



УКРАЇНА

(19) UA (11) 55309 (13) U  
(51) МПК (2009)  
G01N 33/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

**(54) СПОСІБ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ ЗА ДИНАМІКОЮ СТАТИСТИЧНИХ МОМЕНТІВ ЛАЗЕРНИХ ФЛУОРЕСЦЕНТНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЛІКВАРУ ТРУПА ЛЮДИНИ**

1

2

(21) u201006723

(22) 01.06.2010

(24) 10.12.2010

(46) 10.12.2010, Бюл.№ 23, 2010 р.

(72) ГОДНЮК СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ, БАЧИНСЬКИЙ ВІКТОР ТЕОДОСОВИЧ, УШЕНКО ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, ВАНЧУЛЯК ОЛЕГ ЯРОСЛАВОВИЧ

(73) ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

(57) Спосіб флуоресцентного визначення давності настання смерті за динамікою статистичних моме-

нтів лазерних флуоресцентних зображень ліквару трупа людини шляхом оцінки дегенеративно-дистрофічних трупних змін, який відрізняється тим, що для оцінки дегенеративно-дистрофічних трупних змін проводять опромінювання шару ліквару випромінюванням гелій-кадмієвого лазера з довжиною хвилі 0,441 мкм, вимірюють розподіли інтенсивності флуоресцентних лазерних зображень ліквару трупа людини, обчислюють величини статистичних моментів 1-го - 4-го порядків, за якими судять про часову динаміку трупних змін, на основі чого визначають давність настання смерті.

Корисна модель відноситься до медицини, судової медицини, криміналістики та патологічної анатомії, а також фізичної оптики і може бути використана для визначення давності настання смерті та дослідження станів поляризації біологічних рідин, що актуально у діагностиці трупних процесів.

Відомі способи визначення давності настання смерті є приблизними і засновані на оцінці дегенеративно-дистрофічних змін м'яких тканин. Вони базуються на визначенні первинних постмортальних ознак, ранніх та пізніх трупних змін. До первинних постмортальних ознак відносять реакцію скелетної мускулатури на подразнення, реакцію гладеньких м'язів радужки на подразнення тощо. Первинні постмортальні ознаки дозволяють встановлювати час настання смерті протягом першої доби після її настання. До ранніх трупних змін відносять висихання трупа, охолодження трупа, м'язове залякання трупа, трупні плями та трупний аутоліз. Такі трупні ознаки починають з'являтися вже через 1,5-2 години після настання біологічної смерті, отримують повний розвиток протягом перших 2-х діб після смерті та не супроводжуються значними структурними змінами тканин. Пізні трупні зміни починаються також після настання біологічної смерті, але у більш пізні терміни. Це гниття, муміфікація, сапоніфікація, дублення тощо. Для точного визначення часу настання смерті експерт повинен враховувати велику кількість факторів, які

вказують вплив на труп, аналізувати можливу причину смерті, проводити додаткові дослідження та звертатись до консультації спеціалістів різного профілю. В залежності від давності настання смерті та умов, в яких знаходився труп, визначення часу настання смерті є наближеним з коливанням до 2-3-х годин протягом першої доби та 15-20-ти годин у наступні доби. Велике значення при цьому має кваліфікація експерта.

На даний час не існує об'єктивного, точного та зручного способу визначення давності настання смерті. Наш спосіб, що заявляється, дозволяє уникнути вказаних недоліків, значно об'єктивізувати визначення давності настання смерті та отримати точні дані, які не залежать від суб'єктивної оцінки судово-медичного експерта.

Відомий ряд оптичних способів поляриметрії, які досліджують координатний розподіл станів поляризації лазерного випромінювання біологічними тканинами. Спосіб-аналог, описаний в [A.G. Ushenko, and V.P. Pishak. Laser Polarimetry of Biological Tissue. Principles and Applications // in Coherent-Domain Optical Methods. Biomedical Diagnostics, Environmental and Material Science / ed. V. Tuchin. - Kluwer Academic Publishers, 2004. - P. 67.], заснований на аналізі картини розподілу азимутів поляризації в лазерному зображенні гістологічних зрізів сполучної і м'язової тканини.

Недоліком способу є низька точність вимірювання азимутів поляризації у зображенні та визна-

(13) U

(11) 55309

(19) UA

чення їх топологічного розподілу, а також відсутність інформації про розподіли еліптичності поляризації.

Також аналогом способу, що заявляється, є спосіб визначення оптико-геометричної структури біологічних тканин шляхом оцінки розподілів азимутів і еліптичностей поляризації [(O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko, Ye.G. Ushenko, Yu.Ya. Tomka, V.P. Pishak. Polarization-correlation mapping of biological tissue coherent images // J. Biomed. Opt. - 2005. - Vol. 10, No. 6. - P. 064025.)]. У способі-аналогу за допомогою чвертьхвильової пластинки і поляризатора вимірюють координатний розподіл азимутів і еліптичності поляризації у площині лазерного зображення, за яким визначають оптико-геометричну структуру архітектонічної сітки сполучної і м'язової біологічних тканин.

Основним недоліком способу-аналогу, є відсутність даних про причини зміни оптичних властивостей біологічних тканин трупа людини, а також використання обмеженої кількості тканин різних типів.

Прототипом корисної моделі є спосіб визначення давності настання смерті за оцінкою дегенеративно-дистрофічних змін м'яких тканин (Бедрин Л.М., Крюков В.Н., Литвак А.С. и др. Судебная медицина. - М., Медицина, 1987. -464 с.) при якому час настання смерті визначається за діагностикою дегенеративно-дистрофічних змін м'яких тканин. При цьому дегенеративно-дистрофічні зміни оцінюються шляхом виявлення ранніх та пізніх трупних змін (висихання, охолодження, м'язове закривання трупа, трупні плями, трупний аутоліз, гниття, муміфікація, сапоніфікація, дублення) наявність яких співставляється із умовами, в яких знаходиться труп, можливими причинами смерті та граничним часом розвитку таких змін.

Недоліками прототипу є те, що відбувається відносне, суб'єктивне визначення часу настання смерті, що у більшій мірі залежить від кваліфікації експерта, низька точність визначення часу настання смерті з великим інтервалом коливання, необхідність врахування великої кількості факторів, які можуть значно змінювати час настання окремих трупних змін, необхідність проведення консультацій інших спеціалістів - екологів, ентомологів, ботаніків тощо, що значно гальмує діагностику у часі та призводить до залучення додаткових коштів.

Нами пропонується рішення, що усуває вказані недоліки.

В основу корисної моделі поставлене завдання удосконалити спосіб визначення давності настання смерті шляхом оцінки дегенеративно-дистрофічних трупних змін за визначенням часових змін статистичних моментів 1-го - 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли інтенсивності флуоресцентних лазерних зображень ліквару для розширення функціональних можливостей діагностики анізотропії біологічних рідин трупа людини, а також підвищення точності вимірювання часу настання смерті.

Поставлене завдання вирішується тим, що у способі визначення давності настання смерті лю-

дини шляхом оцінки трупних дегенеративно - дистрофічних змін, згідно до корисної моделі, для оцінки трупних змін проводять опромінювання шару ліквару випромінюванням гелій - кадмієвого лазера з довжиною хвилі 0,441 мкм, вимірюють розподіли інтенсивності флуоресцентних лазерних зображень ліквару трупа людини, обчислюють величини статистичних моментів 1-го - 4-го порядків, за якими судять про часову динаміку трупних змін, на основі чого визначають давність настання смерті.

Спільними ознаками прототипу та рішення, що заявляється, є використання для визначення давності настання смерті дегенеративно-дистрофічних змін. Корисна модель відрізняється від прототипу тим, що використовують випромінювання гелій - кадмієвого лазера з довжиною хвилі 0,441 мкм, вимірюють розподіли інтенсивності флуоресцентних лазерних зображень ліквару трупа людини, обчислюють величини статистичних моментів 1-го - 4-го порядків, за якими судять про часову динаміку трупних змін, на основі чого визначають давність настання смерті.

Спосіб здійснюється наступним чином. Для оцінки давності настання смерті в трупа забирають зразки ліквару. За допомогою пристрою проводять лазерне опромінення дослідного зразку, вимірюючи розподіли інтенсивності флуоресценції у лазерному зображенні шару ліквару. За оцінкою часової динаміки зміни значень статистичних моментів 1-го - 4-го порядків розподілів інтенсивності флуоресценції лазерних зображень шару ліквару визначають давність настання смерті.

Теоретичним підґрунтям для використання способу є наступні дані.

Ідея [Лазерна поляризаційна морфологія біологічних тканин: статистичний і фрактальний підходи. Монографія / [Ушенко О.Г., Пішак В.П., Ангельський О.В., Ушенко Ю.О.]. - Чернівці: Колір-Друк, 2007. - 314 с.] лазерної флуоресценції полягає в опромінюванні біологічних тканин людини короткохвильовим когерентним пучком з довжиною хвилі  $\lambda=0,441$  мкм, що має енергію  $W$

$$W = h \frac{c}{\lambda} \cdot \quad (1)$$

Тут  $c$  - швидкість світла;  $h$  - стала Планка.

При поглинанні такої енергії клітинами ліквару відбувається їх активація з наступною флуоресценцією у вигляді перевипромінювання у більш довгохвильовій області  $\lambda^*=0,523\mu\text{m}$

$$W^* = h \frac{c}{\lambda^*} \cdot \quad (2)$$

Таким чином, у залежності від кількості та концентрації таких клітин у рідині ліквару формується координатний розподіл інтенсивності флуоресцентного лазерного зображення

$$I(\lambda^*) = \begin{pmatrix} I_{11} & I_{1n} \\ I_{m1} & I_{mn} \end{pmatrix} \cdot \quad (3)$$

Отже, за вимірними інтенсивностями  $I(\lambda^*)$  лазерної флуоресценції можна обчислити статистичні моменти 1-го - 4-го порядків за алгоритмами

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i = \frac{1}{N} (I_1 + I_2 + \dots + I_N); \\
 Z_2 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i^2 = \frac{1}{N} (I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_N^2); \\
 Z_3 &= \frac{1}{Z_2^3} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i^3 = \frac{1}{Z_2^3} \frac{1}{N} (I_1^3 + I_2^3 + \dots + I_N^3); \\
 Z_4 &= \frac{1}{Z_2^4} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i^4 = \frac{1}{Z_2^4} \frac{1}{N} (I_1^4 + I_2^4 + \dots + I_N^4);
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

де  $N$  - кількість пікселів світлочутливої площадки цифрової камери.

У результаті трупних змін має місце явище "гасіння" флуоресценції ліквару. Тому зі збільшенням часу після настання смерті формуються часові залежності  $Z_{i=1;2;3;4}(T)$  за якими визначають давність настання смерті. Інтервал давності настання смерті визначається на основі вимірювання часу  $T$ , починаючи з якого величини статистичних моментів не змінюються  $Z_{1-4}(T)=\text{const}$ .

Використання корисної моделі пояснюється наступним прикладом: нехай опромінюючий пучок є лазерним з довжиною хвилі  $\lambda=0,441\mu\text{m}$ . В якості зразка використали зразки ліквару трупа людини.

У таблиці 1 приведені часові інтервали і точність визначення давності настання смерті.

Таблиця 1

Діапазони і точність визначення давності настання смерті

Статистичні моменти	Діапазон визначення давності	Точність Визначення давності
$Z_1(T)=\text{const}$	1 год. - 24 год.	20 хвилин
$Z_2(T)=\text{const}$	1 год - 36 год	20-30 хвилин
$Z_3(T)=\text{const}$	1 год - 48 год	15-45 хвилин
$Z_4(T)=\text{const}$	1 год - 52 год	15-45 хвилин

Технічний результат забезпечує нова сукупність дій, яка складає запропонований спосіб, що призводить до розширення функціональних можливостей та підвищення точності визначення давності настання смерті шляхом часового моніторингу зміни значень статистичних моментів розподілів інтенсивності флуоресценції лазерних зображень

ліквару. Нами вперше використано лазерне випромінювання з довжиною хвилі  $0,441\mu\text{m}$  із наступним часовим моніторингом зміни значень статистичних моментів 1-го - 4-го порядків, які характеризують розподіли інтенсивності флуоресценції лазерних зображень ліквару, за якими судять про давність настання смерті.