Wound ballistics: the biophysical aspects of the formation of the missile wounds of the soft tissues of the skull

A.A. DANCHIN[1], N.E. POLISCHUK[2], G.A. DANCHIN[1]

[1] *National Military Medical Clinical Center «Main Military Clinical Hospital»*
[2] *Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education*

Summary. *In the article, the biophysical and pathologic aspects of the formation of the missile wounds of the soft tissues of the skull (MWSTS) are considered. The consistent pattern was found in the formation of the different wound channels of MWSTS that differs according to the kind of filler and its kinetic energy. It has been shown that the tangent MWSTS were caused by the bullets and the shell splinters with the killing kinetic energy or without such, while the blunt wounds, through-and-through wounds, and ricochet MWSTS are caused by fragments with low killing kinetic energy (less than 80 J).*

Pathomorphological features of MWSTS have been determined based on studied wound ballistics. Practical recommendations on the organization of the treatment and surgery tactics for MWSTS have been provided.

Key words: *the missile wounds of the soft tissues of the skull, wound ballistics, kinetic energy of the wound missile.*

УДК 612.17-88.411.9

Інноваційний портативний електрокардіографічно-фотометричний програмно-апаратний комплекс: нові діагностичні можливості в різних галузях військової медицини

А.П. КАЗМІРЧУК[1], Г.В. МЯСНИКОВ[1], С.В. СОФІЄНКО[1], О.О. БУГАЙ[1], А.А.ВОРОНКО[2], І.А. ЧАЙКОВСЬКИЙ[3], М.М. БУДНИК[3], В.І. ДЕГТЯРУК[3], Ю.О. ФРОЛОВ[3]

[1] *Національний військово-медичний клінічний центр «Головний військовий клінічний госпіталь»,*
[2] *Українська військово-медична академія,*
[3] *Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАНУ*

Резюме. *Статтю присвячено обговоренню структури, можливостей та досвіду практичного застосування інноваційного портативного електрокардіографічно-фотометричного програмно-апаратного комплексу. Дано характеристику програмному забезпеченню комплексу, проаналізовано досягнення*

останніх років в електрокардіографії, оцінці варіабельності ритму серця, пульсової хвилі. Висвітлено досвід практичного застосування комплексу в клінічних та позаклінічних умовах, зокрема при масовому скринінгу військовослужбовців та цивільного населення, а також для аналізу післятравматичного пошкодження серцево-судинної системи у пацієнтів з бойовою травмою.

***Ключові слова**: програмно-апаратний комплекс, електрокардіограма, пульсова хвиля, варіабельність ритму серця, ехокардіографія, бойова травма.*

В останні роки технології електрокардіографії та технології, засновані на принципах фотометричного аналізу стану судин, набули подальшого бурхливого розвитку. Одним з досягнень останнього часу є розробка та широке впровадження портативних цифрових електрокардіографічних та фотометричних програмно-апаратних комплексів (ПАК) [1]. Розробка таких комплексів відкриває нові сфери застосування, в тому числі робить доцільним їх використання у військовій медицині взагалі та, зокрема, в польових умовах.

Протягом останніх років в Інституті кібернетики НАН України в співдружності з Національним військово-медичним клінічним центром «Головний військовий клінічний госпіталь» (НВМКЦ «ГВКГ») розроблено декілька модифікацій зазначених ПАК, програмне забезпечення яких вирішує 3 основних завдання: а) забезпечення донозологічної діагностики, тобто надання оцінки фізіологічного потенціалу (резерву), який буде використаний організмом на адаптаційні реакції; б) діагностика захворювань серця та судин у пацієнтів та визначення ризику виникнення ускладнень їхнього перебігу у майбутньому; в) оцінка важкості стану хворих, які потребують невідкладної допомоги.

Структура програмного забезпечення для інтерпретації даних ПАК

А) **Блок донозологічної діагностики.**

Донозологічна діагностика (скринінг) – обстеження практично здорових осіб з метою виявлення чинників ризику, латентних або нерозпізнаних випадків захворювань. Тобто оцінка функціонального стану організму і його адаптаційних можливостей у період, коли ще відсутні явні ознаки захворювання; розпізнавання станів, проміжних між нормою і патологією. Ключовим для донозологічної діагностики є поняття функціонального стану. Існує багато визначень цього поняття. Найвдалішим здається наступне: функціональний стан організму – це інтегральна характеристика стану здоров'я, що відображає рівень функціонального резерву, який може бути витрачений на адаптацію [2].

Результатом донозологічної діагностики є визначення «місця» кожного обстеженого за шкалою «здоров'я – хвороба». Виходячи з положення на

цій шкалі, формується висновок щодо функціонального резерву обстеженого, про обсяг і характер заходів, необхідних для збереження здоров'я. Сутність такого погляду полягає в розробці короткострокового прогнозу про те, чи не виникне маніфестація хвороби безпосередньо під час виконання службових обов’язків.

Нами пропонується концепція багатостороннього аналізу електрокардіограми (ЕКГ) та пульсової хвилі для донозологічної діагностики з метою отримання багатосторонньої та повної фізіологічно важливої інформації [3]. Ця інформація, на нашу думку, складається з 6-ти блоків:

1) ***Аналіз варіабельності ритму серця.***

Варіабельність ритму серця (ВСР) відображає роботу механізмів регуляції цілісного організму. Безперечним є зв'язок між вегетативною нервовою системою і смертністю від серцево-судинних захворювань, включаючи раптову смерть. Це обстеження активно використовують у функціональній діагностиці, оскільки показник ВСР дає змогу дати загальну оцінку стану пацієнта, оскільки відображає життєво важливі показники управління фізіологічними функціями організму. Перебування на театрі бойових дій є стрес-дією, фізіологічну основу якої складають процеси адаптації та компенсації. Система кровообігу військовослужбовця є індикатором пристосувально-адаптивної діяльності організму в умовах бойових дій. Отже, аналіз ВСР військовослужбовців є відображенням нейро-вегетативно-гормонального та метаболічного гомеостазу у процесі адаптації організму.

2) ***Аналіз амплітудно-часових показників ЕКГ.***

Власне ЕКГ (тобто графічне представлення різниці потенціалів, що виникають у результаті роботи серця і проводяться на поверхню тіла) відображає стан м'яза серця (наявність гострого або хронічного пошкодження), а також провідної системи серця. Ступінь відповідності амплітудно-часових показників ЕКГ нормі безсумнівно є мірою функціонального резерву організму.

3) ***Аналіз порушень ритму серця.***

Порушенням серцевого ритму називається патологічний стан, при якому відбуваються порушення частоти, ритмічності і послідовності збудження і скорочення серця. Наявність загрозливих шлуночкових аритмій є сильним предиктором «аритмічної» смерті. Менш небезпечні аритмії також свідчать про зниження функціонального резерву.

4) ***Аналіз психоемоційного стану за даними ВРС.***

В останні роки виявлено, що є надійний зв’язок між деякими особливостями ВСР, у першу чергу спектральними характеристиками та психоемоційним статусом [4]. Розроблена модель так званої нервово-вісцеральної інтеграції (The Model of Neurovisceral Integration). Цей факт

дав змогу створити програму кількісної оцінки психоемоційного стану за даними ЕКГ та включити цей аспект у її багатосторонній аналіз.

5) ***Контурний аналіз пульсової хвилі.***

Визначення еластичності артерій також має важливе значення для оцінки серцево-судинного ризику та функціонального резерву [5]. Найдоступнішим методом для оцінки артеріальної еластичності є аналіз форми периферичної пульсової хвилі, яка реєструється за допомогою фотоплетизмографічного сенсора. Основним кількісним індексом, що відображає ступінь жорсткості артерій, є індекс аугментації (виражений у процентах), який визначається як різниця тиску між першим раннім піком (систолічним) та другим пізнім (який з'являється внаслідок відображення першої пульсової хвилі) систолічним піком, поділена на значення пульсового тиску.

6) ***Визначення ендотеліальної дисфункції методом оклюзійної плетизмографії.***

В останні роки публікується багато експериментальних і клінічних робіт, присвячених ролі ендотеліальної дисфункції (ЕД) у виникненні та прогресуванні ряду захворювань серцево-судинної системи (ССС) – атеросклерозу, артеріальної гіпертензії, ішемічної хвороби серця, інфаркту міокарда (ІМ) тощо [6]. Основну роль в механізмі розвитку ЕД грає окислювальний стрес. ЕД є одним з найбільш ранніх маркерів і важливих патогенетичних ланок атеросклерозу. При тривалому впливі патологічних чинників (гемодинамічне перевантаження, гіпоксія, інтоксикації, запалення) відбувається виснаження функції ендотелію з подальшим патологічним розвитком вазоконстрикції, проліферації елементів судинної стінки і тромбоутворення.

За допомогою запропонованого ПАК комплексу проводиться багатосторонній аналіз ЕКГ та пульсової хвилі, який побудований за ієрархічним принципом та складається з чотирьох рівнів, які наводяться в порядку зростання.

Перший (нижній) рівень складає сукупність окремих показників, що описують різноманітні аспекти ВСР (у тому числі психоемоційного стану), амплітудно-часові параметри, а також форму зубців ЕКГ; наявність основних порушень серцевого ритму та провідності.

Другий рівень складають групи споріднених показників, що мають близький фізіологічний сенс. Частина цих груп відображає більшою мірою оперативне, тобто миттєве функціонування ССС. Ці групи показників характеризують негайну адаптивну відповідь на зовнішні стимули. Інші групи показників відображають більшою мірою рівень функціонального резерву.

Третій рівень представлений трьома інтегральними блоками, кожен з яких відображає різні сторони функціонування ССС на основі апаратного

аналізу ЕКГ. Це блоки оцінки регуляції, стану міокарда, вираженості порушень серцевого ритму.

Четвертий (найвищий) рівень – це загальний інтегральний показник функціонального стану ССС. При цьому на вищих рівнях аналізу відбувається узагальнення і агрегація інформації, яка отримана на попередньому рівні [7]. Це виражається в усередненні бальних значень усіх параметрів показників попереднього рівня, тобто показники першого рівня усереднюються на другому рівні, другого – на третьому, третього – на четвертому. Для наочного відображення результатів застосовують колірне кодування градацій функціонального стану, відповідно до принципів так званої (дещо розширеної) світлофорної логіки. Іншими словами, діапазон нормальних значень забарвлюється в зелений колір, діапазон незначних змін – у жовтий, істотних змін – у помаранчевий. Четвертий діапазон – діапазон виражених змін, забарвлюється в червоний колір.

У цьому контексті має сенс торкнутися поняття «норма», вірніше діапазону нормальних значень, яке є ключовим для запропонованої концепції. Початкове уявлення про норму як середню величину в зіткненні з діалектичною природою мінливості живого призвело до вкрай релятивістських висновків і до заперечення в кінцевому рахунку самої норми. Існує досить поширена думка, яку в крайній формі можна сформулювати так: «Кожна людина являє собою в тому чи іншому відношенні відхилення від норми і, отже, кожна людина є масштабом своєї нормальності» [8]. Однак, практичні потреби медицини не дають можливості відмовитися від середньостатистичного розуміння норми, при всій її обмеженості.

Отже, в запропонованому програмному забезпеченні під діапазоном нормальних значень розуміються кількісні межі функціонування організму, які є стандартом, еталоном. Медіанне значення нормального діапазону показників оцінюють максимальною кількістю умовних балів (90–100), значення, ближчі до межі цього діапазону, дещо меншою кількістю балів (76–89). Значення, що виходять за межі нормального діапазону, оцінюються меншою кількістю балів, залежно від «відстані» до вищезгаданого медіанного значення.

Комплексний індекс функціонального стану (КІФС) сформований на основі оцінок загальноприйнятих і оригінальних показників ВСР, форми зубців і комплексів ЕКГ, форми та амплітуди пульсової хвилі. Діагностується також ряд найнебезпечніших і поширених порушень ритму серця та психоемоційний статус.

Б) **Блок розширеного аналізу ЕКГ.**

Цей блок призначений, у першу чергу, для виявлення існуючих захворювань серця і включає наступні складові:

1) рутинний комп’ютерний аналіз ЕКГ на основі алгоритму Leuven;

2) комп’ютерне міннесотське кодування ЕКГ;

3) додаткові бальні системи аналізу ЕКГ (кодування за системами Сільвестра, Елдрича, CIIS, Q-score). Ці системи класифікації засновані на оцінці різних амплітудно-часових параметрів ЕКГ, при цьому кожному показнику приписують певну кількість балів залежно від того, наскільки це значення відповідає відомій нормі. Такі бальні системи розроблялися, насамперед, для визначення за даними ЕКГ ступеня ураження міокарда, функції лівого шлуночка (ЛШ) серця і прогнозу у хворих, які перенесли ІМ. У численних роботах показана висока ступінь кореляції між електрокардіографічним балом пошкодження міокарда і розміром ІМ, визначеним за допомогою іншого, складнішого методу діагностики, наприклад, магнітно-резонансної томографії, а також за даними патологоанатомічного дослідження [9]. В останні роки з'явилися дані, що вдосконалені системи кодування ЕКГ мають велику цінність для оцінки стану міокарда та прогнозування ризику серцево-судинних подій у осіб, які не переносили ІМ, у тому числі в осіб, які не мають симптомів серцево-судинних захворювань.

4) додаткові системи аналізу ЕКГ, які призначені для визначення ризику виникнення серйозних серцево-судинних подій.

В останні роки розроблені нові електрокардіографічні системи кодування та окремі ознаки, для яких доведена прогностична цінність у відношенні виникнення у коротко- та середньостроковій перспективі гострого коронарного синдрому та раптової серцевої смерті [10]**.** Низка таких алгоритмів (зокрема, ЕКГ-код Фройліхера) реалізовані в запропонованому програмному забезпеченні.

Таким чином, у розробленому програмному забезпеченні має місце своєрідний «консиліум» чисельних сучасних алгоритмів аналізу ЕКГ. Ступінь відхилення від нормальних значень кодується кількістю балів таким же чином, як і в блоці донозологічної діагностики.

В) **Блок оцінки важкості стану хворого, який потребує невідкладної допомоги.**

Правильна оцінка важкості пацієнта, який знаходиться у критичному стані, тобто оцінка ступеня компенсації функцій основних систем організму у відповідь на неспецифічну сукупність порушень гомеостазу та особливо коректна стратифікація за ризиком летального наслідку є одним з найважливіших шляхів покращення результатів лікування. Іншими словами, оцінка важкості хворого у шоковому стані є різновидом донозологічної діагностики. Найчастіше для оцінки стану хворих використовують бальні шкали оцінки важкості стану, які основані на багатофакторному аналізі відхилень фізіологічних параметрів організму.

У розробленому програмному забезпеченні реалізовані такі шкали, а саме шкала Original Simplified Acute Physiology Score (SAPS), а також шкали ВПХ-Сорт, ВПХ-СГ, ВПХ-СП, ВПХ-СС, призначені для оцінки важкості стану поранених на послідовних етапах медичної допомоги, починаючи з етапу медичного сортування. Однак, оцінка важкості стану тільки на основі зазначених шкал є недосконалою [11]. Вони мають різноманітні недоліки, такі як надмірну складність, яка утруднює практичне застосування, чи навпаки, – надмірний рівень спрощення, відсутність адекватної оцінки стану деяких важливих фізіологічних систем, у першу чергу ССС, яка є центральною з точки зору підтримання гомеостазу та визначення адаптаційного потенціалу людини.

Більшість об’єктивних показників ССС, які описані вище, в блоках А та Б розробленого програмного забезпечення, є інформативними і для оцінки людини в шоковому стані. Додатково створено підпрограму оцінки серцевого викиду на основі оцінки форми периферичної пульсової хвилі, а також підпрограму оцінки інтенсивності больового синдрому на основі аналізу варіабельності ритму серця. Така оцінка базується на оригінальному індексі, який оцінює активність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи та нормований на загальну варіабельність ритму серця.

Досвід практичного застосування ПАК

Протягом двох останніх років за допомогою розроблених комплексів проводилися масштабні дослідження в позаклінічних та клінічних умовах, в яких загалом узяли участь близько 24 тис осіб. Так, у сільських районах Хмельницької області було обстежено близько 20 тис осіб, в районах Луганської області біля лінії розмежування зони проведення антитерористичної операції (АТО) – близько 3 тис осіб. Також було обстежено близько 300 військовослужбовців частин Збройних Сил України, розташованих на передньому краї лінії розмежування зони АТО.

Розроблений ПАК корисний тим, що полегшує процес прийняття рішень при обстеженні військовослужбовців в польових умовах.

На наш погляд, таке обстеження може здійснюватися відповідно до 3 різних сценаріїв, а саме профілактичного (диспансерного) огляду військовослужбовців, обстеження військовослужбовця, який пред'являє скарги на стан здоров’я, нарешті обстеження пораненого чи хворого військовослужбовця.

Алгоритм дій у рамках перших двох сценаріїв нам представляється наступним чином:

а) Реєстрація ЕКГ та пульсової хвилі від кінцівок за допомогою портативного електрокардіографічного ПАК. Природно, таке обстеження

не вимагає роздягання, може бути проведено навіть особою, яка не має спеціальної медичної освіти. Мінімальна тривалість реєстрації ЕКГ та пульсової хвилі визначається вимогами до довжини ряду інтервалів RR, яка необхідна для аналізу ВСР (не менше 2 хв).

б) Багатосторонній аналіз ЕКГ та пульсової хвилі за результатами дослідження проводиться автоматично і практично миттєво, а результат надається користувачеві у наочній формі. Так, основна екранна форма, що формується за результатами аналізу, демонструє в графічному вигляді загальний інтегральний показник функціонального стану ССС. Як вже було сказано вище, цей інтегральний показник пофарбований в один із чотирьох кольорів: зелений, жовтий, помаранчевий, червоний.

в) Аналіз отриманих результатів медичним працівником військової ланки медичної служби. Безпосереднім результатом електрокардіографічно-фотометричного обстеження за допомогою ПАК у рамках перших двох сценаріїв є розробка приблизного подальшого «маршруту» для кожного обстеженого, тобто висновок щодо допуску до виконання службових обов'язків, їх достатнього обсягу та характеру, необхідності додаткових обстежень тощо. На основі цього обстеження можна зробити висновок, чи може даний військовослужбовець виконувати службові обов’язки без обмежень.

Третій сценарій, а саме обстеження пораненого або важкохворого військовослужбовця, дещо відрізняється від перших двох. Ця відмінність полягає в тому, що головною метою обстеження за допомогою портативного ПАК є визначення важкості стану пацієнта. Крім того, вкрай важливим є динамічне спостереження, тобто швидка оцінка успішності лікувальних заходів з метою їх своєчасної корекції. Така оцінку доцільно брати до уваги для вирішення питань при медичному сортуванні та черговості евакуації на наступні етапи медичної допомоги.

В Станично-Луганському районі Луганської області проведено порівняння комплексного індексу функціонального стану (КІФС), розрахованого програмним забезпеченням комплексу, у групах здоров’я (І група – здорові особи, ІІ група – практично здорові особи, ІІІ – хворі, що потребують лікування), які визначені за результатами диспансерного спостереження (табл. 1).

Таким чином, значення КІФС дає змогу з достатньою вірогідністю визначати належність пацієнта, який обстежується, до відповідної групи здоров’я.

Випробування комплексу також відбувалося в НВМКЦ «ГВКГ». Метою цих досліджень був комплексний аналіз післятравматичного пошкодження ССС у пацієнтів з бойовою травмою.

Таблиця 1

Значення комплексного індексу функціонального стану у диспансерних групах здоров'я

	Значення показника (M±m)
Група I (n=67)	71,3±9,5
Група II (n=108)	60,4±7,1*
Група III (n=49)	47,9 ±7,8*

* Достовірність різниці показників порівняно з величиною у 1-й групі p<0,05

Аналіз сучасної бойової травми свідчить про переважання у постраждалих травм мінно-вибухового ґенезу зі значним обсягом ураження тканин організму та розвитком супутнього ураження внутрішніх органів.

При травматичній хворобі важкого ступеня пошкодження внутрішніх органів виявляється у 92,8% потерпілих, а при травматичній хворобі, яка супроводжує мінно-вибухову травму, швидко розвивається гіпоксемія, ендотоксемія, які є важливими чинниками ураження з боку ССС. Від 6,4 до 59,6% випадків механічних травм різної локалізації характеризувались розвитком вторинних змін серця у вигляді посттравматичної міокардіодистрофії **,** результатом якої є дисфункція міокарда.

Серед проявів дисфункції міокарда важливе місце займають зміни у функції передсердь. Порушення функції передсердь можуть бути незалежним чинником ризику розвитку серцевої недостатності. За допомогою доплероехокардіографії встановлено, що на початкових стадіях розвитку систолічної дисфукції ЛШ, в першу чергу зменшується ранній шлуночковий діастолічний потік, що призводить до зменшення пасивного та збільшення активного спорожнення лівого передсердя (ЛП), на що вказує збільшення пікової швидкості систоли ЛП та зменшення співвідношення пікових швидкостей раннього і передсердного потоків (E/A). Сама ж величина піку A залежить від переднавантаження ЛП та жорсткості міокарда.

Виходячи з цього, важливим завданням є розробка достатньо простого, доступного ЕКГ-маркера, за допомогою якого можна фіксувати передвісники або початок розвитку дисфункції ЛШ, а також здійснювати динамічне спостереження за цим параметром.

Нами проведено електрокардіографічне та ехокардіографічне дослідження функції ЛП у віддалений період після перенесеної важкої мінно-вибухової травми у 23 військовослужбовців – учасників АТО (чоловіки віком від 19 до 49 років, у середньому (33±8) років), які перебували на стаціонарному лікуванні в НВМКЦ «ГВКГ».

Результати дослідження діастолічної функції ЛШ за амплітудно-часовими показниками функції ЛП представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Показники діастолічної функції лівого шлуночка (M±m) у поранених військовослужбовців при госпіталізації та після двох тижнів лікування

Показники	Поранені військовослужбовці (n=23)		p
	при госпіталізації	через 2 тижні лікування	
ЛП, см	3,46±0,32	3,49±0,31	
IVRT ЛШ, с	0,066±0,014	0,066±0,017	
E/A ЛШ, од	1,39±0,36	1,83±0,36	<0,01
AFF ЛШ, %	32,2±6,62	32,8±5,09	
Sm(МК), см/с	13,2±2,68	12,5±2,20	<0,01
Em (МК), см/с	14,6±4,00	14,7±3,11	
Am (МК), см/с	10,7±3,19	9,6±3,27	<0,01
E/Em (МК), од.	5,77±1,42	5,43±1,19	

Примітки: IVRT – час ізоволюмічного розслаблення ЛШ, AFF – вклад систоли ЛП в діастолічне наповнення ЛШ; Sm (МК) – швидкість руху фіброзного кільця мітрального клапану в систолу за даними імпульсно-хвильової тканинної доплерографії (ІТД); Em (МК) – швидкість руху фіброзного кільця мітрального клапану в систолу за даними ІТД, в діастолу у фазу раннього наповнення; Am (МК) – швидкість руху фіброзного кільця мітрального клапану у фазу систоли ЛП; E/Em (МК) – відношення максимальної швидкості трансмітрального кровотоку у фазу раннього наповнення до швидкості руху бокової поверхні мітрального кільця за даними ІТД.

Хоча більшість ехокардіографічних морфометричних параметрів під впливом проведеного лікування залишились незмінними, ми спостерігали незначне покращення діастолічної функції ЛШ. На це вказує збільшення величини співвідношення E/A трансмітрального кровотоку – (1,39±0,36) проти (1,83±0,36) од., p<0,01, за рахунок зменшення вкладу систоли передсердя (зниження Am(МК) з (10,7±3,19) до (9,6±3,27) см/с, p<0,01).

У попередніх роботах нами показаний зв’язок між ступенем серцевої недостатності та співвідношенням площ під кривими деполяризації передсердь та шлуночків (sP/sQRS) [12]. У даному дослідженні вивчено кореляції між sP/sQRS та такими ехокардіографічними показниками як E/A, Am(МК), розмір ЛП (табл. 3).

Таблиця 3

Коефіцієнт лінійної кореляції між співвідношенням площ під кривими деполяризації передсердь та шлуночків та ехокадіографічними показниками

	E/A	Am(МК)	ПЗ ЛП
sP/sQRS	0,34	0,51	0,31

Як видно з таблиці, оригінальний електрокардіографічний показник sP/sQRS має статистично достовірний кореляційний зв'язок середньої сили з показником Am(МК), який відображає вклад систоли лівого передсердя. Таким чином, цей показник можна використовувати як ранній маркер дисфункції міокарда у військовослужбовців з бойовою травмою.

У даний час клінічні випробування комплексу та робота з удосконалення його програмного забезпечення продовжуються в контексті точнішої діагностики стадій шокового стану різного ґенезу, а також подальше удосконалення аналізу ЕКГ шляхом її достатньо складного математичного перетворення.

Подяка: *Автори виражають щиру подяку В.В. Мешкову, М.С. Вербному, В.Я. Берсеневу та всьому колективу НВП «Метекол»; д. тех. н., полковнику Збройних Сил України В.М. Дихановському, в також колективу Першого добровольчого мобільного шпиталю ім. Миколи Пирогова за плідне співробітництво.*

Література

1. Чайковский И.А. Миниатюрные электрокардиографические программно-аппаратные комплексы: сфера применения, ограничения, перспективы развития / И.А. Чайковский // Доповіді Національної Академії Наук України. – 2012. – № 5. – С. 180–187.

2. Антонов А.А. Безнагрузочная оценка функционального состояния организма спортсменов / А.А. Антонов // Поликлиника. – 2013. – № 1. – С. 37–41.

3. Чайковский И.А. Анализ электрокардиограммы в одном, шести и двенадцати отведениях с точки зрения информационной ценности: электрокардиографический каскад / И.А. Чайковский // Клиническая информатика и телемедицина. – 2013. – Вып. 10. – С. 20–31.

4. Heart rate variability is associated with emotion recognition: direct evidence for a relationship between the autonomic nervous system and social cognition / D.S. Quintana, A.J. Guastella, T. Outhred, I.B. Hickie, A.H. Kemp // Int. J. Psychophysiol. – 2012. – Vol. 86(2). – P. 168–72.

5. Mackenzie I.S. Assessment of arterial stiffness in clinical practice / I.S. Mackenzie, I.B. Wilkinson, J.R. Cockcroft // Q.J.M. 95. – 2002. – P. 67–74.

6. Максимович Н.А. Дисфункция эндотелия и ее диагностика. В кн.: Дисфункция эндотелия: фундаментальные и клинические аспекты; под ред. Зинчука В.В. – 2006. – С. 57–72.

7. Антомонов М.Ю. Конструирование интегральных показателей количественных признаков с помощью одномерных и многомерных методов статистики / М.Ю. Антомонов, Е.В. Волощук // Кибернетика и вычисл. техника. – 2012. – Вып. 167. – С. 61–68.

8. Уильямс Р. Биохимическая индивидуальность / Р. Уильямс. – М. : Изд-во иностр. лит., 1960. – 263 с.

9. Performance of angiographic, electrocardiographic and MRI methods to assess the area at risk in acute myocardial infarction / M.O. Versteylen, S.C. Bekkers, M.W. Smulders [et al.] // Heart. – 2012. – Vol. 98. – P. 109–115.

10. A simplified clinical electrocardiogram score for the prediction ofcardiovascular mortality / S.Y. Tan, G.W. Sungar, J. Myers, M. Sandri, V. Froelicher // Clin. Cardiol. – 2009. – Vol. 32(2). – P. 82–86.

11. Системы оценки тяжести – компонент методологии лечебной работы (Обзор литературы) / Г.Н. Мещеряков, С.М. Радаев,. И.О. Закс, Т.В. Лобус [и др.] // Реаниматология и интенсивная терапия. – 2009. – № 1. – С. 19–28.

12. Патент UA 110439 C2, A61B 5/0402, A61B 5/02, Спосіб оцінки ступеня серцевої недостатності вектор-кардіографічним методом, Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАНУ, Головний військовий клінічний госпіталь МО України; І.А.Чайковський, Г.В. Мясников, А.П. Казмірчук, З.В. Левшова, К.А. Казмірчук, М.М. Будник, заявл. 15.09.2014, заявка № a2014 10121, опубл. 25.12.2015, Бюлетень «Промислова власність» № 24.

Инновационный портативный электрокардиографически-фотометрический программно-аппаратный комплекс: новые диагностические возможности в различных областях военной медицины

А.П. КАЗМИРЧУК[1], Г.В. МЯСНИКОВ[1], С.В. СОФИЕНКО[1], А.А. БУГАЙ[1], А.А.ВОРОНКО[2], И.А. ЧАЙКОВСКИЙ[3], Н.Н. БУДНИК[3], В.И. ДЕГТЯРУК[3], Ю.А. ФРОЛОВ[3]

[1] *Национальный военно-медицинский клинический центр «Главный военный клинический госпиталь»,*
[2] *Украинская военно-медицинская академия,*
[3] *Институт кибернетики им. В.Н. Глушкова НАНУ*

Резюме. *Статья посвящена обсуждению структуры, возможностей и опыта практического применения инновационного портативного электрокардиографически-фотометрического программно-аппаратного комплекса. Дана характерристика программному обеспечению комплекса. Проанализированы достижения последних лет в электрокардиографии, оценке вариабельности ритма сердца, пульсовой волны. Освещен опыт практического применения комплекса в клинических и внеклинических условиях, в частности при массовом скрининге*

военнослужащих и гражданского населения, а также для анализа посттравматического повреждения сердечно-сосудистой системы у пациентов с боевой травмой.

Ключевые слова: *программно-аппаратный комплекс, электрокардиограмма, пульсовая волна, вариабельность ритма сердца, эхокардиография, боевая травма.*

Innovative portable electrocardiographic-photometric software and hardware system: new diagnostic capabilities in various fields of military medicine

A.P. KAZMIRCHUK[1], G.V. MYASNIKOV[1], S.V. SOFIENKO[1], A.A. BUGAY[1], A.A. VORONKO[2], I.A. CHAIKOVSKY[3], M.M. BUDNIK[3], V.I. DEGTYARUK[3], Y. O. FROLOV[3]

[1] *National Military Medical Clinical Center «Main Military Clinical Hospital»,*
[2] *Ukrainian Military Medical Academy,*
[3] *V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine*

Summary. *The article is devoted to the discussion of the structure, capabilities and experience of the practical use of innovative portable electrocardiographic-photometric hardware and software system. The characteristics of the software is presented. The achievements of recent years in electrocardiography, evaluation of heart rate variability and pulse wave are analysed. The practical experience of device use under clinical and field conditions is discussed, in particular for mass screening of military personnel and civilians, as well as for the analysis of post-traumatic cardiovascular system damage in patients with combat trauma.*

Key words: *hardware and software system, electrocardiogram, pulse wave, heart rate variability, echocardiography, combat trauma.*