

ЛАЗЕРНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ В БІОЛОГІЇ І МЕДИЦИНІ. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Д.І. Остафійчук, А.Б. Горкуненко, Т.О. Плаксива, Х.В. Волощук*

Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», м.Чернівці, Україна

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я.Горбачевського МОЗ України», м.Тернопіль, Україна

Ключові слова: лазер, лазерна терапія, лазерна хірургія, лазерна поляриметрія, лазерна спектроскопія.

Резюме. У статті розглянуто сучасні напрямки діагностичного і клінічного застосування лазерів у медицині. Проаналізовано лазерні технології в біології, медицині. Наведено сукупність методів лазерної терапії, яка формує новий напрям – оптичну когерентну медицину.

Буковинський медичний вісник. Т.22, № 2 (86). С. 144-148.

DOI:

10.24061/2413-0737.
XXII.2.86.2018.47

E-mail:

ostafichukdmytro@gmail.com

Ключевые слова: лазер, лазерная терапия, лазерная хирургия, лазерная поляриметрия, лазерная спектроскопия.

КЛИНИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕЧЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ И РОДОВ У ЖЕНЩИН С УЗЛОВИМ ЗОБОМ

Д.И. Остафійчук, А.Б. Горкуненко, Т.О. Плаксивая, Х.В. Волощук

Резюме. В статье рассмотрено современные пути диагностического и клинического применения лазеров в медицине. Проанализировано лазерные технологии в биологии, медицине. Подано совокупность методов лазерной терапии, которые формируют новое направление- оптическая когерентная медицина.

Буковинский медицинский вестник. Т.22, № 2 (86). С. 144-148.

Key words: laser, laser therapy, laser surgery, laser polarimetry, laser spectroscopy.

LASER RADIATION. MAIN DIRECTIONS OF USING IN BIOLOGY AND MEDICINE. PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

D.I. Ostafichuk, A.B. Horkunenko, T.O. Plaksivaya, H.V. Voloshchuk

Abstract. The article considers modern ways of diagnostic and clinical application of lasers in medicine. Laser technologies in biology, medicine are analyzed. A set of methods of laser therapy, which form a new direction - optical coherent medicine, is given.

Bukovinian Medical Herald. V.22, № 2 (86). P. 144-148.

Вступ. Сучасні медичні технології базуються на фундаментальних дослідженнях у фізиці, біології та техніці. У загальному випадку застосування лазерів

у медичних дослідженнях базується на дуже широкому колі явищ, які пов'язані з різноманітними ефектами взаємодії світла з біологічними об'єктами.

Основні властивості лазерного випромінювання, такі, як когерентність, висока потужність, можливість роботи в неперервному та імпульсному режимах, монохроматичність, можливість зміни довжини хвилі, здатність до фокусування, дали можливість широкого застосування в біології, медицині [1,2].

Необхідно відзначити основні напрямки лазерної технології з використанням:

- фемтосекундних лазерів;
- твердотільних лазерів з можливістю зміни частоти випромінювання (довжини хвилі);
- короткохвильових рентгенівських лазерів;
- інфрачервоної волоконної оптики [1].

В основі біомедичних застосувань лазера лежить взаємодія лазерного випромінювання з біотканиною на рівні молекули, клітини, органа та організму. Дана взаємодія може призвести до виникнення таких явищ, як флуоресценція, багатотонні процеси високої інтенсивності, утворення радикалів та іонів, фотохімічні реакції, теплова релаксація [3], тому використання лазерів у медицині можна представити у вигляді:

- лазерної діагностики (базується на резонансній і нерезонансній взаємодії лазера з речовиною);
- лазерна хірургія (індукування лазером руйнівних макроефектів);
- лазерна терапія (індукування лазером теплових процесів, шляхом збудження молекул) [4].

Основна частина. Біологічні об'єкти просторово неоднорідні (фрактальна розмірність), тому вони є поглинаючим і розсіюючим середовищем [5]. Розповсюдження лазерного випромінювання в неоднорідному біосередовищі визначається процесами розсіювання та поглинання. Для медичного використання лазерів важливим є коефіцієнт поглинання лазерного випромінювання і його розподіл по опроміненій ділянці. Тому оптико-акустичний метод — найбільш перспективний метод вимірювання поглинання неоднорідностями в каламутних середовищах, в основі якого лежить збудження теплових та акустичних хвиль при поглинанні модульованого лазерного випромінювання [6,7,8]. Збудження акустичних хвиль відбувається завдяки тепловому розширенню нагрітої біотканини (встановлено пряму залежність амплітуди збудженої акустичної хвилі від коефіцієнта поглинання). Тобто, у часових характеристиках акустичної хвилі, збудженої лазером, міститься інформація про поглинання лазерного випромінювання біотканиною [9].

Діагностика на молекулярному рівні з використанням методів лазерної спектроскопії високої спектральної роздільної здатності дає можливість виявлення фазових газоподібних продуктів метаболізму та діагностування на цій основі деяких хвороб [10].

Методи лазерної спектроскопії зробили великий внесок у розуміння фундаментальних процесів, що відбуваються в біотканині (енергетичні та електронні перетворення фотосинтезу, протонні перетворення, ізомеризація у видимому пігменті, мембранах бак-

терій).

Збільшення просторової роздільної здатності до нанометрів (методи лазерної мікроскопії, лазерної фотоелектронної мікроспектроскопії), дає змогу використовувати лазерне випромінювання для виявлення розподілу біомолекул, упорядкування ДНК [2,6,10].

Фотодинамічна терапія (лазерна фотодинамічна терапія, лазерна біостимуляція), базується на фотохімічних реакціях екзогенних та ендогенних хромофорів [1].

Фототермотерапія, базується на ефекті нагріву біотканини через безвипромінювальну релаксацію лазерного збудження. Нові можливості фото-термотерапії дає імпульсне нагрівання об'єктів у біотканині за допомогою лазерного випромінювання визначеної частоти та потужності (змінюючи довжину хвилі лазерного випромінювання, можливо викликати імпульсне нагрівання бажаних біологічних об'єктів).

Відзначено, що імпульсне (навіть неперервне лазерне випромінювання) поглинається біотканиною як окремий квант, особливими хромофорами у біотканині [1,11,12]. Збуджені хромофори розподіляються по біотканині тонкими шарами і там неминуче виникає незначний перегрів молекулярних хромофорів [1]. Також ступінь поглинання біотканини на визначеній довжині хвилі лазерного випромінювання змінюється в широких межах по об'єму всієї біотканини. Просторові зміни поглинання біотканин особливо значні у видимій і близькій інфрачервоній ділянці спектра і незначні в ультрафіолетовій ділянці за рахунок сильного поглинання ультрафіолету органічними молекулами і водою. Необхідно відзначити і нерівномірність просторового розподілу лазерного випромінювання в біотканині, що призводить до появи там спекл — структур із нерегулярностями розмірності [5]. Ефект нагрівання хромофорів [11] найбільш виражений при імпульсному збудженні. Імпульсне нагрівання мікрооб'єктів у біотканині [12] за допомогою лазерного випромінювання визначеної частоти, напрямку і потужності відкриває нові можливості фототермотерапії [11,13].

Лазери (УФ – пульсуючі з довжиною хвилі 355 нм, на барвниках з ексімерним накачуванням довжини хвилі 343 нм) використовуються як інструментальні засоби для злиття клітин і утворення гетерокаріонів, вставки протеїнів у мембрани клітин, збудження мембранних транспортних ферментів [1,12,14]. Використання аргонного лазера неперервної дії дало можливість введення бактеріальних генів у клітину.

Висока спектральна однорідність лазерного випромінювання дозволяє здійснювати сильний вплив на вузькі атомні та молекулярні утворення, проводити неруйнівну маніпуляцію біочастинками, створюючи пастки типу “оптичний пінцет”, що дозволяє досліджувати механічні властивості клітинних утворень [12,14].

Метод лазерної поляриметрії [5] об'єднує два неза-

Наукові огляди

лежних напрямки: класичну оптику світлорозсіювання та оптику спеклів. Суть методу полягає в дослідженні процесів перетворення біологічним об'єктом фотометричних і поляризаційних характеристик лазерного випромінювання в окремих елементах об'єктного поля-спеклах. Одержана інформація дозволяє робити висновок про локальні механізми світлорозсіювання і може бути розповсюджена на аналіз структури досліджуваного об'єкта [1,5,15].

Механізм біологічної дії лазерного випромінювання при відносно малих величинах потужності випромінювання визначається перетворенням енергії в таких напрямках:

- енергія може бути розсіяна в результаті флуоресценції (фосфоресценції), резонансного, комбінаційного та релєвського розсіювання;

- енергія може бути поглинена і перетворена в тепло;

- надана енергія може викликати активацію хімічних реакцій [11,16].

Значна частина енергії лазерного випромінювання перетворюється в тепло, тому на поверхні біотканини (шкіри) виникає ділянка ураження, яка носить характер опіку, і ступінь uszkodження біотканини зростає при підвищенні густини енергії (потужності) лазерного випромінювання. Механізм теплової дії лазерного випромінювання може бути представлений результатами дослідження біологічних, біохімічних, фізіологічних змін у біотканині, які розвиваються у результаті підвищення температури [1].

Лазери знайшли широке використання в медицині, особливо в урології, гінекології, абдомінальній, легеневої, гнійній хірургії, в онкології. У зв'язку з трансформацією енергії лазерного випромінювання у термічну з високою температурою, швидким і інтенсивним випаровуванням міжклітинної і внутрішньоклітинної рідини, коагуляцією та ущільненням цитоплазми у ділянці дії лазерного випромінювання відбувається формування коагуляційного термічного некрозу тканин. Лазерний коагуляційний некроз має значно меншу зону утворення і не має суттєвого впливу на процес заживлення, а сам процес заживлення біотканин відбувається з меншою лейкоцитарною інфільтрацією. Відзначено, що операційна втрата крові при некротомії, завдяки застосуванню лазерного випромінювання, знижується в декілька разів.

Великий напрямок використання лазерного випромінювання в медицині — ендоскопічна лазерна хірургія, яка базується на підведенні лазерного променя через фіброволокно ендоскопічної системи для зупинення гострих шлунково — кишкових кровотеч, руйнування доброякісних чи злоякісних пухлин внутрішніх органів і тканин. При загостренні хронічної виразкової хвороби, довго незаживаючої виразки шлунка і дванадцятипалої кишки, локалізації виразкових дефектів у ділянці фізіологічних сфінктерів показово використання гелій-неонових лазерів для

ендоскопічного лікування, що дає високу терапевтичну ефективність [17].

При гнійно-деструктивних захворюваннях легень, для посилення біостимулюючого ефекту на регенераційну здатність легеневої тканини передбачено проведення внутрішньопорожнинної лазеротерапії гелій-неоновим лазером [9,17].

Застосування низькоінтенсивного лазерного випромінювання (довжиною хвилі 630 нм) дає позитивні результати в комплексному лікуванні гнійно-септичних ускладнень у абдомінальній хірургії і свідчить про високу ефективність методу [18]. Лазеротерапія показана хворим з усіма формами перитоніту, при септичних проявах, при ускладненнях, що виникають після операції на органах черевної порожнини.

Використання низькоінтенсивних лазерів і магнітолазерної терапії значно ефективніше порівняно з традиційними методами при профілактиці нагноєння і стимуляції репаративних процесів у ранах при субдермальних опіках; поліпшенні крово — і лімфообігу в паранекротичній зоні і стимуляції утворення повноцінного грануляційного покриву при глибоких опіках [1,16].

Показанням до проведення інвазивної лазеротерапії є гострий період інфаркту міокарда; ускладнений перебіг гострого інфаркту міокарда; гостра лівошлункова недостатність; тромбоемболічні ускладнення [16,17].

При застосуванні лазерного випромінювання у фізіотерапії відбувається вплив на регуляторні функції серцево-судинної, імунної, гормональних й інших систем організму, і це проявляється в:

- стимуляції обмінних процесів у біотканині;
- зміні процесів регенерації;
- підвищенні рівня поглинання кисню;
- активації окисно-відновного потенціалу;
- зміні гемодинаміки і мікроциркуляції [1,14].

Висновки. Отже, поряд з іншими фізіотерапевтичними засобами методи лазерної терапії знайшли широке використання в медицині, а перспективні напрямки досліджень у галузі біомедичної оптики і лазерної медицини призвели до принципових, позитивних змін у діагностичних, терапевтичних і хірургічних технологіях.

Список літератури

1. Ушенко ОГ, Пішак ВП, Ангельський ОВ, Єрмолаєнко СБ. Лазери в біології та медицині. Чернівці. Медакадемія. 2000; 277.
2. Толстых ПИ. Практика эффективного использования лазерного излучения в медицине. М.: Медицина. 1995; 365.
3. Тучин ВВ. Основы взаимодействия низкоинтенсивного лазерного излучения с биотканями: дозиметрический и диагностический аспекты. Изд.РАН. Сер.Физическая. 1995; 59(6): 120-143.
4. Плетнев СД. Лазеры в клинической медицине: руководство для практических врачей. М.: Медицина. 1996; 419.
5. Ушенко ОГ, Ангельський ОВ, Пішак ВП. Лазерна поляриметрична діагностика в біології та медицині. 2000; 305.
6. Илларионов ВЕ. Техника и методики процедур лазерной терапии. М.: Медицина. 1994; 257.

7. Тучин ВВ. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. Саратов. Изд. Саратовского университета. 1998; 383.
8. Tuchin VV. Lasers and Fiber Optics in Biomedicine, Laser Physics. 1993; 3(4,5): 767-820,925-950.
9. Мюллер Г, Берлиен ХП. Прикладная лазерная медицина. Интерэксперт. М. 1997; 143.
10. Владимиров ЮА, Потапенко АЯ. Физико-химические основы фотобиологических процессов. Учебное пособие для мед. и биол. специальностей вузов. М.: Высшая школа. 1989; 199.
11. Байбеков ИМ, Назыров ФГ, Ильхамов ФА. Морфологические аспекты лазерных воздействий. Из-во мед. литературы им.Ибн Сины.Ташкент. 1996; 208.
12. Letokhov VS, Verga Scheggi AM, Martellucci S, Chester AN, Pratesi R. Some future trends of laser biomedicine//Biomedical optical instrumentation and laser-assisted biotechnology. NATO ASI Series E: Applied Sciences. 1995; 325: 3-21.
13. Palumbo G, Caruso M, Crescenzi E, Verga Scheggi AM, Martellucci S, Chester AN, Pratesi R. Laser Technology in molecular biology. NATO. ASI Series E: Applied Sciences. 1995; 325: 383-91.
14. Swanson EA, Verga Scheggi AM, Martellucci S, Chester AN, Pratesi R. Optical coherence tomography: Principles, Instrumentation and Biological applications. NATO. ASI Series E: Applied Sciences. 1995; 325: 291-305.
15. Angelsky OV, Ushenko AG, Pishak VP, Yermolenko SB. Laser diagnostics of crystal opteal properties of oile. Laser Applications in life Science. 1998; 7.
16. Козлов ВИ, Буйлин НГ, Самойлов ИИ, Марков ВА. Основы лазерной физио- и рефлексотерапии. Из-во "Здоров'я". Самара. Киев. 1993; 180.
17. Скобелкин ОК. Лазеры в хирургии. М.: Медицина. 1989; 256.
18. Ларюшин АИ, Илларионов ВЕ. Низкоинтенсивные лазеры в медико-биологической практике. Из-во АБАК. Казань. 1997; 276.
19. Ushenko OH, Pishak VP, Anhel's'kyy OV, Yermolayenko SB. Lazery v biolohiyi ta medytsyni. [Lasery in biology and medicine.] Chernivtsi. Medakademiya. 2000; 277. (in Ukrainian).
20. Tolstyykh PY. Praktyka efektyvnoho yspol'zovannya lazernoho yzluchennya v medytsyne. [Practice of effective use of laser radiation in medicine.] M.: Medytsyna. 1995; 365. (in Russian).
21. Tuchyn VV. Osnovy vzaymodeystviya nyzkointensyvnogo lazernoho yzluchennya s byotkanyamy: dozymetrycheskyy y dyahnostycheskyy aspekty. [Fundamentals of interaction of low-intensity laser radiation with biotissues: dosimetric and diagnostic aspects.] Yzd.RAN. Ser.Fyzycheskaya. 1995; 59(6): 120-43. (in Russian).
22. Pletnev CD. Lazery v klynicheskoy medytsyne: rukovodstvo dlya praktycheskykh vrachey. [Lasers in Clinical Medicine: A Guide for Practitioners.] M.: Medytsyna. 1996; 419. (in Russian).
23. Ushenko OH, Anhel's'kyy OV, Pishak VP. Lazerna polyarymetrychna diahnostyka v biolohiyi ta medytsyni. [Laser polarimetric diagnostics in biology and medicine.] 2000; 305. (in Ukrainian).
24. Yllaryonov BE. Tekhnika y metodyky protsedur lazernoy terapiy. [Techniques and procedures of laser therapy procedures.] M.: Medytsyna. 1994; 257. (in Russian).
25. Tuchyn VV. Lazery y volokonnaya optyka v byomeditsynskyykh yssledova-nyyakh. [Lasers and fiber optics in biomedical research.] Saratov. Yzd. Saratovskoho unyversyteta. 1998; 383. (in Russian).
26. Tuchin VV. Lasers and Fiber Optics in Biomedicine, Laser Physics. 1993; 3(4,5): 767-820,925-950.
27. Myuller H, Berlyen Kh P. Prykladnaya lazernaya medytsyna. [Applied laser medicine.] Ynterekspert. M. 1997; 143. (in Russian).
28. Vladymyrov YuA, Potapenko AYa. Fyzyko-khymycheskye osnovy fotobyolohycheskykh protsessov. Uchebnoe posobyе dlya med. y byol. spetsyal'nostey vuzov. [Physico-chemical bases of photobiological processes. Study guide for honey. and Biol. specialties of universities.] M.: Vysshaya shkola. 1989; 199. (in Russian).
29. Baybekov YM, Nazzyrov FH, Yl'khamov FA. Morfolohycheskye aspekty lazernykh vozdeystviy. [Morphological aspects of laser effects.] Yz-vo med.lyteratury ym.Ybn Syny.Tashkent. 1996; 208.
30. Letokhov VS, Verga Scheggi AM, Martellucci S, Chester AN, Pratesi R. Some future trends of laser biomedicine//Biomedical optical instrumentation and laser-assisted biotechnology. NATO ASI Series E: Applied Sciences. 1995; 325: 3-21.
31. Palumbo G, Caruso M, Crescenzi E, Verga Scheggi AM, Martellucci S, Chester AN, Pratesi R. Laser Technology in molecular biology. NATO. ASI Series E: Applied Sciences. 1995; 325: 383-391.
32. Swanson EA, Verga Scheggi AM, Martellucci S, Chester AN, Pratesi R. Optical coherence tomography: Principles, Instrumentation and Biological applications. NATO. ASI Series E: Applied Sciences. 1995; 325: 291-305.
33. Angelsky OV, Ushenko AG, Pishak VP, Yermolenko SB. Laser diagnostics of crystal opteal properties of oile. Laser Applications in life Science. 1998; 7.
34. Kozlov VY, Buylyn NH, Samoylov YY, Markov VA. Osnovy lazernoy fyzyo- y refleksoterapiy. [Fundamentals of laser physio-and reflexotherapy.] Yz-vo "Zdorov ya". Samara. Kyev. 1993: 180. (in Russian).
35. Skobelkyn OK. Lazery v khyrurhyy. [Lasers in surgery.] M.: Medytsyna. 1989; 256. (in Russian).
36. Laryshyn AY, Yllaryonov VE. Nyzkointensyvnnye lazery v mediko-byolohycheskoy praktyke. [Low-intensity lasers in medical and biological practice] Yz-vo ABAK. Kazan'. 1997: 276. (in Russian).

Відомості про авторів:

Остафійчук Д. І. — асистент кафедри біологічної фізики та медичної інформатики ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці, Україна.

Горкуненко А. Б. — доцент кафедри медичної фізики, діагностичного та лікувального обладнання ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет ім.І.Я.Горбачевського МОЗ України», м. Тернопіль, Україна.

Плаксива Т. О. — студентка медичного факультету № 1 ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці, Україна.

Волощук Х. В. — студентка медичного факультету № 1 ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці, Україна.

Сведения об авторах:

Остафийчук Д. И. — ассистент кафедры биологической физики и медицинской информатики ВГУЗ Украины «Буковинский государственный медицинский университет», г. Черновцы, Украина.

Наукові огляди

Горкуненко А. Б.— доцент кафедри медичинської фізики, діагностичного і лікувального обладнання ГВУЗ«Тернопольський державний медичний університет ім.І.Я.Горбачевського МОЗ України», г. Тернопіль, Україна.

Плаксивая Т. А.— студентка медичного факультета № 1 ВГУЗ України «Буковинський державний медичний університет», г. Черновці, Україна.

Волощук Х. В.— студентка медичного факультета № 1 ВГУЗ України «Буковинський державний медичний університет», г. Черновці, Україна.

Information about the authors:

Ostafychuk D. I.— assistant professor of the Department of Biological Physics and Medical Informatics of HSEI of Ukraine "Bukovinian State Medical University", Chernivtsi, Ukraine.

Gorkunenko A. B.— Associate Professor of the Department of Medical Physics, Diagnostic and Medical Equipment, HSEI of Ukraine " I. Ya. Horbachevskyi Ternopil State Medical University of the Ministry of Health of Ukraine", Ternopil, Ukraine.

Plaksiva T. O.— student of medical faculty № 1 of the Department of HSEI of Ukraine "Bukowinian State Medical University", Chernivtsi, Ukraine.

Voloshchuk H. V.— student of medical faculty № 1 of Higher State Educational Institution of Ukraine "Bukovinian State Medical University", Chernivtsi, Ukraine.

Надійшла до редакції 26.01.2018

Рецензент — проф. Мислицький В.Ф.

©Д.І. Остафійчук, А.Б. Горкуненко, Т.О. Плаксива, Х.В. Волощук, 2018
