

УДК 61:340.6:616-001.85+616-001.5]:612.013-073
 © Колектив авторів, 2010

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИСТИЧНОЇ СТРУКТУРИ ДЕПОЛЯРИЗАЦІЇ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТКАНИНОЮ ПЕЧІНКИ ДЛЯ ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ НАСТАННЯ СМЕРТІ В РЕЗУЛЬТАТІ МЕХАНІЧНОЇ АСФІКСІЇ АБО КРОВОВТРАТИ

Павлюкович О.В., Бачинський В.Т., Мішалов В.Д., Ванчуляк О.Я.

Буковинський державний медичний університет; Національна медична академія післядипломної освіти ім.П.Л. Шупика

Вступ Діагностика та диференціація причини настання смерті є складовою комплексу питань, які повинен вирішити судово-медичний експерт під час проведення судово-медичної експертизи. Дана робота містить матеріали експериментальних досліджень статистичної структури розподілів ступеня деполаризації розсіяного лазерного випромінювання зразками тканини печінки після настання смерті в результаті механічної асфіксії або крововтрати.

Мета роботи полягає в проведенні статистичного аналізу структури деполаризації лазерного випромінювання, розсіяного тканиною печінки, для диференціації причини настання смерті.

Матеріал і методи дослідження. Досліджувались зрізи печінки від 18 померлих різної статі та віку із відомою причиною смерті та часом її настання, які померли внаслідок механічної асфіксії – тип “А” (дев’ять випадків) та крововтрати – тип “К” (дев’ять випадків). За допомогою заморожувального мікроскопа з вилучених шматочків отримували нативні зрізи, які вивчали в наступній оптичній схемі (рис. 1) [8]: опромінювання об’єкта дослідження (6) проводилося колімованим пучком ($\varnothing=10^4$ мкм) 2) He-Ne лазера ($\lambda=0.6328$ мкм) 1); за допомогою поляризаційного освітлювача (чвертьхвильова пластинка 3, 5, 8, поляризатор 4 і аналізатора (9)); формувалися різні стани поляризації освітлюючого пучка; поляризаційні зображення координатних розподілів α і β біологічних тканин формувалися у площині світлочутливої площадки (800×600) CCD камери (10) за допомогою мікрооб’єктива (7), роздільна здатність якого була достатньою для проведення вимірів у діапазоні розмірів структурних елементів тканин людини 2 мкм - 2000 мкм з подальшого передачею інформації на персональний комп’ютер (11).

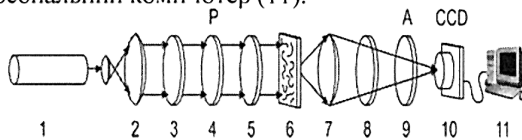


Рис. 1. Оптична схема поляриметра, де 1 – He-Ne лазер; 2 – коліматор; 3, 5, 8 – чвертьхвильові пластівки; 4, 9 – поляризатор та аналізатор відповідно; 6 – об’єкт дослідження; 7 – мікрооб’єктив; 10 – CCD камера; 11 – персональний комп’ютер

Отримані результати обчислювалися за стандартними алгоритмами програмного продукту MATLAB та Statistica 6 [1].

На рис. 2 приведена серія лазерних зображень [1 – 6] зрізів тканини печінки “А” і “К” типів. Виходячи з отриманих зображень можна

стверджувати, що структура розподілів інтенсивності поляризаційних зображень зрізів тканини печінки одержаних у співвісних поляризаторі і аналізаторі достатньо близька і тому не може бути використана для об’єктивної диференціації причини настання смерті, а поляризаційні зображення тканини печінки у перехресних (“б”, “г”) поляризаторі і аналізаторі вказують на наявність оптично анізотропної складової, що виявляється у наявності ділянок “просвітлення” в місцях більшого кровонаповнення.

Для зрізу тканини печінки “А” типу характерним є більший рівень інтенсивності зміни лазерного випромінювання, що свідчить про більш високе її кровонасичення в порівнянні із зрізами печінки типу “К”.

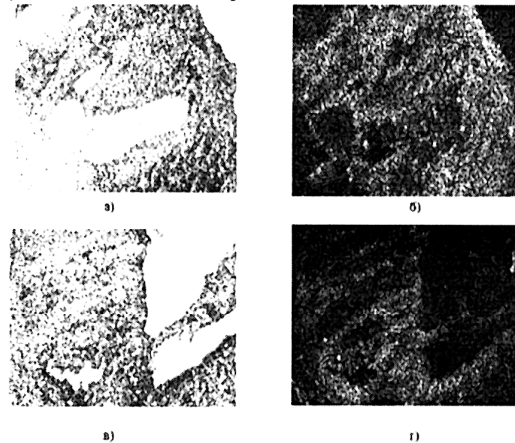


Рис. 2. Поляризаційні зображення у співвісних (“а”, “в”) і перехресних (“б”, “г”) поляризаторі і аналізаторі тканини печінки “А” - типу (“а”, “б”) і “К” - типу (“в”, “г”)

Нами використано класичні методи вимірювання таких параметрів, наведені в [7 -12]:

1. За допомогою обертання осі пропускання аналізатора Θ в межах $= 0^0 - 180^0$ визначаються масиви мінімальних і максимальних рівнів інтенсивності

$$I_{\min} \begin{pmatrix} r_1, \dots, r_m \\ \dots \\ r_n, \dots, r_m \end{pmatrix}; I_{\max} \begin{pmatrix} r_1, \dots, r_m \\ \dots \\ r_n, \dots, r_m \end{pmatrix}$$

зображення зрізу тканини печінки для кожного окремого пікселя (mn) CCD-камери і, відповідні їм кути повороту

$$\Theta \begin{pmatrix} r_1, \dots, r_m \\ \dots \\ r_n, \dots, r_m \end{pmatrix} \left(I \begin{pmatrix} r_1, \dots, r_m \\ \dots \\ r_n, \dots, r_m \end{pmatrix} \right) \equiv \min$$

2. Розраховуються координатні розподіли

(поляризаційні мапи) станів поляризації зображення гістологічного зрізу тканини печінки з використанням таких співвідношень:

$$\alpha \begin{pmatrix} r_1, \dots, r_m \\ \dots \\ r_n, \dots, r_m \end{pmatrix} = \Theta (I(r_i) \equiv \min) - \frac{\pi}{2};$$

$$\beta \begin{pmatrix} r_1, \dots, r_m \\ \dots \\ r_n, \dots, r_m \end{pmatrix} = \arctg \frac{I(r_i)_{\min}}{I(r_i)_{\max}} \quad (1)$$

3. Розраховуються значення ступеня депляризації лазерного випромінювання в точці зображення гістологічного зрізу тканини печінки за наступним співвідношенням

$$\Delta = \frac{2I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (2)$$

Отримані результати і їхній аналіз. На серії рис. 3–6 наведені результати порівняльного дослідження поляризаційно (рис. 3, рис. 4) – кореляційної (рис. 5, рис. 6) структури лазерних зображень гістологічних зрізів тканини печінки “А” типу (рис. 3, рис. 5) і “К” типу (рис. 4, рис. 6).

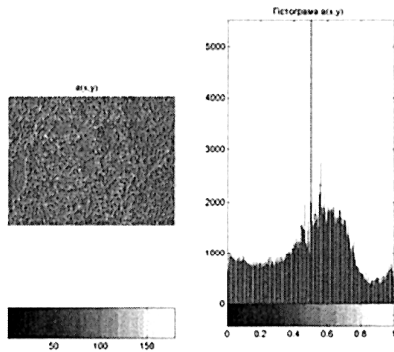


Рис. 3. Поляризаційна мапа (ліва частина) і гістограма розподілу значень азимутів поляризації (права частина) зображення тканини печінки “А” типу

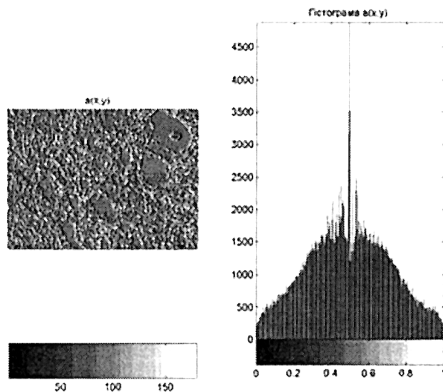


Рис. 4. Поляризаційна мапа (ліва частина) і гістограма розподілу значень азимутів поляризації (права частина) зображення тканини печінки “К” типу

Порівняльний аналіз даних прямого поляриметравання зразків тканини печінки не виявив достатньо об’єктивних можливостей для диференціації причин настання смерті.

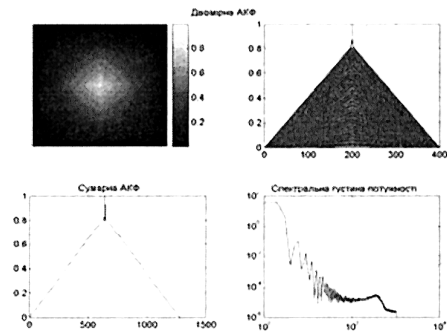


Рис. 5. Автокореляційні функції і спектр потужності розподілу значень азимутів поляризації зображення тканини печінки “А” типу

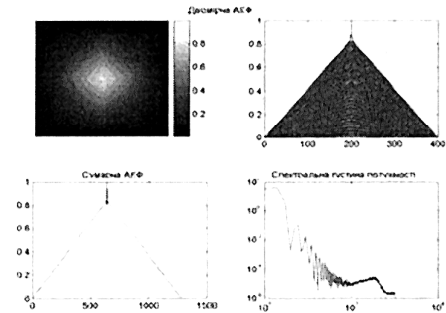


Рис. 6. Автокореляційні функції і спектр потужності розподілу значень азимутів поляризації зображення тканини печінки “К” типу

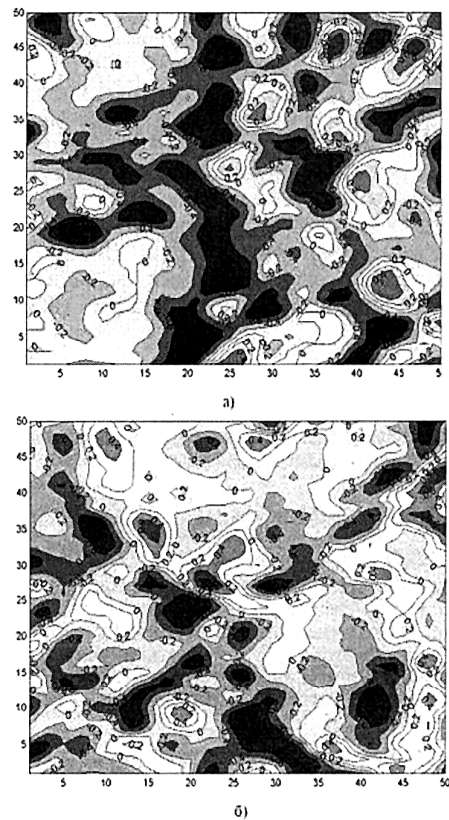


Рис. 7. Координатні розподіли ступеня депляризації лазерного випромінювання тканиною печінки “А” (а) і “К” типу (б)

На рис. 7 приведені експериментально виміряні координатні розподіли значень ступеня деполаризації лазерного випромінювання, розсіяного тканиною печінки "А" і "К" типу.

У таблиці наведено дані про величини сукупності статистичних моментів 1 – 4-го порядків розподілів значень ступеня деполаризації лазерного випромінювання.

Таблиця. Статистичні моменти 1 – 4-го порядків розподілу ступеня деполаризації лазерного випромінювання тканиною печінки "А" і "К" типів

Статистичні моменти	Причина настання смерті	
	Асфіксія	Крововтрата
<i>M</i>	0,53±0,042	0,37±0,029
<i>σ</i>	0,11±0,009	0,23±0,017
<i>A</i>	1,93±0,15	3,66±0,29
<i>E</i>	4,63±0,35	2,82±0,27

Порівняльний аналіз виявив, що координатний розподіл ступеня деполаризації лазерного випромінювання тканиною печінки "А" ти-

пу характеризується ділянками із значно більшим рівнем деполаризації (рис. 7а) ніж аналогічний розподіл, визначений для тканини печінки "К" типу (рис. 7б).

Висновки:

- Статистичні моменти всіх порядків координатних розподілів значень ступеня деполаризації лазерного випромінювання тканиною печінки в залежності від причини смерті мають різні, відмінні між собою значення.

- Відмінності між значеннями середнього *M* досягають 1/3-1/2; дисперсії *σ* до 2-х раз.

- Найбільш виразно диференціювати тип ушкодження можна шляхом порівняльного аналізу значень асиметрії *A* і ексцесу *E*, відмінності між якими коливаються від 2-х разів.

Перспективи подальших досліджень.

Виходячи з отриманих результатів очевидною стає перспектива продовження даних досліджень для розробки об'єктивних диференціальних критеріїв діагностики причини смерті у випадках механічної асфіксії та крововтрати.

ЛІТЕРАТУРА:

1. J.F. de Boer Two dimensional birefringence imaging in biological tissue using phase and polarization sensitive optical coherence tomography / J. F. de Boer, T. E. Milner, J. S. Nelson // in Trends in Optics and Photonics (TOPS): Advances in Optical Imaging and Photon Migration. – OSA, Washington, DC, 1998.
2. J. F. de Boer Determination of the depth-resolved Stokes parameters of light backscattered from turbid media by use of polarization-sensitive optical coherence tomography / J. F. de Boer, T. E. Milner, J. S. Nelson // Opt. Lett. – 1999. – Vol. 24. – P. 300-302.
3. Handbook of Optical Coherence Tomography; edited by B.E. Bouma and G.J. Tearney // Polarization-sensitive optical coherence tomography / J. F. de Boer, T. E. Milner, M. G. Ducros [et al.] – Marcel Dekker Inc.: New York, 2002. – P. 237-274.
4. Morgan S. P., Effects of polarization state and scatterer concentration on optical imaging through scattering media / S. P. Morgan, M. P. Khong, M. G. Somekh // Appl. Opt. – 1997. – V.36. – P.1560-1565.
5. Demos S. G. Optical polarization imaging / S. G. Demos R. R. Alfano // Appl. Opt. – 1997. – V.36. – P.150-155.
6. Jacques S. L. Imaging superficial tissues with polarized light / S. L. Jacques, J. R. Roman, K. Lee. // Lasers in Surg.

- & Med. – 2000. – V.26. – P.119-129.
7. 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.
8. Angelsky O.V., Polarization-correlation mapping of biological tissue coherent images / O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko, et al. // J. Biomed. Opt. 2005 – V. 10, No.6. P. 064025.
9. Ушенко О. Г. Лазерна поляриметрична діагностика в біології та медицині / О. Г. Ушенко, В. П. Пішак, О. В. Ангельський. – Чернівці : Медакадемія, 2000. – 305 с.
10. Yu.A. Ushenko, "Polarized cartography of biofractals", Elektronika, nr 8-9/2004, pp.313-315.
11. O.V. Angelsky "Investigation of 2D Mueller matrix structure of biological tissues for pre-clinical diagnostics of their pathological states." / O.V. Angelsky, Yu.Ya. Tomka, A.G. Ushenko, Ye.G. Ushenko and Yu.A. Ushenko // J. Phys. D: Appl. Phys., 2005, № 38, P. 4227-4235.
12. Ushenko Yu.A., "Statistical structure of polarization-inhomogeneous images of biotissues with different morphological structures." / Yu.A. Ushenko // Ukrainian Journal of Physical Optics, 2005, 6 No. 2, P. 63-70.

Павлюкович О.В., Бачинський В.Т., Мішалов В.Д., Ванчуляк О.Я. Дослідження статистичної структури деполаризації лазерного випромінювання тканиною печінки для диференціації настання смерті в результаті механічної асфіксії або крововтрати //Український медичний альманах. – 2010. – Том 13, № 1. - С. 101-103.

У статті наведені дані про особливості змін статистичної структури деполаризації лазерного випромінювання тканиною печінки, за якими можна проводити диференціацію настання смерті внаслідок механічної асфіксії та крововтрати.

Ключові слова: судова медицина, смерть, лазер, асфіксія, крововтрата

Павлюкович А.В., Бачинский В.Т., Мишалов В.Д., Ванчуляк О.Я. Исследование статистической структуры деполаризации лазерного излучения тканью печени для дифференциации наступления смерти в результате механической асфиксии или кровопотери //Український медичний альманах. – 2010. – Том 13, № 1. - С. 101-103.

Работа направлена на исследование статистической структуры деполаризации лазерного излучения тканью печени для дифференциации наступления смерти в результате механической асфиксии или кровопотери.

Ключевые слова: судебная медицина, смерть, лазер, асфиксия, кровопотеря

Pavlyukovich O.V., Bachynskiy V.T., Mishalov V.D., Wanchuliak O.Ya. A study of the statistical structure of depolarization of laser radiation by the hepatic tissue in order to differentiate death coming due to mechanical asphyxia or blood loss //Український медичний альманах. – 2010. – Том 13, № 1. - С. 101-103.

The paper is aimed at studying a statistical structure of depolarization of laser radiation by the hepatic tissue in order to differentiate death coming as a result of mechanical asphyxia or blood loss.

Key words: forensic medicine, death, laser, asphyxia, blood-loss.

Надійшла 24.10.2009 р.
Рецензент: проф. І.В.Лоскутова

На рис. 7 приведені експериментально виміряні координатні розподіли значень ступеня деполаризації лазерного випромінювання, розсіяного тканиною печінки "А" і "К" типу.

У таблиці наведено дані про величини сукупності статистичних моментів 1 – 4-го порядків розподілів значень ступеня деполаризації лазерного випромінювання.

Таблиця. Статистичні моменти 1 – 4-го порядків розподілу ступеня деполаризації лазерного випромінювання тканиною печінки "А" і "К" типів

Статистичні моменти	Причина настання смерті	
	Асфіксія	Крововтрата
<i>M</i>	0,53±0,042	0,37±0,029
<i>σ</i>	0,11±0,009	0,23±0,017
<i>A</i>	1,93±0,15	3,66±0,29
<i>E</i>	4,63±0,35	2,82±0,27

Порівняльний аналіз виявив, що координатний розподіл ступеня деполаризації лазерного випромінювання тканиною печінки "А" ти-

пу характеризується ділянками із значно більшим рівнем деполаризації (рис. 7а) ніж аналогічний розподіл, визначений для тканини печінки "К" типу (рис. 7б).

Висновки:

- Статистичні моменти всіх порядків координатних розподілів значень ступеня деполаризації лазерного випромінювання тканиною печінки в залежності від причини смерті мають різні, відмінні між собою значення.

- Відмінності між значеннями середнього *M* досягають 1/3-1/2; дисперсії *σ* до 2-х раз.

- Найбільш виразно диференціювати тип ушкодження можна шляхом порівняльного аналізу значень асиметрії *A* і ексцесу *E*, відмінності між якими коливаються від 2-х разів.

Перспективи подальших досліджень.

Виходячи з отриманих результатів очевидною стає перспектива продовження даних досліджень для розробки об'єктивних диференціальних критеріїв діагностики причини смерті у випадках механічної асфіксії та крововтрати.

ЛІТЕРАТУРА:

1. J.F. de Boer Two dimensional birefringence imaging in biological tissue using phase and polarization sensitive optical coherence tomography / J. F. de Boer, T. E. Milner, J. S. Nelson // in Trends in Optics and Photonics (TOPS): Advances in Optical Imaging and Photon Migration. – OSA, Washington, DC, 1998.
2. J. F. de Boer Determination of the depth-resolved Stokes parameters of light backscattered from turbid media by use of polarization-sensitive optical coherence tomography / J. F. de Boer, T. E. Milner, J. S. Nelson // Opt. Lett. – 1999. – Vol. 24. – P. 300-302.
3. Handbook of Optical Coherence Tomography; edited by B.E. Bouma and G.J. Tearney // Polarization-sensitive optical coherence tomography / J. F. de Boer, T. E. Milner, M. G. Ducros [et al.] – Marcel Dekker Inc.: New York, 2002. – P. 237-274.
4. Morgan S. P., Effects of polarization state and scatterer concentration on optical imaging through scattering media / S. P. Morgan, M. P. Khong, M. G. Somekh // Appl. Opt. – 1997. – V.36. – P.1560-1565.
5. Demos S. G. Optical polarization imaging / S. G. Demos R. R. Alfano // Appl. Opt. – 1997. – V.36. – P.150-155.
6. Jacques S. L. Imaging superficial tissues with polarized light / S. L. Jacques, J. R. Roman, K. Lee. // Lasers in Surg.

- & Med. – 2000. – V.26. – P.119-129.
7. 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.
8. Angelsky O.V., Polarization-correlation mapping of biological tissue coherent images / O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko, et al. // J. Biomed. Opt. 2005 – V. 10, No.6. P. 064025.
9. Ушенко О. Г. Лазерна поляриметрична діагностика в біології та медицині / О. Г. Ушенко, В. П. Пішак, О. В. Ангельський. – Чернівці : Медакадемія, 2000. – 305 с.
10. Yu.A. Ushenko, "Polarized cartography of biofractals", Elektronika, nr 8-9/2004, pp.313-315.
11. O.V. Angelsky "Investigation of 2D Mueller matrix structure of biological tissues for pre-clinical diagnostics of their pathological states." / O.V. Angelsky, Yu.Ya. Tomka, A.G. Ushenko, Ye.G. Ushenko and Yu.A. Ushenko // J. Phys. D: Appl. Phys., 2005, № 38, P. 4227-4235.
12. Ushenko Yu.A., "Statistical structure of polarization-inhomogeneous images of biotissues with different morphological structures." / Yu.A. Ushenko // Ukrainian Journal of Physical Optics, 2005, 6 No. 2, P. 63-70.

Павлюкович О.В., Бачинський В.Т., Мішалов В.Д., Ванчуляк О.Я. Дослідження статистичної структури деполаризації лазерного випромінювання тканиною печінки для диференціації настання смерті в результаті механічної асфіксії або крововтрати //Український медичний альманах. – 2010. – Том 13, № 1. - С. 101-103.

У статті наведені дані про особливості змін статистичної структури деполаризації лазерного випромінювання тканиною печінки, за якими можна проводити диференціацію настання смерті внаслідок механічної асфіксії та крововтрати.

Ключові слова: судова медицина, смерть, лазер, асфіксія, крововтрата

Павлюкович А.В., Бачинский В.Т., Мишалов В.Д., Ванчуляк О.Я. Исследование статистической структуры деполаризации лазерного излучения тканью печени для дифференциации наступления смерти в результате механической асфиксии или кровопотери //Український медичний альманах. – 2010. – Том 13, № 1. - С. 101-103.

Работа направлена на исследование статистической структуры деполаризации лазерного излучения тканью печени для дифференциации наступления смерти в результате механической асфиксии или кровопотери.

Ключевые слова: судебная медицина, смерть, лазер, асфиксия, кровопотеря

Pavlyukovich O.V., Bachynskiy V.T., Mishalov V.D., Wanchuliak O.Ya. A study of the statistical structure of depolarization of laser radiation by the hepatic tissue in order to differentiate death coming due to mechanical asphyxia or blood loss //Український медичний альманах. – 2010. – Том 13, № 1. - С. 101-103.

The paper is aimed at studying a statistical structure of depolarization of laser radiation by the hepatic tissue in order to differentiate death coming as a result of mechanical asphyxia or blood loss.

Key words: forensic medicine, death, laser, asphyxia, blood-loss.

Надійшла 24.10.2009 р.
Рецензент: проф. І.В.Лоскутова

