

Анализ на резултатите от електронен мониторинг на постмортални параметри

Анелия Манукова

Analysis of the results of electronic monitoring of after mortem parameters: Proposed is a structure of an electronic system for electronic monitoring of after mortem parameters, which allows for real input methods in practice in determining the accuracy of the event occurred according to medical criteria in forensics. This system allows detailed tracking of changes taking place in the body of the individual. Analyzed are the characteristics from the electronic monitoring of after mortem parameters and preparation efficiency in the development of objective evidence applications to medical expertise of forensic doctors. Presented is a block diagram of the electronic system for electronic monitoring of after mortem parameters.

Key words: *electromyographic signal, monitoring, electronic system.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Разработването и внедряването на ефективни методи и технологии в съдебната медицина с цел подобряване на качеството на технологичните операции, точността на получените резултати и изготвянето на медицинските заключения като доказателствен материал е важна и необходима задача при съвременната медицина. Тези критерии са основателен мотив за целенасочена и системна работа в това направление, което е необходимо да осигури повишаване на точността на работа на съдебните лекари, намаляване на времето за окачествяване на обекта и текущите разходи по разследването, увеличаване на успешно разрешените случаи от съдебно-юридическа гледна точка в най-кратки срокове.

Целта на настоящата статия е да се представи анализ на резултатите от електронен мониторинг на постморталните параметри – биопотенциали, скорост на изменение на вътрешно телесна температура, изменение на биосъпротивление на биологична тъкан, проследяване на цветовата промяна на кожата след електромеханично въздействие, необходими в съдебната медицина, с цел повишаване на ефективността в изготвянето на обективни доказателства-приложения към медицинските експертизи от съдебните лекари.

СТРУКТУРА НА ЕЛЕКТРОНЕН СТЕНД ЗА МОНИТОРИНГ НА ПОСТМОРТАЛНИ ПАРАМЕТРИ

В съдебната медицина е изключително важно прецизното определяне на постморталното състояние на обекта [1,2]. Това налага използването на съвременни средства за измерване на параметрите. На фиг.1 е показана структурна схема на електронната система за определяне на давността на настъпилото събитие на изследвания обект, състояща се от следните модули:

▪ Електронен модул за измерване на скоростта на изменение на температурата на обекта

След настъпване на леталното събитие на обекта, температурата на тялото се променя и обектът започва да изстива постепенно, докато температурата му не се изравни с тази на околната среда, като може да спадне до 1°C под нея заради изпарението на влагата от повърхността на тялото [4,6].

Този процес започва до 60 минути след настъпване на събитието и се обосновава с продължаващите процеси на обмен във вътрешността на топлото тяло. Охлаждането на тялото на обекта започва на отвън навътре.

▪ Електронен модул за измерване на биопотенциалите на обекта

Мускулните структури на тялото – гръден мускул (pectorals muscle), четириглав мускул (quadriceps muscle), бицепс мускул (biceps muscle) се приемат за информационни при изследванията на биопотенциалите на обекта, поради най-ранното им образуване в тялото.



Фиг.1. Структурна схема на електронната система

След настъпване на mortalното състояние на индивида, до 48-ия час от събитието, клетките му продължават да притежават биопотенциал, който след измерване и анализ е показателен за часа на събитието. Това изисква използването на прецизни електронни сензори за измерване на биопотенциали и дефиниране на критерии за оценка на изследваните параметри [6].

▪ **Електронен модул за измерване на биосъпротивлението на обекта**

Методът за изследване се основава на свойството на тъканта да бъде едновременно проводник и диелектрик. Електрическата и диелектрическата проникваемост на дадена среда се явява сложна функция – от една страна са параметрите на въздействащите токове и напрежения, както и тяхната честота, а от друга страна физиологическото състояние на изследваните обекти [7].

▪ **Електронен модул за проследяване на промените на посморталните петна**

Посморталните петна са виолетовочервени оцветявания на ниско лежащите части на тялото, като резултат от посморталното преразпределение на кръвта, при което настъпва пасивно разширение на венозните съдове и прозиращата през кожата кръв се наблюдава като петна.

Модулът включва система за прилагане на натиск върху изследвания обект с цел отчитане на времето за възстановяване на цвета от зоната, върху която е приложен натиск от електромеханично устройство, съдържащо подмодулите – за отчитане на времето за възстановяване на цвета; за отчитане на големината на упражнението натиск и сензор за цвят, базиран върху отчитане стойностите на HSV цветова система – оттенък (Hue), наситеност (Saturation) и яркост (Value). HSV цветовата система се получава след преобразуване от измерената RGB цветова система, като за измерването на цвета се използва отражателен метод [5].

АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ НА ИЗМЕРЕНИТЕ ПОСТМОРТАЛНИ ПАРАМЕТРИ

▪ **Изследване зависимостта на изменение на биопотенциалите и температурата на обекта във времето при изменение на температурата на околната среда**

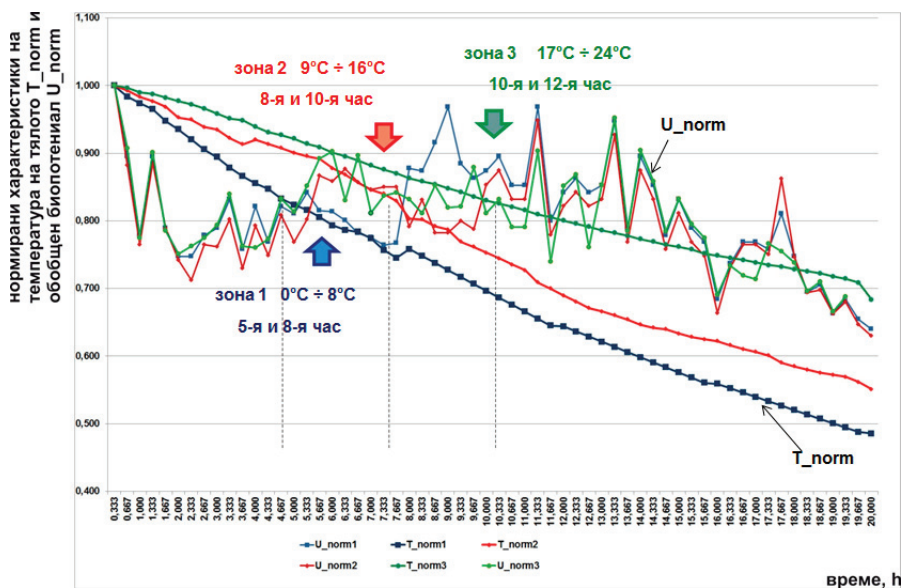
Изследванията са проведени в лабораторни условия в Русенски университет „Ангел Кънчев“ и клинични условия в Отделение по съдебна медицина в МБАЛ Русе АД.

Резултатите за изменението на температурата на обекта са разделени в три температурни зони спрямо околната среда – първа зона е с температурен диапазон на околната среда от 0°C ÷ 8°C, втора зона – с температурен диапазон от 9°C ÷ 16°C и трета зона с температурен диапазон от 17°C ÷ 24°C. За всеки от изследваните температурни диапазони на околната среда са изведени по три регресионни модела,

отговарящи на минимална, максимална и средна температура на изменение на изследвания обект. Границите между максималната и минималната температура определят активния диапазон на изменение на температурата на тялото, като се приема ректална температура на живите индивиди в диапазона $37,2^{\circ}\text{C}$ до $37,5^{\circ}\text{C}$.

От проведените изследвания в МБАЛ Русе АД чрез представителна извадка се проследява зависимостта на изменение на биопотенциалите на изследвания обект във времето при изменение на температурата на околната среда за трите температурни зони. Изменението на биопотенциалите спазва характера, по който да се прогнозира събитието в съответния часови интервал. За да се получи по-точна съпоставка и оценка на температурните и биопотенциалните изменения е извършена нормализация по максимална стойност. За температурата тя е 37°C и отговаря на границата между двете състояния на обекта – постмортално и жизнено. За бионапреженията нормирация максимум е определен от проведените измервания, и е характерен за всяка температурна зона.

Нормираните характеристики за трите температурни зони са представени на фиг.2 заедно със средната температура на изменение на изследвания обект.



Фиг.2. Нормирани характеристики на изменението на биопотенциалите във времето и температурата на изследвания обект за трите температурни зони

Нормираните характеристики за зона 1 на обобщените биопотенциали и температура на изследвания обект имат област на съвпадение между 5-я и 8-я час, което определя и диапазона на най-добра информираност за прогнозията интервал до този час. Съответно за зона 2 областта на съвпадение е между 8-я и 10-я час, и за зона 3 – между 10-я и 12-я час. Тези прогнозни часови интервали показват и до какви часове след настъпване на събитието е добре да се използва съчетаването на биопотенциали и температура като прогнозни параметри.

Показателна за настъпващите промени е скоростта на изменение на температурата, която е разделена в две характерни зони спрямо времето – първата е до 4 часа, а втората след 4 часа. Определящо за делението е факта, че до 4-ия час

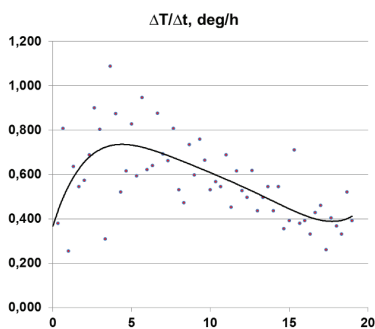
след настъпване на събитието протичат все още животоспасяващи биохимични процеси, което прави скоростта на изменение на температурата характерен показател за състоянието на обекта.

Влиянието на температурата на околната среда при охлаждането на трупа е показателна и силно влияеща върху промените на тялото. Нейната достоверността е видима от направеното изследване и при трите температурни групи. През първите четири часа след настъпване на постморталното състояние, температурата на околната среда не оказва силно влияние върху ректалната температура за температурните втора и трета групи. Но след 8-я час ректалната температура за втора група е значително по-ниска от тази в трета група. Това се дължи на различната скорост на намаляване на температурата на тялото за единица време за всяка от групите.

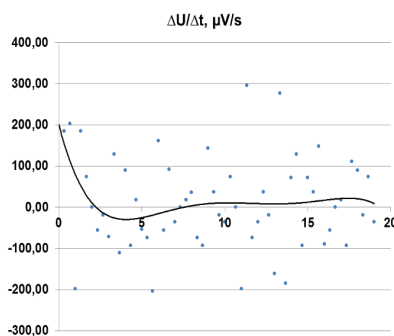
Относителната промяна в скоростта на изменение на температурата на обекта във времето е представена на фиг. 3 и от нея е изведен регресионен модел за скоростта на изменение на температурата, представен чрез зависимост (1). Относителната промяна в скоростта на изменение на биопотенциалите на обекта във времето е представена на фиг. 4, а изведеният регресионен модел за скоростта на изменение на биопотенциалите – чрез зависимост (2).

$$V_{\text{temp}}(t) = 4.10^{-4}x^3 - 13.10^{-3}x^2 + 10,78.10^{-2}x + 0,465 \quad (1)$$

$$V_{\text{pot}}(t) = 0,184 x^4 - 3,87x^3 + 37,162x^2 - 155,34x + 200,81 \quad (2)$$



Фиг. 3. Скорост на изменение на температурата на обекта във времето



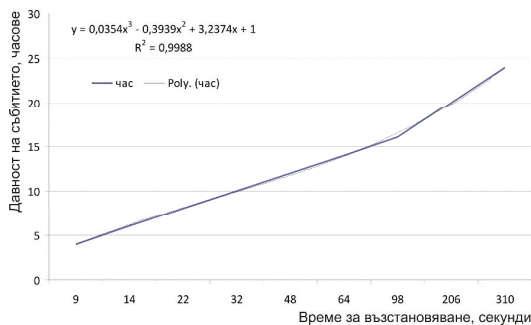
Фиг.4. Скорост на изменение на биопотенциалите на обекта във времето

От представения регресионен модел и характеристики се констатира, че изменението на скоростта с динамика се извършва до 10-я час, което допринася за по-точно позициониране на момента на събитието.

Съчетаването на скоростта на изменение на температурата заедно със скоростта на изменение биопотенциалите значително намаля часовия диапазон за определяне на момента на леталното събитие, което допринася за по-бързо и по-точно поставяне на експертиза за настъпване на събитието.

■ **Изследване зависимостта на изменение на времето за възстановяване на постморталните петна от момента на настъпване на събитието**

Проведени са серия от изследвания с електронния модул в МБАЛ Русе АД, през контролиран период от време с обект, за който се знае момента на настъпване на събитието. Изследванията са извършени върху съседни неизследвани региони от обекта, с цел еднакви начални условия. При измерването се отчита времето за възстановяване на цвета на постморталното петно в изследваната зона, който се отнася до конкретния известен момент на настъпването на събитието.



Фиг.5. Зависимост на времето за настъпване на събитието според измереното време за възстановяване на постморталните петна

Където: **y** е времето от настъпване на събитието, часове; **x** е времето за възстановяване на цвета, секунди.

Изведеният регресионен математически модел за изменението на момента на настъпилото събитие във времето е основа за прогнозиране на времевия интервал по възстановяване на цвета на постморталните петна.

Направената сравнителна оценка на началното състояние и възстановения цвят показва идентичност за данните за трите компоненти R,G,B.

На базата на проведените експериментални изследвания е извършено сравнение на реално измереното време за възстановяване на постморталните петна и прогнозното време за възстановяване, като обобщението е представено в таблица 1.

Таблица 1

Съпоставяне на измереното време за възстановяване на цвета и времето от настъпилото събитие според измерени, реални и прогнозни

№	Измерено време за възстановяване, s	Реално време от настъпване на събитието, h	Време, според съдебно-медицинска литература, s	Време, според регресионния модел, s
1	43,07	12	48	44,2984
2	11,63	5	12	11,7645
3	5,05	2	6	6,1824
4	7,17	2,5	7	7,18475
5	46,38	12	48	44,2984
6	11,27	5	12	11,7645

Получената максимална относителната грешка за всяка от компонентите R,G,B е съответно: за червена (Red R) – 4,1%; за зелена (Green G) – 4,6%; синя (Blue B) – 4,8%. Получените резултати са в границите на предварително зададения критерий за достоверност – 5%, което с достатъчна точност определя разработения модел за разпознаване за адекватен. При анализа на резултатите се отчита, че при различните обекти цветовата промяна на отделните компоненти варира, и определената точност до 5% за разпознаване подобрява ефективността на работа

на методи и системата, и е предпоставка за изготвяне на обективни доказателства-приложения към медицинските експертизи в съдебната медицина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена е структура на електронна система за електронен мониторинг на постмортални параметри, която дава възможност за реално въвеждане на методите в практиката при определяне точността на настъпилото събитие според медицинските критерии в съдебната медицина.

Анализирани са особеностите за електронен мониторинг на постмортални параметри с цел повишаване на ефективността в изготвянето на обективни доказателства-приложения към медицинските експертизи от съдебните лекари. Представена е блокова схема на система за електронен мониторинг на постмортални параметри.

Резултатите от проведените изследвания и анализа на прогнозираната от системата давност и теоретичните таблици доказват, че получените експериментални криви попадат в определените граници при еднакви входни състояния за постигане на обективни доказателства-приложения към медицинските експертизи в съдебната медицина.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Вавилов Ю. „Судебно-медицинская диагностика давности смерти тепловыми методами”, Москва, 2009.

[2] Куликов А., Коновалов А., Вавилов Ю. „Оптимизационный подход уточнения давности наступления смерти в судебно-медицинской практике” Москва, 2009.

[3] Манукова А. Медицинска електроника, Издателски център на РУ „А. Кънчев”, Русе, 2011, 285 стр.

[4] Олейник В.П., С.Н. Кулиш. Аппаратные методы исследований в биологии и медицине, Нац. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, Харьков, 2004

[5] I.Ivanov, A.Manukova. Algorithm for compare colors to determine the time of occur event in forensics, Workshop "Technology Advances in Renewable Energy", 27-28.11 2012, Constanta, Romania

[6] Manukova A., L.Dimitrova. "Microprocessor system for monitoring and processing of postmortem parameters transmitted wireless", "Electronics – design, technology, applications", Poland, 4/2011, pp.105-109.

[7] Manukova A., I.Ivanov. "Electronic system for processing the electrical resistance of biological tissue in forensics medicine", "Electronics - design, technology, applications", Poland, 6/2011, pp.121-124.

[8] Prutchi D., Norris M. "Design and Development of Medical Electronic Instrumentation: A Practical Perspective of the Design, Construction and Test of Medical Devices", Wiley-Interscience 2004.

За контакти:

доц. д-р инж. Анелия Манукова, катедра “Електроника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/ 888 366, e-mail: amanukova@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.