показателей военнослужащего и интеграции с данными о состоянии окружающей среды.

Системы RT-PSM состоят из датчиков, устройств и алгоритмов для обработки информации, ее хранения и передачи в реальном времени данных о физиологических



параметров солдат, для обеспечения их безопасности и эффективности во время выполнения профессиональной деятельности.

[Real time physiological status montoring (RT-PSM): accomplishments, requirements and research roadmap. Technical Note NO. TN16-2, USARIEM, March, 2016]

Системы RT-PSM позволяют:

- Управлять тепловой и физической нагрузкой.
- Оценивать уровень бдительности и нейрокогнитивного статуса.
- Оценивать утомление и предупреждать переутомления.
- Оценивать вероятность предупреждать травмы опорно-двигательного аппарата.
- Контролировать гидратацию и питание.

Психофизиологический монитор системы ISSS производит однвоременный замер ЧСС, температуру кожи, контролирует движения тела (с помощью трехосного акселерометра), а также контролировать температуру ядра тела и тепловой стресс (на основе анализа данных сердечного ритма). Температура ядра тела может быть математически оценена с высокой точностью: $-0.03 \pm 0.32^{\circ}$ [Buller, M. J., et al. (2013). Estimation of human core temperature from sequential heart rate observations. Physiological measurement, 34(7), 781.] На основании изменений ЧСС и температуры рассчитывается психофизиологический индекс стресса (PSI), калибруемый в стенах [Moran, D. S., Shitzer, A., and Pandolf, K. B. (1998). A physiological strain index to evaluate heat stress. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 275(1), R129–R134.] Это показатель является дальнейшим развитием показателя жив/мертв/статус неизвестен в предыдущей разработке системы боевого физиологического мониторинга Warfighter Physiological Monitoring System (WPMS) EquivitalTM монитор [Tharion, W. J., et al. (2013). Human Factors Evaluation of the Hidalgo Equivital EQ-02 Physiological Status Monitoring System. No. USARIEM-TR-T14-2. Army Research Institute of Environmental Medicine, Natick, MA, Biophysics and Biomedical Monitoring Division.]

Полученные данные о ЧСС и PSI демонстрируются солдату на беспрводном дисплее (очки, умные часы) и передаются по беспроводным сетям на базовую станцию или устройство лидера миссии. Система способна хранить данные о 72 часах мониторинга, иметь заряд батарей на 2 недели работы. Внешняя батарея или зарядное устройство подсоединяется через стандартный micro-USB разъем. Физический размер хаба не более 50 см3 с весом менее ~70 г.



Важнейшую роль играет использование систем RT-PSM в процессе изучения физиологии военного труда в реальных полевых и боевых, а не лабораторных условиях. Благодаря научной информации, полученной с помощью систем RT-PSM, были внесены существенные коррективы в полевые руководства и наставления о режимах несения службы и отдыха, ротации личного состава в процессе выполнения миссий, перераспределения нагрузок внутри подразделенй, что позволило повысить боеготовность и повысить боевую эффективность. Открытая платформа и интеграция в единую боевую информационную среду NETT Warior позволяет командованию оценивать состояние многих подразделений одновременно, обеспечивая надежный инструментарий для принятия оптимальных тактических решений в реальном времени.

План развития систем RT-PSM (по состоянию на 2016 год) включает ближайшие цели в виде внедрения систем контроля бдительности и внимания и мониторинга состояния опорно-двигательного аппарата (оценка утомления и прогнозирование травм и нарушений опорно-двигательного аппарата). Среднесрочные цели развития системы включают мониторинг и оценку нейрокогнитивного статуса (эмоции и когнитивный статус). Перспективные цели включают прогнозирование развивающихся заболеваний и повреждений от воздействия агентов внешней среды (химические, радиационные, биологические, ЭМП факторы и т.п.). К перспективным разработкам относятся приложения для самоконтроля и коррекции поведения для военнослужащих в целях выработки здорового образа жизни, разработка автоматического документирования экспозиции военнослужащих вредоносным факторам окружающей среды.

Элементы систем RT-PSM

1. Контроль теплового стресса. Определение пределов производительности в жарких условиях. Назначение: Контроль физиологического состояния солдат в условиях теплового воздействия, помощь в принятии решений по продолжительности миссий, построения маршрутов следования. Тренировка адаптивных возможностей к высокотемпературным средам. Бюро Национальной гвардии США внедряет первую версию системы WMD-CST.

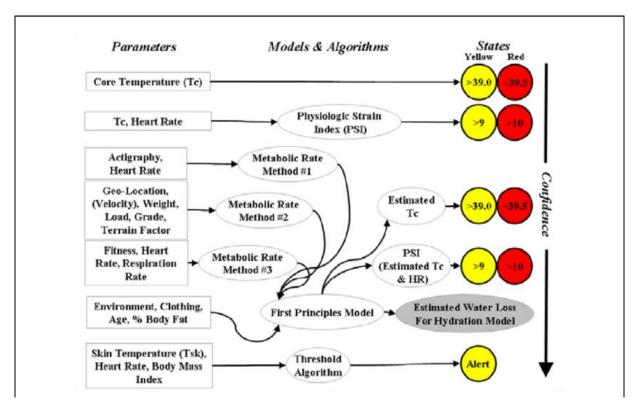


Иллюстрация №№ Алгоритм анализа состояния военнослужащего в целях контроля теплового стресса [Buller et al. Sport and Physical Activity in the Heat, 2010. - pp.163-189]

- 2. Контроль внимания и бдительности. Контроль состояния внимания операторов и водителей, караульных. Определение провалов внимания и эпизодов микросна. В настоящее время продемонстрированы технологии контроля внимания и бдительности в полевых условиях, однако требуется их доработка для создания более удобных компактных систем больше надежности.
- 3. **Контроль опорно-двигательной системы.** Прогнозирование индивидуальной выносливости солдат при выполнении миссий на основе контроля движений, нагрузки на опору, контроля биохимических показателей пота и оксигенации крови. Применяется как инструмент принятия решений при перераспределении физический нагрузки внутри подразделений. Разработаны концепты анализа походки и прогнозирования надвигающейся травмы.
- **4. Контроль нейропсихологической сферы.** Прогнозирование приближения психологического дистресса на основе контроля показателей эмоционального состояния, когнитивных функций и уровня стресса. Мобильные инструменты контроля состояния военнослужащих после черепномозговых травм, боевых психических травм. Системы



строятся на основе контроля паттернов движения, мимики, движений глаз, анализа голоса.

5. Контроль физиологического стресса и контроль показателей защитных систем организма. Необходимость выявления ранних признаков недееспособности в результате воздействия окружающей среды, таких как загрязнение воздуха и инфекционные агенты, для поддержания эффективной деятельности и своевременного принятия защитных мер. Система основана на анализе датчиках анализ атмосферы (озон и зараженные частицы) и показателей работы кардиореспираторной системы.

Системы RT-PSM обеспечивают в реальном масштабе времени информацию о множестве аспектов физиологического состояния военнослужащих. Они могут обеспечить биологическую обратную связь, чтобы помочь тренировать и использовать тактическое дыхание и контроль уровня нервно-психического возбуждения, контролировать температуру ядра тела и кожи, частоту дыхания, ЧСС, насыщение крови кислородом, определение сонливости и усталости. Физиологический мониторинг в реальном времени позволяет повысить эффективность тренировок, предотвратить травмы и повреждения во время учений или на поле боя.

Сенсорные технологии для систем RT-PSM.

Burrell C., Ryan J. Integrated Physiological Monitoring /Burrell C., Ryan J. //Defence Research and Development Canada.-Scientific Report DRDC-RDDC-2016-R207, 2016.- October.

1. ЧСС – частота сердечных сокращений - ключевой показатель физиологического статуса, коррелирующий с уровнем расхода энергии, уровнем стресса и температурой ядра тела. Для снятия показателей ЧСС используются сенсоры в эластичных плотно прилегающих к груди полосах [Tharion, W. J., et al. (2013). Human Factors Evaluation of the Hidalgo Equivital EQ-02 Physiological Status Monitoring System. No. USARIEM-TR-T14-2. Army Research Institute of Environmental Medicine, Natick, MA, Biophysics and Biomedical Monitoring Division.], либо в облегающих тело майках [Carre Technologies Inc (Hexoskin). Biometric Shirts for Performance Improvement and Sleep Tracking. Web: http://www.hexoskin.com/. (Access date: 01 Feb. 2016)], в лентах на запястье [Thomas, S. S., et al. (2014). BioWatch—A wrist watch based signal acquisition system for physiological signals including blood pressure. Engineering in Medicine and Biology



Society (EMBC), 2014 36th Annual International Conference of the IEEE]., датчиках на мочке уха [Ma, X., et al. (2014). Realtime physiological performance monitoring to prevent fatigue in special forces soldiers. Northeast Bioengineering Conference (NEBEC), 2014 40th Annual. IEEE.].



Fig.2 Subject wearing T-shirt with sensors

Иллюстрация №№ Майка с датчиками, используемая в RT-PSM системах румынской армии. Датчики позволяют одновременно снимать электрокардиограмму (ЭКГ), ЧСС, форму волны при плетизмографии (в т.ч. для расчета артериального давления), оксигенацию крови (SpO2), температуру тела и производить обработку полученных данных. [Ciorap R.G. et al. Analysis of physiological parameters during soldier's combat training. The 12th International Scientific Conference "DEFENSE RESOURCES MANAGEMENT IN THE 21st CENTURY" Braşov, November 9th-10th 2017]

Часть датчиков способна регистрировать не только ЧСС, но и ЭКГ, что используется для анализа вариабельности сердечного ритма (HRV), который является одним из ключевых психофизиологических показателей психической нагрузки и уровня психоэмоционального стресса [Nickel, P. and Nachreiner, F. (2003). Sensitivity and diagnosticity of the 0.1-Hz component of heart rate variability as an indicator of mental



- workload. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 45(4), 575–590.].
- 2. **Ч**Д **частота дыхания**, важный показатель физической нагрузки, уровня психоэмоционального стресса, измеряется датчиками в лентах, охватывающих грудь. Некоторые сенсоры способны анализировать дыхательные объемы. Существует технология измерения ЧД с помощью камеры стандартного смартфона (Chon, K. H. and Mendelson, Y. (2014). Wearable Wireless Sensor for Multi-Scale Physiological Monitoring. Worcester Polytechnic Institute, MA).
- 3. **Торакальные датчики биоимпеданса** для измерения объема сердечного выброса и других гемодинамических показателей [Bera, T.K. Bioelectrical Impedance Methods for Noninvasive Health Monitoring: A Review. Journal of Medical Engineering, 2014.].
- 4. Пульсовая оксиметрия насыщение крови кислородом традиционно оксигенация артериальной крови измеряется на переферийных сосудах с помощью светодиодных сенсоров (инфракрасное излучение ближнего диапазона) в эластичных лентах на запястье (умные часы) [Thomas, S. S., et al. (2014). BioWatch—A wrist watch based signal acquisition system for physiological signals including blood pressure. Engineering in Medicine and Biology Society(EMBC), 2014 36th Annual International Conference of the IEEE.], или интегрированных в шлемы (каски) [Nitzan, M., Romem, A., and Koppel, R. (2014). Pulse Oximetry: Fundamentals and Technology Update. Medical Devices, (Auckland, N.Z.), 7, 231–239. PMC. Web. (1 February 2016).]
- 5. **Кожная температура** служит показателем для определения теплового стресса или предупреждения обморожений. Данные о температуре снимаются с помощью контактных кожных датчиков (в эластичных лентах или адгезивные наклейки) [Heil, K. M., et al. (2016). British Military freezing cold injuries: a 13-year review. Journal of the Royal Army Medical Corps, jramc-2015.].
- **6. Температура ядра тела -** является важным параметром для оценки физиологического статуса в экстремальных условиях, в частности для оценки риска гипертермии или гипотермии. Замеры производятся с помощью проглатываемых беспроводных датчиков-пилюль разового действия, либо расчетным методом по параметрам пульса. [Buller, M. J., et al. (2013). Estimation of human core temperature from sequential heart rate observations. Physiological measurement, 34(7), 781.]



- **7.** Уровень физической активности и качества сна (по моторике во время сна) контролируется с помощью акселерометров (актиграфов), включенных в носимые устройства или обмундирование.
- 8. Положение тела и признаки ранений и повреждений (признаки резких падений) контролируются с помощью трехосных акселерометров. Датчики фиксируют траекторию движений, положение тела и позу, по которым можно судить о характере полученных повреждений и состоянии пострадавшего. [Witting, M. D. and Gallagher, K. (2003). Unique cutpoints for sitting-to-standing orthostatic vital signs. The American Journal of Emergency Medicine, 21(1), 45–47.]
- 9. **Местоположение** (геолокацию) можно отслеживать с помощью технологии GPS, которая теперь встроена во многие носимые физиологические датчики. Отслеживание местоположения в режиме реального времени предоставляет полезную информацию о относительном расположении бойцов. Высотомер может быть использован для определения относительного влияний высотной гипоксии на когнитивную и физическую работоспособность.
- 10. **Мозговая активность** контролируется электроэнцефалографическими (ЭЭГ) датчиками, контактирующими с кожей головы (ленты с датчиками, аппликационные адгезивные датчики, или датчики в шлемах). Анализ ЭЭГ актуален для оценки уровня бдительности и сонливости.
- 11. Артериальное давление измеряется на основании волновой составляющей пульсации лучевой артерии на запястье. [Thomas, S. S., et al. (2014). BioWatch—A wrist watch based signal acquisition system for physiological signals including blood pressure. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2014 36th Annual International Conference of the IEEE.]
- 12. Кожное гальваническое сопротивление измерение электрической проводимости кожи используется для оценки уровня стресса [Perala, C. H. and Sterling, B. S. (2007). Galvanic Skin Response as a Measure of Soldier Stress. United States Army Research Laboratory Technical Report, ARL-TR-4114.], уровня потоотделения [Gerrett, N., Griggs, K. E., and Havenith, G. (2013). The production of sweat as measured by galvanic skin conductance, epidermal hydration and regional sweat rate. Proceedings of the 15th International Conference on Environmental Ergonomics, Queenstown, NZ.] и уровня дегидратации организма [Asogwa, C. O., Lai, D. T. H., and Collins, S. (2014). An empirical measurement of body hydration using galvanic coupled signal characteristics.



- Proceedings of the 9th International Conference on Body Area Networks. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), pp. 342–345.].
- 13. Ударная нагрузка на ноги анализируется с помощью трехосных акселерометров или датчиков нагрузки стопы. Анализ данных позволяет вести подсчет шагов, прогнозировать утомление и переутомление по характеру шагов, предупреждать приближающиеся травмы опорно-двигательного аппарата, определять факт падений или получения минно-взрывных травм. [Hoyt, R. W., et al. (2002). Combat medical informatics: present and future. Proceedings of the AMIA Symposium. American Medical Informatics Association. Hoyt, R. W., et al. (1994). Ambulatory foot contact monitor to estimate metabolic cost of human locomotion. Journal of Applied Physiology, 76(4), 1818—1822.]
- 14. Электромиография (ЭМГ) мониторинг электрической / неврологической активности скелетных мышц используется для анализа и прогнозирования утомления, детекции повреждений.
- 15. **Мониторинг биохимических показателей** на основе анализа состава пота реализуется с помощью датчиков «лаборатория в чипе» реализуемой в виде адгезивных патчей и «умных татуировок» [Bandodkar, A. J., Jia, W., and Wang, J. (2015). Tattoo-Based Wearable Electrochemical Devices: A Review. Electroanalysis, 27(3), 562–572. Soh, P. J., et al. (2015). Wearable Wireless Health Monitoring: Current Developments, Challenges, and Future Trends. Microwave Magazine, IEEE, 16(4), 55–70.]. Патчи способны контролировать рН, уровень натрия, лактатов, кислорода и других элементов. Известны разработки комплексных датчиков (эпидермальная электроника) контролирующих также ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ и кожную температуру [Kim, D.-H., et al. (2011). Epidermal electronics. Science, 333(6044), 838–843.].
- 16. **Датчик избыточного/недостаточного давления** для детекции взрывного воздействия, разгерметизации.
- 17. Электроокулография и датчик частоты миганий Позволяет измерять движение глаз и интенсивность моргания. Используются датчики, встроенные в «умные очки» или «умный шлем». Анализ движений глаз и частоты миганий позволяет определять вровень стресса или утомления солдата. [KIM, Y.S. et al. Helmet-based Physiological Signal Monitoring System. European Journal of Applied Physiology, 2009. vol. 105, no. 3, p. 365-372. KIM, Y.S. et al. ECG, EOG Detection from Helmet Based System. In



InformationTechnology Applications in Biomedicine, 2007. 6th International Special Topic Conference on Information Technology Applications in Biomedicine. IEEE, 2007, p. 191-193.

18. **Акустические датчики**. Используются для записи данных и переговоров, анализа речи и определения уровня психологического стресса. Могут дополнять датчики сердечного ритма и дыхательные датчики.

Tab. 2. Overview of suitability of respective systems for a long-term use in a specific military environment

Sensor type	Diagnostics in hospitals	Diagnostics in small field medical centres	Diagnostics in combat vehicles and military means of transport	Diagnostics in individuals in field independently
Heart rate sensors	suitable	suitable	suitable	suitable
Electrocardiogram sensors	suitable	suitable	suitable	less suitable
Electroencephalog- raphy sensors	suitable	suitable	suitable	less suitable
Respiratory rate sensors	suitable	suitable	suitable	suitable
Blood pressure sensors	suitable	suitable	suitable	less suitable
Pulse oximetry sensors	suitable	suitable	suitable	suitable
Other photoplethys- mographic sensors	suitable	suitable	less suitable	less suitable
Thoracic electrical bioimpedance sensors	suitable	suitable	less suitable	less suitable
Electrooculography sensor/eyeblink sensor	suitable	suitable	less suitable	less suitable
Acoustic sensors	suitable	suitable	suitable	suitable
Electromyography sensors	suitable	suitable	less suitable	less suitable
Temperature sensors	suitable	suitable	suitable	suitable
Galvanic skin response sensors	suitable	suitable	highly limited use	unsuitable
Perspiration sensors	suitable	suitable	highly limited use	highly limited use
Motion tracking sensors	suitable	suitable	suitable	suitable
Strain gauge sensor	suitable	suitable	suitable	suitable
pH level sensors	suitable	suitable	less suitable	unsuitable
Lactate level sensors	suitable	suitable	less suitable	less suitable
Glucose level sensors	suitable	suitable	less suitable	less suitable
Other electrochemi- cal sensors of homeostasis	suitable	suitable	highly limited use	unsuitable

Иллюстрация №№ Применимость датчиков различного типа в военных целях [Kutilek P. et al. Wearable Systems and Methods for Monitoring Psychological and Physical Condition of Soldiers/Kutilek P. et al.//Advances in Military Technology Vol. 12, No. 2 (2017), pp. 259-280]

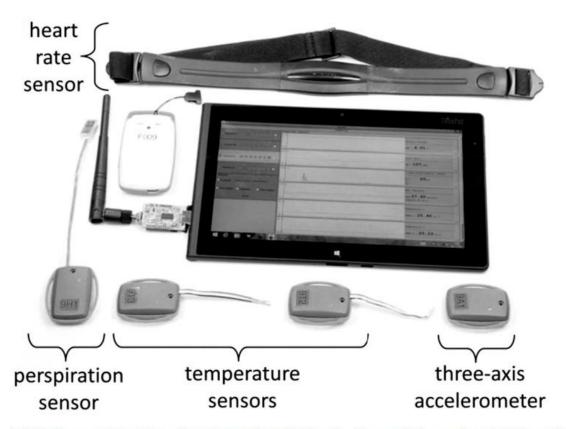


Fig. 1 Kit for monitoring the mental and physical condition of a single subject

Иллюстрация №№ RT-PSM вооруженных сил Чешской республики. Чешские вооруженные силы используют RT-PSM систему, которая оценивает частоту сердечных сокращений, частоту дыхания, температуру тела и значение ускорения на определенный момент времени или интервал времени во время полевых учений. [SCHLENKER, J. et al. FlexiGuard: Modular Biotelemetry System for Military Applications. In 2015 International Conference on Military Technologies. Brno:IEEE, 2015, p. 1-6. DOI 10.1109/MILTECHS.2015.7153712.

HON, Z. et al. A Surveillance System for Enhancing the Safety of Rescue Teams, Komunikácie, 2015, vol. 17, no. 1, p. 81-86.] Система собирает и анализирует данные от беспроводных датчиков, и, используя заданные пороговые значения измеряемых параметров, определяет физическое состояние (например, достижение анаэробного порога, положения сегмент тела, идентификация перегрева, истощение физиологических ресурсов.) Также система собирает данные об окружающей среде (например, наличие опасных веществ). Сводная информация представлена в удобном интерфейсе в виде графической информации, которая используется для оптимизации принятия тактических решений. [Kutilek P. et al.



Wearable Systems and Methods for Monitoring Psychological and Physical Condition of Soldiers/Kutilek P. et al.//Advances in Military Technology Vol. 12, No. 2 (2017), pp. 259-280]

Концепция удаленного мониторинга физиологических параметров военнослужащих вооруженных сил Румынии [Ciorap R.G. et al. Analysis of physiological parameters during soldier's combat training. The 12th International Scientific Conference "DEFENSE RESOURCES MANAGEMENT IN THE 21st CENTURY" Braşov, November 9th-10th 2017]

В вооруженных силах Румынии используют систему RT-PSM Система мониторинга здоровья солдата (Soldier's Health Monitoring Device – SHMD). Система SHMD осуществляет мониторинг электрокардиограммы (ЭКГ), плетизмографической формы волны сердечного ритма (ЧСС), насыщение крови кислородом (SpO2) и температуры тела [Ciorap R., Hritcu-Luca C., Corciova C., Stan A., Zaharia D., "Home Monitoring Device for Cardiovascular Diseases", International Conference on Advancements of Medicine and Health Care through Technology, Cluj-Napoca, Romania, Septembrie 23-26, 2009, IFBME Proceedings, vol.26, pp.49-52 Ciorap R., Corciova C., Ciorap M.; Zaharia D., "Optimisation of the Treatment for Chronic Disease Using an e-Health Sistem", 7th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE) 2011, Bucureşti, May 12-14, 2011, pp.143-146]

Полученные данные передаются по беспроводным сетям на боевую информационную станцию медицинского обеспечения (Combat Medical Support Station - CMSS), где информация обрабатывается и вносится в базу данных. Также в состав модуля входит платформа для доступа врачей к данным и система автоматической сигнализации о возможном нарушении физиологических функций военнослужащего с передачей данных о раненом или пострадавшем военным медикам. [Ciorap R., Andritoi D., Pomazan V., Petcu L., Ungureanu F., Zaharia D., "E-health System for Monitoring of Chronic Diseases", 11th International Congress of the IUPESM/World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Munich, Germany, September 7-12, 2009, IFBME Proceedings, vol.25, part.5, pp.259-262

Pomazan V. M., Petcu L. C., Sintea S. R., Ciorap R., "Active Data Transportation and Processing for Chronic Diseases Remote Monitoring", International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS 2009), Singapore, May 15-17, 2009, pp.853-857]



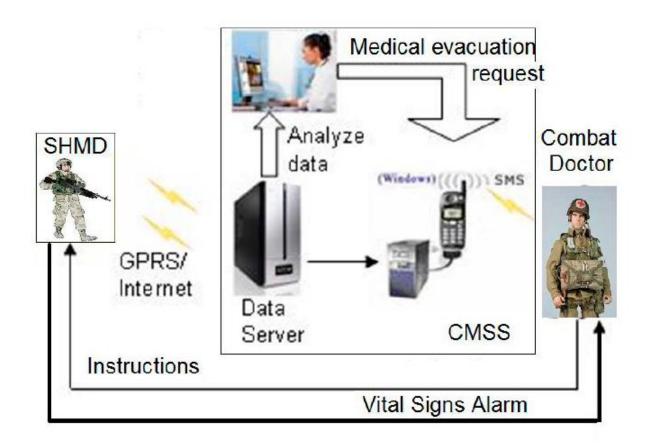


Fig.1 Diagram of monitoring system

Иллюстрация №№ Боевая RT-PSM система Soldier's Health Monitoring Device – SHMD вооруженных сил Румынии.

Для контроля психоэмоционального состояния и адаптационных возможностей (резилианса) RT-PSM SHMD системы вооруженных сил Румынии производит частотный анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР). Преобладание низкочастотного спектра ВСР считаются важным психофизиологическим маркером эмоционально-психологических расстройств адаптации — способности военнослужащего эффективно адаптироваться к боевому и служебному стрессу и условиям среды. ВСР изменяется в зависимости от времени суток, текущего эмоционального состояния, частоты сердечных сокращений и умственной



нагрузки.

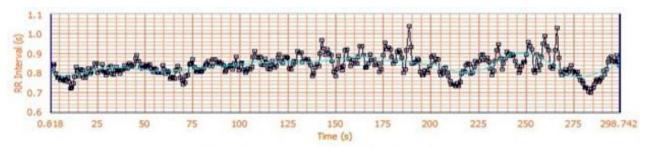


Fig.3. Variation of the RR interval

Histograms of RR interval values were also represented on each subject and each record.

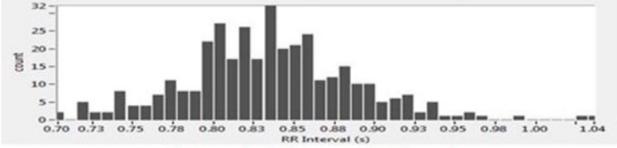


Fig.4 Sample of Histograms of RR interval

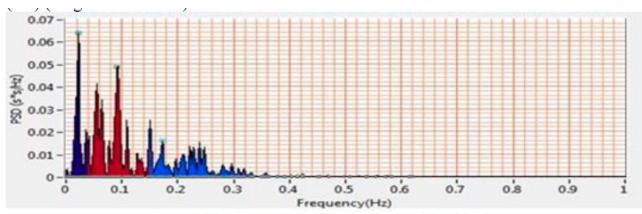


Fig.5 The frequency array analysis of heart rate

Иллюстрация №№ Оценка вариабельности сердечного ритма в RT-PSM системе вооруженных сил Румынии.



Концепция спутниковой RT-PSM технологии Китайской народной армии

Xinfeng B.A., Ping Wang. Design of soldier status monitoring and command and control system based on Beidou system / Xinfeng B.A., Ping Wang. //2012 2nd International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT).2012 – December.

В Китайской народной армии реализуется концепция слияние систем спасения военнослужащих и системы управления боевыми действиями (С2). Система С2 позволяет дистанционно получать в реальном времени данные о физиологических параметрах (ЧСС), геопозиции солдата в спутниковой навигационной системе Beidou, отображать данные на электронной карте и обмениваться с солдатом короткими сообщениями. В системе отображаются данные о группе крови военнослужащего, характере полученных повреждений или ранений.

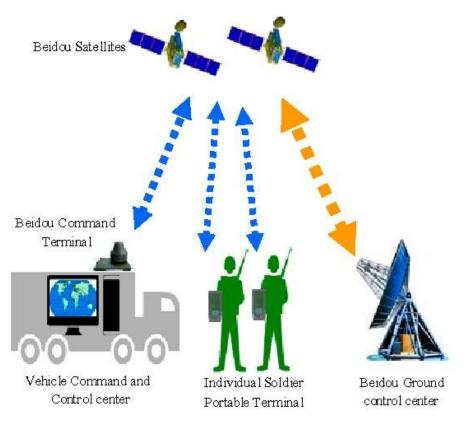


Figure 1. Schematic diagram of soldier status monitoring and C2 system

Иллюстрация №№ Интегрированная система управления боем и спасения военнослужащих С2 на основе спутниковой системы навигации Beidou.

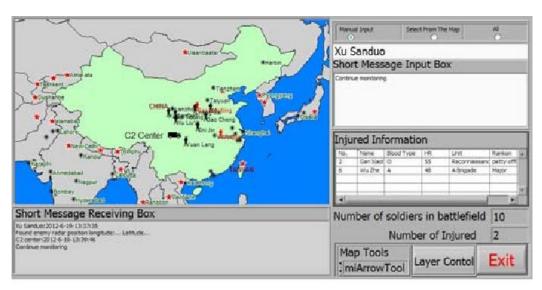


Figure 12. Schematic diagram of C2 Center interface

Иллюстрация №№ Интерфейс системы C2 с отображением данных о ACC, группе крови пострадавших.

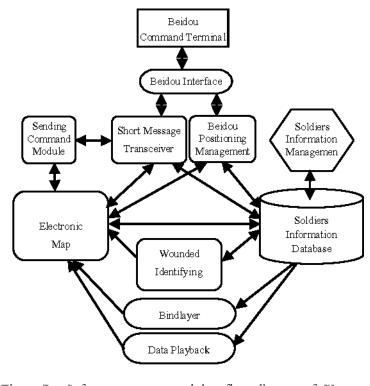


Иллюстрация №№ Архитектура обмена данными в системе С2.



Боевые мобильные приложения для контроля состояния здоровья военнослужащих: удаленный мониторинг пациента, доступ к медицинской документации (карточки, истории болезни) по защищенным тактическим мобильным сетям.

Разработки TATRC (Telemedicine and Advanced Technology Research Center United States Army, Fort Gordon, GA) http://www.facebook.com/thetatrc/



Руководящие принципы разработки боевых мобильных приложений медицинского мониторинга военнослужащих среды Mobile Health Care Environment — (MHCE-R).

- 1. Увязать исследовательские усилия с задачами всех служб, обеспечивающих контроль и оказание медицинской помощи в полевых (боевых условиях).
- 2. Адаптировать и интегрировать доступные имеющиеся государственные или коммерческие технологии, а не разрабатывать новые.
- 3. Уменьшить размер, вес и стоимость используемого оборудования.
- 4. Внедрять медицинские приложения на уже внедренных цифровых устройствах общего пользования для военных приложений (операций, разведки и логистики).
- 5. Максимально использовать сети общевойскового назначения, а не использовать изолированные сети медицинского назначения.
- 6. Оценить медицинские возможности прототипов в полевых условиях.



Medical Information Exchange at Point of Injury

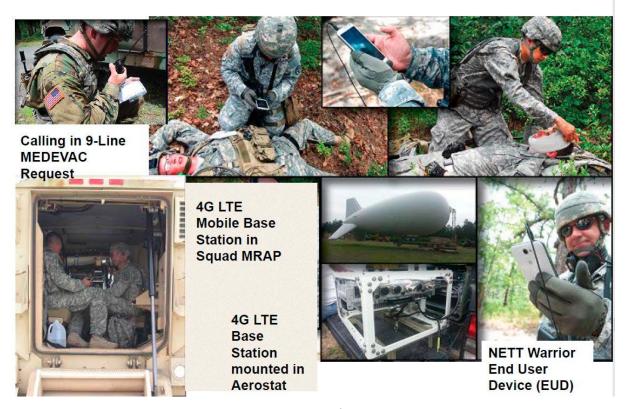


Иллюстрация №№ Использование боевой информационной системы ситуационного ориентирования для наземных операций Армии США NETT Warrior (http://asc.army.mil/web/portfolio-item/soldier-nw/) интегрированной в среду МНСЕ в полевых условиях для ввода и передачи данных о пострадавшем на месте получения боевой травмы на основе сетей 4G с мобильными базовыми станциями аэростатного базирования.



Medical Information Exchange during Ground **MEDEVAC**



Иллюстрация №№ Использование информационной медицинской системы Армии США MHCE с использованием полевой телемедицинской системы TEMPUS-pro на этапах медицинской эвакуации.

Задачи боевых медицинских полевых телеинформационных систем:

- 1. Документация (ввод информации) о полученном повреждении на месте получения повреждения. Автоматическая подача сигнала о ранении или повреждении, падении военнослужащего.
- 2. Ведение постоянного медицинского телемониторинга основных физиологических показателей.
- 3. Документация оказываемой медицинской помощи во время этапов эвакуации.
- 4. Удаленные консультации по оказанию помощи на этапах эвакуации.
- 5. Информационная поддержка принятия решений о тактике оказания медицинской помощи.



- 6. Обеспечение безопасного обмена медицинской информацией на этапах оказания медицинской помощи и эвакуации.
- 7. Передача и сохранение оперативной медицинской информации в постоянную историю болезни военнослужащего.

Medical Information Exchange during Air MEDEVAC

Flight medic data entry & telementoring from destination MTF

RT-2033 Wideband Network Waveform Radio

TEMPUS Pro Operational Telemedicine System



Иллюстрация №№ Обмен медицинской информацией во время воздушной эвакуации раненого с помощью цифровой сетевой радиостанции RT-2033.

Разработки TATRC в рамках проекта Mobile Health Care Environment — (MHCE-R). http://www.tatrc.org/www/labs-and-programs/mobile-health/key_projects.html

Проект TATRC Telehealth 2.0

Обеспечение безопасной удаленной консультации пациентов по мобильным сетям через смартфоны во время миссий вне пределов континентальной части США.



Проект TATRC Mood Tracker Study

Интеграция мобильной системы мониторинга психоэмоционального состояния в среду МНСЕ.

Проект TATRC Behavioral Change Coach

Мобильная телемедицинская система, помогающая военнослужащим избавляться от паттернов или стратегий нежелательного поведения (агрессия, курение, алкоголизм, переедание, невнимание к детям, депрессия и т.п.). Приложение ВСС Mobile App позволяет пользователю идентифицировать у себя нежелательное поведение, определить степень выраженности проблемы, и предложить контролируемую стратегию по изменению поведения. Система в настоящее время интегрируется в МНСЕ / mCare.

Перспективные разработки U.S. Army Institute of Surgical Research www.usaisr.amedd.army.mil/

и Army Small Business Innovative Research (SBIR)

https://www.armysbir.army.mil/

в рамках Tactical Combat Casualty Care (TCCC) RT-PSM система для детекции, контроля кровотечения и оценки компенсаторного резервного индекса (оценка гиповолемии) с помощью обработки данных от датчиков фотоплетизмографии. Детально о технологии: http://rdcr.org/wp-content/uploads/2018/05/Convertino-measuring-compensatory-reserve-J-Trauma-Vol-82-N-6-Supplement-1.pdf

Table 2. PSM-Related Funded Programs

System	Intended functions	Company/Agency	Funding program/Year
Soldier Field Activity Monitoring System	Develop a practical wrist wom actigraph based on a novel cantilevered beam motion sensor	Precision Control Design, Inc.	USAMRDC grant 1983
Ranger Overwatch PSM (ROPSM)	Develop a PSM system with fuzzy logic analysis to detect hypothermia in Ranger course	SARCOS Corporation	DARPA 1995
Reduced Ship's Crew by Virtual Presence (RSVP)	Shipboard wireless sensor PSM tracking of sailors in SMART ship damage control	Draper labs, ARL, and multiple performers	NSWCCD 1996
Energy Requirements and Activity Patterns of Men and Women	Develop measurement techniques and characterize energy and activity in the field	Pennington Biomedical Research Lab	Army DWHRP grant 1995+
Biomedical Field Monitoring System	Develop Biostat system with sensor and data management functions used at Dugway PG	SAIC & Precision Control Design, Inc.	Army contract funding 1995+
Medic Warrior	Incorporate Medic Warrior into Land Warrior configuration, with "911" locator messaging	Raytheon Systems Co.	Land Warrior Program 1998
Crew Management Device	Develop "Military Sleep Watch 2000" based on wrist-worn actigraphy	Precision Control Design, Inc.	Army A97-118 SBIR 1997
Position Sensitive Physiologic Monitor	Modify dead reckoning module (DRM) for physiologic/motion data and locomotory energy costs	Point Research Corp./Honeywell	Army A98-102 SBIR 1998
Miniature Thermometer for Remote Monitoring	Increase data transmission reliability of multiplexed thermometer pill and skin patches	Minimitter Corp.	Army A00-064 SBIR 2000
Lifeguard	Develop prototype remote wearable vital signs monitor for astronauts, first responders	Stanford University	NASA-Ames ~2001
Technologies for Metabolic Monitoring research program	Develop minimally invasive sensor technologies for continuous analyte monitoring	Multiple performers	RAD3 program 2001-2006
Computational Microsystems for Biomedical sensors	Develop digital signal processing wrist actigraph with ballistic cardiogram	Precision Control Design, Inc.	Army A01-186 SBIR (Phase 1 only) 2001
Footstep Detection Sensor Type and Placement	Develop method to acoustically measure distance traversed from footsteps and distance between boots	Odic Incorporated	Army contract funding, 2001

Иллюстрация №№ Таблица истории разработок RT-PSM технологий для Армии США. USARIEM, March, 2016

Table 2. PSM-Related Funded Programs

System	Intended functions	Company/Agency	Funding program/Year
Soldier Field Activity Monitoring System	Develop a practical wrist wom actigraph based on a novel cantilevered beam motion sensor	Precision Control Design, Inc.	USAMRDC grant 1983
Ranger Overwatch PSM (ROPSM)	Develop a PSM system with fuzzy logic analysis to detect hypothermia in Ranger course	SARCOS Corporation	DARPA 1995
Reduced Ship's Crew by Virtual Presence (RSVP)	Shipboard wireless sensor PSM tracking of sailors in SMART ship damage control	Draper labs, ARL, and multiple performers	NSWCCD 1996
Energy Requirements and Activity Patterns of Men and Women	Develop measurement techniques and characterize energy and activity in the field	Pennington Biomedical Research Lab	Army DWHRP grant 1995+
Biomedical Field Monitoring System	Develop Biostat system with sensor and data management functions used at Dugway PG	SAIC & Precision Control Design, Inc.	Army contract funding 1995+
Medic Warrior	Incorporate Medic Warrior into Land Warrior configuration, with "911" locator messaging	Raytheon Systems Co.	Land Warrior Program 1998
Crew Management Device	Develop "Military Sleep Watch 2000" based on wrist-worn actigraphy	Precision Control Design, Inc.	Army A97-118 SBIR 1997
Position Sensitive Physiologic Monitor	Modify dead reckoning module (DRM) for physiologic/motion data and locomotory energy costs	Point Research Corp./Honeywell	Army A98-102 SBIR 1998
Miniature Thermometer for Remote Monitoring	Increase data transmission reliability of multiplexed thermometer pill and skin patches	Minimitter Corp.	Army A00-064 SBIR 2000
Lifeguard	Develop prototype remote wearable vital signs monitor for astronauts, first responders	Stanford University	NASA-Ames ~2001
Technologies for Metabolic Monitoring research program	Develop minimally invasive sensor technologies for continuous analyte monitoring	Multiple performers	RAD3 program 2001-2006
Computational Microsystems for Biomedical sensors	Develop digital signal processing wrist actigraph with ballistic cardiogram	Precision Control Design, Inc.	Army A01-186 SBIR (Phase 1 only) 2001
Footstep Detection Sensor Type and Placement	Develop method to acoustically measure distance traversed from footsteps and distance between boots	Odic Incorporated	Army contract funding, 2001

Иллюстрация №№ Продолжение: Таблица истории разработок RT-PSM технологий для Армии США. USARIEM, March, 2016



System	Intended functions	Company/Agency	Funding program/Year
Integrated Short Range Low Bandwidth Wearable Networking	Advance SPARNET to TRL6 with prototype network system in relevant environment	Elintrix and Innovative Wireless Technologies	Army contract 2011
Squad Area Network Communications (SAN)	Demonstrate SAN radio network and repeater node, sending physiological data	Innovative Wireless Technologies	Army contract 2011
Tool for Design and Evaluation of Body Wearable Devices	Quantify effect of assistive devices on agility, energy costs, and load carriage	CFD Research Corp.	Army A13-083 SBIR 2013
Biomechanical Exoskeleton Simulator System (BESS)	Model human-system interaction for prototyping of load carriage systems	RE2, Inc.	Army A13-083 SBIR 2013
Ultra Low-Power System on a Chip (SoC) for PSM	Develop ultralow power PSM SoC that senses, processes and communicates information	PsiKick	Army A14-052 SBIR 2014

Иллюстрация №№ Продолжение: Таблица истории разработок RT-PSM технологий для Армии США. USARIEM, March, 2016

Запатентованные RT-PSM технологии Армии США

System	Intended functions	Company/Agency	Funding program/Year
Integrated Short Range Low Bandwidth Wearable Networking	Advance SPARNET to TRL6 with prototype network system in relevant environment	Elintrix and Innovative Wireless Technologies	Army contract 2011
Squad Area Network Communications (SAN)	Demonstrate SAN radio network and repeater node, sending physiological data	Innovative Wireless Technologies	Army contract 2011
Tool for Design and Evaluation of Body Wearable Devices	Quantify effect of assistive devices on agility, energy costs, and load carriage	CFD Research Corp.	Army A13-083 SBIR 2013
Biomechanical Exoskeleton Simulator System (BESS)	Model human-system interaction for prototyping of load carriage systems	RE2, Inc.	Army A13-083 SBIR 2013
Ultra Low-Power System on a Chip (SoC) for PSM	Develop ultralow power PSM SoC that senses, processes and communicates information	PsiKick	Army A14-052 SBIR 2014



Иллюстрация №№ Запатентованные технологии и устройства RT-PSM Армии США. USARIEM, March, 2016

Methodology to predict physiological impact of environmental stress

References: Matthew et al. 1993; 1997

Patent: Environmental Heat Stress Monitor. U.S. Patent Pending No. 2002/0009119, Jan 24, 2002 (SECARMY)

Methodology to track water consumption and hydration

References: Tharion, Karis & Hoyt, 2009; Montain, Latzka, Hoyt & Sawka, 2002

Patents: Electronic Drink-O-Meter (DOM) to Monitor Fluid Intake and Provide Fluid Consumption Guidance. U.S. Patent Pending No. 2002/0129663, Mar 19, 2001 (SECARMY); Gear-type Drink-o-Meter to Monitor Fluid Consumption. U.S. Patent No. 7,851,775, Dec 14, 2010 (SECARMY)

Methodology to regulate personal microclimate cooling with temperature sensors

References: Cheuvront, Kolka, Cadarette, et al. 2003

Patent: Body thermoregulation using skin temperature feedback. U.S. Patent No. 7,837,723, Nov 23, 2010 (SECARMY)

Methodology to detect impacts to the body (Ballistic Impact Detection System)

References: Van Albert & Bruney, 2004

Patent: Ballistic Impact Detection System. U.S. Patent No. 7,660,692, Febr 9, 2010 (SECARMY)

Methodology for Soldier ambulatory physiologic data collection systems

References: Beidleman et al. 2003; 2004; Savell et al. 2004; Buller & Karis, 2007

Patent: Life Sign Detection and Health State Assessment System. U.S. Patent Pending No. 2014/0249430, Sept 4, 2014 (SECARMY) – USAMRMC licensed product; Apparatus and System for Monitoring. U.S. Patent Pending No. 2013/0237772, Sept 12, 2013 (Hidalgo Ltd, Cambridge)

Methodology for a magnetic induction-based personal area network system

References: Tatbul, Buller, Hoyt et al. 2004

Patent: System and Method for Short Range Wireless Communication. U.S. Patent No. 8,275,318, Sept 25, 2012 (SECARMY)

Methodology for remote core temperature estimation (heart rate method)

References: Buller et al. 2010; Buller et al. 2013

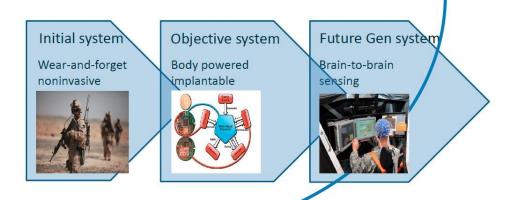
Patent: Estimation of Human Core Temperature Based on Heart Rate System and Method. U.S. Patent Pending No. 2014/0180027, June 26, 2014 (SECARMY)

Иллюстрация №№ Продолжение: Запатентованные технологии и устройства RT-PSM Армии США. USARIEM, March, 2016



Примеры изделий и технологий, используемых в системах RT-PSM.

Platform Characteristics

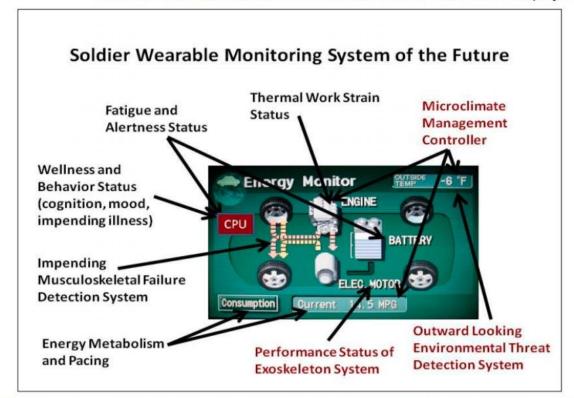


Internet of Things Contextually Rich Predictions

Иллюстрация №№ Прогнозируемые этапы развития систем RT-PSM: от компактных неинвазивных носимых датчиков «одел и забыл» к имплантируемым датчикам с питанием от энергии тела (имплантируемые белково-графеновые пленки с генерацией электроэнергии от движений и тепла человеческого тела https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aenm.201700358), к перспективным системам передачи данных «мозг-мозг».



Notional Soldier dashboard of the future, similar to modern car displays.



REAL TIME PHYSIOLOGICAL STATUS MONITORING (RT-PSM): ACCOMPLISHMENTS, REQUIREMENTS, AND RESEARCH USARIEM TECHNICAL NOTE NO. TN16-2; March 2016 ADA 630 142

Иллюстрация №№ Идеология концепции RT-PSM по аналогии с системой контроля современных электромобилей.

Мультисенсорный грудной патч Equivital TnR EQ02 и система хранения и передачи данных LifeMonitor – основное, используемое в Армии США RT-PSM устройство, сертифицированное FDA.

http://www.equivital.com/products/tnr/sense-and-transmit

Полная информация PDF:

http://www.equivital.com/assets/common/EQ02+_08_Equivital_Data_Sheets_v8_(003).pdf

Современные модели систем Equivital TnR EQ02 собирают и предают 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. Системы



работают до 48 часов без подзарядки, передают данные по беспроводным каналам, хранят данные за 50 дней на внутренней памяти.

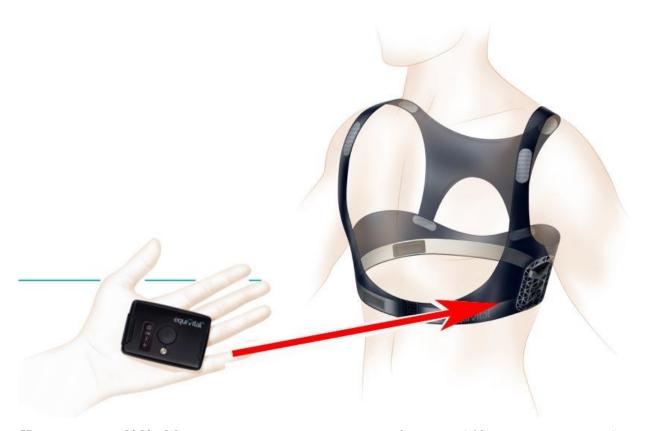


Иллюстрация №№ Мультисенсорный патч Equivital TnR EQ02 с системой сбора обработки и передачи данных LifeMonitor. Сенсоры новой модели 02 расположены в левой подмышечной области, чтобы оружие во время использования не воздействовало на них.

Также компания производит боевую интегральную RT-PSM систему Black Ghost https://www.equivital.com/products/military https://youtu.be/VBbIsmozOkc



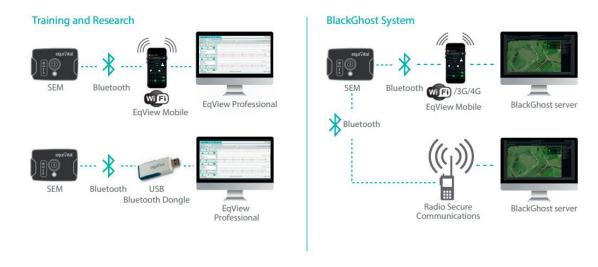


Иллюстрация №№ Структура передачи данных системой Equivital LifeMonitor.

Носимый патч AWARE (Active Wearable for Assessment and Remote Evaluation) от компании Vivonics для мониторинга физиологических данных о боевых поражениях. https://www.vivonics.com

Компания Vivonics разрабатывает мобильную систему AWARE-Active Wearable для дистанционного мониторинга и оценки физиологического состояния раненных и пораженных военнослужащих. Ключевым новшеством системы AWARE является интеграция автоматического сбора, передачи и управления физиологическими данными в едином формат обмена данных для улучшения локального и удаленного мониторинга и оценки. AWARE позволит оперативно оценивать состояние пострадавших еще до поступления их в место оказания медицинской помощи, что сократит потерю времени на первичный осмотр, оценку состояния, медицинскую сортировку и принятие решения о лечебной тактике. Система фиксирует момент травмы (ранения, повреждения) и ведет непрерывную запись регистрируемых физиологических параметров, которые могут автоматически оцениваться системами искусственного интеллекта и использоваться в телемедицинских системах.







Иллюстрация №№1-3 Носимый самоклеющийся патч AWARE от компании Vivonics для мониторинга физиологических данных раненных и пораженных военнослужащих.



Компания Vivonics также разрабатывает портативные системы для экспресс оценки внутричерепного давления у пострадавших с черепно-мозговыми травмами IPASS. Устройство может неинвазивно контролировать внутричерепное давление с помощью датчиков ближнего инфракрасного диапазона (NIR), таких же, как используются для регистрации пульсовой оксиметрии. Система обеспечивает измерение внутричерепного давления в течение нескольких сердечных сокращений. Портативный монитор IPASS может использоваться в клинических или полевых условиях.

Также Vivonics разрабатывает системы для обнаружения скрытых повреждений головного мозга путем регистрации визуально вызванного потенциала VEP Vivonics.

Все элементы интегрированы в единую мобильную систему, работающую с мобильными устройствами.



Иллюстрация №№ Портативный мультимодальный монитор для полевой диагностики скрытых повреждений головного мозга с помощью измерений визуально вызванных электрических потенциалов.





Иллюстрация №№ Полевая система интраназального охлаждения головного мозга на основе конвекции охлажденного воздуха для сокращения негативных последствий боевых повреждений головного мозга за счет уменьшения посттравматического отека от компании Vivonics.

Умная одежда «Smart Vest» - интегрированная в одежду система физиологического мониторинга RT-PSM.

Pandian P.S. et al. Smart Vest: Wearable multi-parameter remote physiological monitoring system / Pandian P.S. //Medical Engineering & Physics, 2008–Vol. 30, Iss. 4. – P. 466-477.

Носимая физиологическая система мониторинга - это моющаяся рубашка, в которой используется массив датчиков, подключенных к центральному процессору с приложением для непрерывного мониторинга физиологических сигналов.



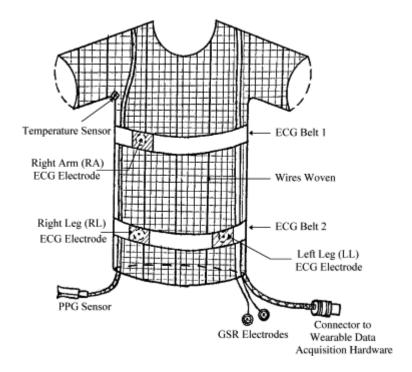


Иллюстрация №№ Умный жилет «Smart Vest» для системы RT-PSM мониторинга.

Smart Vest состоит из удобного для ношения жилета с датчиками, интегрированными для мониторинга физиологических параметров. Носимая система сбора данных разработана с использованием микроконтроллера и сопряжена с модулями беспроводной связи и глобальной системы позиционирования (GPS). Контролируемыми физиологическими сигналами являются электрокардиограмма (ЭКГ), фотоплетизмограмма (PPG), температура тела, кровяное давление, гальванический ответ кожи (GSR) и сердечный ритм. Тонкая сеть проводников в волокнах ткани передает данные о ранениях или повреждениях при нарушении их целостности. Полученные физиологические сигналы передаются по радиоканалу на удаленный компьютер системы физиологического мониторинга.



Примеры современные и перспективных сенсоров, используемые в системах RT-PSM

Проглатываемый датчик температуры ядра тела CorTemp http://www.hqinc.net/cortemp-sensor-2/

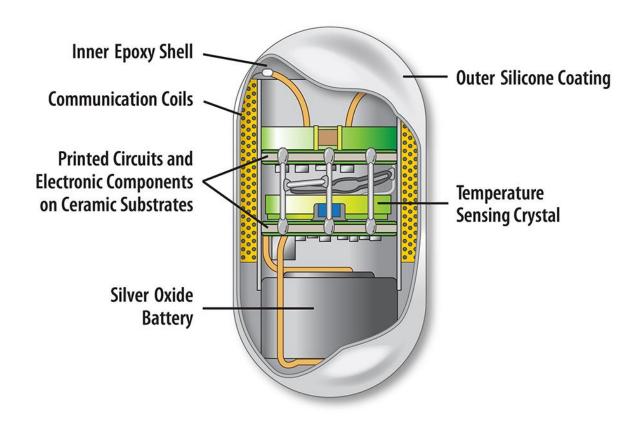


Иллюстрация №№ Проглатываемый температурный датчик-пилюля Соге<math>Tетр.

Датчик температуры тела с сердечником CorTemp® Ingestible Core передает по беспроводным сетям температуру ядра тела во время прохождения через пищеварительный тракт. Датчик содержит микрочип, кварцевый кристалл, катушку связи и печатную плату, инкапсулированные в эпоксидную оболочку медицинского назначения. Датчик проходит через тело при нормальной скорости перистальтики, которая может варьироваться от 24 до 36 часов. Датчик CorTemp производит измерения с точностью до \pm 0,1 ° C и используется как одноразовое устройство.





Иллюстрация №№ Проглатываемый температурный датчик-пилюля в составе комплекта сенсоров системы Warfighter Physiologic Status Monitoring - Initial Capability WPSM-IC (2004 год). Tabul. N et al. Confidence-based data management for personal area sensor networks./Proceedings of the 1st Workshop on Data Management for Sensor Networks, in conjunction with VLDB, DMSN 2004, Toronto, Canada, August 30, 2004

Гибкие аппликационные накожные сенсоры «умные татуировки»

An B.W. et al. Smart Sensor Systems for Wearable Electronic Devices. Polymers - MDPI.com - 2017- July.

Сенсоры можно классифицировать как монодатчики, измеряющие только один сигнал и мультдатчики, которые измеряют два или больше сигналов. Моно датчики можно классифицировать как физические датчики, которые измеряют температуру, давление и механическое воздействие, химические датчики, которые измеряют газы и ионы, и биосенсоры, измеряющие физиологические параметры.

Аппликационные сенсоры позволяют вести мониторинг сердечного ритма, измерять кровяное и внутриглазное давление, получать данные о динамике биохимических показателей. Современные аппликационное сенсоры длительного ношения («умные татуировки» позволяют снимать несколько параметров (физиологических сигналов)



одновременно и передавать данные по беспроводным сетям ближнего действия (Bluetooth, NFC, RFID). Современные сенсоры стоятся на основе наноматериалов, таких, как графеновые пленки и карбоновые нанотрубки.

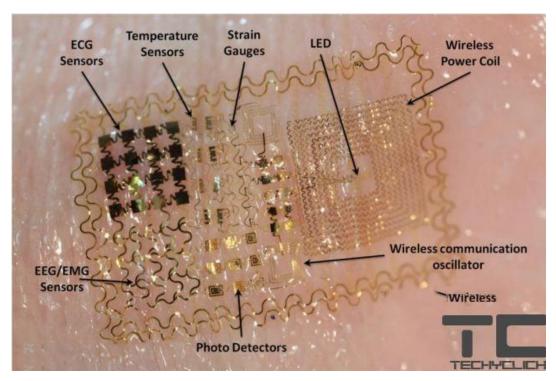


Иллюстрация №№ Архитектура аппликационного мультдатчика с детекцией ЭКГ, ЭЭГ,ЭМГ, физической нагрузки, температуры, фотоплетизмографии и беспроводной передачей данных. Ведущим разработчиком аппликационных смарт-сенсоров является проф. Джон А. Роджерс Северо-Западного университета Иллинойса, США. http://rogersgroup.northwestern.edu/

Имплантируемые датчики с питанием энергией человеческого тела.

Mosa I.M. et al. Ultrathin Graphene–Protein Supercapacitors for Miniaturized Bioelectronics/Mosa I.M. et al. //Advanced Energy Materials, 2017, -Vol.7, - Iss.17

Следующим шагом развития биосенсорных технологий является внедрение имплантируемых датчиков с долговременным питанием энергией от человеческого тела. Наиболее перспективной технологией является изготовление имплантируемых биоэлектрохимических конденсаторов на основе белка (bEC), с использованием новых нанокомпозитных



гетероструктур, в которых 2D пластины из графенового оксида пронизаны химически модифицированными белками млекопитающих. В качестве электролита используется биологические жидкости внутренней среды организма. Устройства bEC имеют толщину 1 мкм, полностью гибкие и имеют высокую плотность энергии, сравнимую с плотностью литиевых тонкопленочных батарей, оптимально для питания нового поколения долговременных миниатюрных имплантируемых устройств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1. Dictionary of Military and Associated Terms / Department of Defense. Joint Publication 1-02 8, 2010. November.
- 2. Combat and Operational Stress Control / Field Manual Headquarters No. 4-02.51 (8-51) Washington, DC: Department of the Army, 2006. July 6.
- Albright, D. Thyer, B. Becker, B. Rubin, A. Eye Movement Desensitization and Reprocessing (EMDR) for Posttraumatic Stress Disorder (PTSD) in Combat Veterans / Albright, D. Thyer, B. Becker, B. Rubin, A. – Campbell Systematic Reviews: The Campbell Collaboration, 2011 -November.
- 4. Renson, S. Treating Veterans using Animal-Assisted Therapy: A Social Learning Theory / Renson, S. Based Proposal. Winona State University, 2010. P.7.
- 5. Russell, M.C. Figley, Ch.R. Treating Traumatic Stress Injuries in Military Personnel / Russell, M.C. Figley Ch.R. //An EMDR Practitioner's Guide NY, 2013.
- 6. Martin, J.A. Sparacino, L.R. Belenky, G. The Gulf War and Mental Health: A Comprehensive Guide / Martin, J.A. Sparacino, L.R. Belenky, G. Westport: Greenwood, 1996 P.28.
- 7. Vaughan, Ch. Farmer, C. et al. Evaluation of the Opertaional Stress Control and Readiness (OSCAR) Program. / Vaughan, Ch. Farmer, C. et al. RAND Corporation: Santa Monica, CA, 2015.
- 8. Field Manual (FM) 22-51 Leaders' Manual for Combat Stress Control Headquaters, Department of the Army: Washington, DC, 1994. September, 29.
- 9. Park, N. Peterson, Ch. Character Strengths: Research and Practice / Park, N. Peterson, Ch. // J. of College & Character. − 2009. Vol. X, № 4.
- 10. Harms, P.D. The Comprehensive Soldier and Family Fitness Program Evaluation. Report #4: Evaluation of Resilience Training and Mental and Behavioral Health Outcomes / Harms, P.D. Office of the Deputy Under Secretary of the Army: Monterey, CA, 2013. April.



- 11. VA/DoD clinical practice guideline for management of post-traumatic stress // The Department of Veterans Affairs (VA) and The Department of Defense (DoD), Version 2.0. 2010. P.35, Table A.
- 12. Covello, V.T. Milligan, P.A. RIC 2010. Risk Communication Risk Communication Principles, Tools, & Techniques / Covello, V.T. Milligan, P.A. U.S. Office of Nuclear Security & Incident Response, 2010. March 11.
- 13. Seery, M. D. et al. Expressing thoughts and feelings following a collective trauma: Immediate responses to 9/11 predict negative outcomes in a national sample / Seery, M. D. et al. // Journal of Consulting and Clinical Psychology. 2008. Vol 76(4). P. 657-667.
- 14. Mead, C. War Play: Video Games and the Future of Armed Conflict / Mead, C. Boston –N.Y.: Houghton Mifflin Harcourt, 2013
- 15. Rothbaum B., Rizzo A., Difede J. Virtual reality exposure therapy for combat-related posttraumatic stress disorder / Rothbaum B., Rizzo A., Difede J. //Ann N Y Acad Sci, 2010. 1208: P.126-132.
- 16. М. Цинберг, реж. «Lie to Me», 2010. Сезон 2, эпизод 14 «React to Contact».
- 17. Wiederhold, B.K. Wiederhold, M.D. Virtual Reality for Posttraumatic Sterss Disorder and Stress Inoculation Training / Wiederhold, B.K. Wiederhold, M.D. //Journal of CyberTherapy and Rehabilitation, 2008. Vol.1 (1). P.23-36
- 18. Weltman,G. Lamon,J. Freedy, E. Chartrand, D. Police Department Personnel Stress Resilience Training: An Institutional Case Study / Weltman,G. Lamon,J. Freedy, E. Chartrand, D. //Global Advances in Health and Medicine, 2014 Vol.3, №2.
- 19. Cohn, J.V. et al. Stress resilience training system (SRTS) / Cohn, J.V. et al. Proceedings of the 2013 Human-Computer Interaction International Conference: Las Vegas, NV, 2013. July 22-26.
- 20. Cohn, J.V. et al. Stress Resilience Training System (SRTS) / Cohn, J.V. et al. // Communications in Computer and Information Science, 2013. Vol.373. P.584-588.
- 21. McCraty R, Atkinson M, Tomasino D, Sundram, F. Impact of the HeartMath self-management skills program on physiological and psychological stress in police officers / McCraty R, Atkinson M, Tomasino D, Sundram, F. Boulder Creek, CA: Heartmath Research Center, Institute of HeartMath; 1999. Publication No. 99-075.
- 22. McCraty R, Atkinson M, Tomasino D, Bradley R. The coherent heart: heartbrain interactions, psychophysiological coherence, and the emergence of system-wide order. / McCraty R, Atkinson M, Tomasino D, Bradley R. Integral Rev., 2009. Vol.5(2). P.10-115.
- 23. Grossman, D. On Combat: The Psychology and Physiology of Deadly Conflict in War and in Peace. / Grossman, D. Human factor research group, 2012.
- Russell, M.C. Figley, Ch.R. Treating Traumatic Stress Injuries in Military Personnel / Russell,
 M.C. Figley, Ch.R. An EMDR Practitioner's Guide NY, 2013. P.33-34
- 25. Van der Kolk, B. et al. A randomized clinical trial of eye movement desensitization and reprocessing (EMDR), fluoxetine, and pill placebo in the treatment of posttraumatic stress disorder: treatment



- effects and long-term maintenance. / Van der Kolk, B. et al. // J Clin Psychiatry, 2007. Vol.68(1) –P.37-46.
- 26. Pigott, Ed. et al. Frequency-Based Light & Sound Neurotherapy (LSN) / Pigott, Ed. et al. Research: A Review of the Research Neuro Advantage Trainer: Richmond, CA, 2009.
- Cantor, D. Stevens, S. QEEG correlates of auditory-visual entrainment treatment efficacy of refractory depression. / Cantor, D. Stevens, S. – Journal of Neurotherapy, 2009. – Vol.13. –P. 100-108.
- 28. McIlveen, J., Weiner, M., Abrams, M., & Pigott, E. Neurotherapy as an adjunctive treatment for substance abuse Disorders: A PTSD pilot study. / McIlveen, J., Weiner, M., Abrams, M., & Pigott, E. Labor Assistance Professionals Conference, Las Vegas, 2008. July.
- 29. Hollifield M et al. Acupuncture for posttraumatic stress disorder: a randomized controlled pilot trial.

 / Hollifield M et al. //Journal of Nervous & Mental Disease. 2007. Vol. 95(6). P.504-513.
- 30. Yu, W. You-ping, H. Wen-chun, W. Ri-zhao, P. An-ren, Zh. Clinical Studies on Treatment of Earthquake-Caused Posttraumatic Stress Disorder Using Electroacupuncture / Yu, W. You-ping, H. Wen-chun, W. Ri-zhao, P. An-ren, Zh. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, Vol. 2012(2012), Article ID 431279.
- James, El.L. et al. Computer Game Play Reduces Intrusive Memories of Experimental Trauma via Reconsolidation-Update Mechanisms / James, El.L. et al. – Psychological Science Online, 2015. – July 1.