

стояния системы с переходом всех показателей (и коагуляционных, и агрегационных) в пределы физиологической нормы.

Лазерная терапия представляется сегодня одним из наиболее действенных и безопасных способов восстановления оптимальных внутрисистемных связей РАСК.

Литература

1. Бурдули Н.М., Крифариди А.С. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на показатели гемокоагуляции у больных хроническим вирусным гепатитом // Лазерная медицина. 2009. Т. 13. №3. С. 8–14.
2. Блюм Н.Э., Антонов А.Р. Особенности цитокинового баланса при хронической обструктивной болезни легких // Русск. мед. журнал. 2006. № 22. С. 1620–1621.
3. Глобальная стратегия диагностики, лечения и профилактики хронической обструктивной болезни легких (пересмотр 2011 г.); пер. с англ. / Под. ред. А.С. Белевского. М.: Росс. респираторное общество, 2012. 80 с.
4. Гутнова С.К. Влияние различных методов низкоинтенсивной лазерной терапии на содержание нитратов и эндотелиоцитов в крови больных хроническим панкреатитом // Владикавк. медико-биол. журнал. 2010. Т. 10. № 17. С. 40–45.
5. Мартиросян Е.Ф. Диагностическое и прогностическое значение исследования полиморфизма гена интерлейкина-1 β при хронической обструктивной болезни легких: Автореф. дис. ... к. м. н. Астрахань, 2012. 25 с.
6. Оюнарова Т.Н. Особенности клинического течения острого инфаркта миокарда у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких и у длительно курящих: Автореф. дис. ... к. м. н. Томск, 2014. 34 с.
7. Пристром А.М., Тябут Т.Д. Тромбоэмболия легочной артерии: Учеб.-метод. пос. Минск: БелМАПО, 2011. 56 с.
8. Сушкевич Г.Н. Патогенез и лабораторная диагностика гемостатических нарушений при тромбофилиях различного генеза // Лаб. дело. 2009. № 10. С. 11–22.

Поступила в редакцию 11.02.2015 г.

Для контактов: Аксенова Ирина Заветровна
E-mail: crocon@mail.ru

УДК 616-092.9:612.1:62/535-4

Головнева Е.С., Кравченко Т.Г., Омеляненко А.Г., Онищенко Н.А.

Динамика содержания лейкоцитов в периферической крови в зависимости от дозы многократного инфракрасного лазерного облучения зон локализации красного костного мозга

Golovneva E.S., Kravchenko T.G., Omelyanenko A.G., Onishchenko N.A.

Dynamics of leucocyte level in the peripheral blood depending on the dosage of repeated infrared laser irradiation in zones of red marrow location

ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Челябинск
ГБУЗ ЦОСМП «Челябинский государственный институт лазерной хирургии», Челябинск

В исследовании проводили сравнение эффекта многократного инфракрасного лазерного облучения зон локализации костного мозга крыс с суммарной плотностью дозы 112 и 450 Дж/см² на содержание лейкоцитов периферической крови. Облучение с плотностью дозы 112 Дж/см² вызывало увеличение общего количества лейкоцитов в крови. Происходил сдвиг лейкоцитарной формулы влево, на 1-е сут увеличивалось абсолютное содержание палочкоядерных, а на 3-и, 7-е сут – сегментоядерных нейтрофилов и лимфоцитов. Инфракрасное лазерное облучение зон локализации костного мозга с суммарной плотностью дозы 450 Дж/см² не приводило к достоверному уменьшению общего количества лейкоцитов и сдвигам в количестве нейтрофилов и лимфоцитов. Количество эозинофилов при применяемых воздействиях снижалось вне зависимости от суммарной плотности дозы. Содержание моноцитов в крови увеличивалось при использовании дозы 450 Дж/см² и снижалось при дозе 112 Дж/см². Таким образом, многократное облучение костного мозга лазером с суммарной плотностью дозы 112 Дж/см² приводило к большим сдвигам в количественных характеристиках лейкоцитарного звена системы крови по сравнению с дозой 450 Дж/см². *Ключевые слова:* лазер, костный мозг, лейкоциты, кровь.

Effects of infrared laser light irradiation at the leucocyte level in the peripheral blood in rats have been studied in the present work. Zones of bone marrow location were repeatedly irradiated with summarized energy density 450 and 112 J/cm². Irradiation with 112 J/cm² resulted in the increase of total leucocyte level in blood. A left shift of leucocyte formula was observed: on the first day – increase of absolute count of band neutrophils, on days 3 and 7 – increase of segmented neutrophils and lymphocytes. Infrared laser irradiation with density 450 J/cm² did not cause any significant drop in the total leucocyte count or shift in the neutrophil and lymphocyte level. The eosinophil level decreased irrespective of irradiated dosage. The monocyte level increased after 450 J/cm² irradiation and decreased after 112 J/cm² irradiation. Thus, multiple laser irradiations of bone marrow with 112 J/cm² caused more pronounced changes in the leucocyte level as compared to 450 J/cm². *Key words:* laser, bone marrow, leucocytes, blood.

Влияние лазерного излучения на клетки варьируется от усиления процессов внутриклеточного синтеза, пролиферации, миграции до стимуляции апоптоза некоторых клеточных линий [1, 6, 7, 10]. Наблюдаемые эффекты имеют непосредственную связь с длиной волны лазера и плотностью дозы воздействия. Излучение инфракрасных

лазеров может проникать глубоко в ткани и при воздействии на поверхность кожи достигать уровня красного костного мозга, однако этот аспект лазерной терапии остается малоизученным [4]. Получены данные о возможности влияния лазерного излучения на мезенхимальные клетки костного мозга. В частности, показано усиление

пролиферации и миграции этих клеток, в том числе и в периферическую кровь [8], но реакция гемопоэтических клеток и изменения, происходящие вследствие этого в периферической крови, практически не исследованы. Неизвестно, какую плотность дозы лазерной энергии можно считать стимулирующей для костного мозга *in vivo*. В предыдущих исследованиях мы показали стимулирующее влияние инфракрасного лазера с длиной волны 970 нм на тучные клетки, сосудистую реакцию и коллагенолитическую активность костного мозга крыс. Отмеченные изменения стромы костного мозга непосредственно связаны с активацией созревания и миграцией клеток и могут привести к изменениям в составе периферической крови. Подтверждением этого является увеличение содержания в периферической крови CD 34⁺ клеток после лазерного воздействия на костный мозг [2, 3].

Целью нашего исследования являлось изучение динамики содержания лейкоцитов в периферической крови в зависимости от суммарной плотности дозы многократно инфракрасного лазерного облучения зон локализации красного костного мозга у крыс.

Материалы и методы

В работе были использованы 54 белых беспородных крыс-самцов массой 150–200 г, содержащихся в условиях вивария в осенне-зимний период на стандартном пищевом рационе. Распределение животных по экспериментальным группам: 1 – динамический контроль, 2 – пятикратное лазерное облучение с суммарной плотностью дозы 450 Дж/см², 3 – пятикратное лазерное облучение с суммарной плотностью дозы 112 Дж/см². В группе динамического контроля воспроизводили все манипуляции с животными за исключением облучения. Облучение проводили лазером «ИРЭ-Полус» (Россия), длина волны 970 нм. Сеансы проводили ежедневно, воздействие осуществляли в дистанционном (0,5 см от поверхности кожи) режиме на зоны локализации красного костного мозга (бедренные кости, тазовые кости, пояснично-крестцовый отдел позвоночника).

Забор крови в группах динамического контроля и лазерного воздействия осуществляли последовательно на 1-е, 3-и, 7-е сут после окончания лазерного облучения. Исследование показателей периферической крови проводили в соответствии с требованиями клинко-ге-

матологического обследования. Количество лейкоцитов определяли унифицированным методом подсчета в счетной камере Горяева. Лейкоцитарную формулу подсчитывали в мазках, окрашенных по Романовскому–Гимзе, затем, согласно лейкоцитарной формуле, осуществляли подсчет количества различных клеток лейкоцитарного ряда. Статистическая обработка результатов проведена с использованием программы Statistica 6.0, методом Манна–Уитни, результаты представлены в виде медианы (25; 75 процентиля), отличия между группами признавали значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты

В группе пятикратного облучения лазером зон локализации костного мозга с суммарной плотностью дозы 112 Дж/см² по сравнению с динамическим контролем отмечено достоверное повышение количества лейкоцитов на сроках 1-е, 3-и, 7-е сут (табл. 1). При облучении с суммарной плотностью дозы 450 Дж/см² количество лейкоцитов в крови не отличалось от контроля. Сравнение групп лазерного воздействия между собой показало более высокое содержание лейкоцитов в группе с суммарной плотностью дозы 112 Дж/см² на третьи и седьмые сутки. На первые сутки достоверных отличий не отмечали.

Изменение суммарной плотности дозы излучения достоверно повлияло на изменения лейкоцитарной формулы (табл. 2).

Таблица 1
Динамика количества лейкоцитов после лазерного воздействия с различной суммарной плотностью дозы на зоны локализации костного мозга

	Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	
Динамический контроль	1-е сут	10,15 (8,25; 11,75)
	3-и сут	10,15 (8,45; 11,35)
	7-е сут	11,35 (9,45; 12,7)
5-кратное лазерное воздействие, 450 Дж/см ²	1-е сут	12,7 (10,63; 14,48)
	3-и сут	10,6 (9,7; 10,71)*
	7-е сут	9,35 (9,15; 9,85)*
5-кратное лазерное воздействие, 112 Дж/см ²	1-е сут	13,3 (11,7; 15,55)*
	3-и сут	15,7 (14,4; 17,01)**
	7-е сут	16,01 (15,4; 17,5)**

Примечание. * $p \leq 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия с группой динамического контроля; * $p \leq 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия с плотностью дозы 450 и 112 Дж/см².

Таблица 2
Динамика лейкоцитарной формулы после лазерного воздействия с различной суммарной плотностью дозы на зоны локализации костного мозга

		Лейкоцитарная формула						
		Юные	Палочкояд.	Сегментояд.	Эозинофилы	Базофилы	Лимфоциты	Моноциты
Динамический контроль	1-е сут	0 (0; 0)	1 (1; 3)	22 (19; 23)	3 (2; 3)	0 (0; 1)	70 (68; 71)	6 (5; 7)
	3-и сут	0 (0; 0)	3 (1; 3)	18 (18; 29)	3 (2; 3)	0 (0; 0)	67 (61; 70)	5 (3; 7)
	7-е сут	0 (0; 0)	3 (2; 3)	18 (16; 29)	2 (2; 3)	0 (0; 0)	69 (61; 69)	5 (3; 10)
5-кратное лазерное воздействие, 450 Дж/см ²	1-е сут	0 (0; 0)*	2 (1; 3,5)	25,5 (15; 31,5)*	2 (0,5; 2)	0 (0; 0)*	63,5 (58; 73)	7,0 (3; 12)*
	3-и сут	0 (0; 0)	1 (0; 2)	19,0 (9; 23)*	0 (0; 1)*	0 (0; 0)	63 (63; 77)*	14 (12; 16)**
	7-е сут	0 (0; 0)*	1,5 (1; 2)*	16,5 (13; 22)*	1 (0; 2)*	0 (0; 0)	67 (64; 73)	11,5 (3; 16)*
5-кратное лазерное воздействие, 112 Дж/см ²	1-е сут	0 (0; 1)**	3 (3; 3)	38 (30; 45)*	1 (1; 1)*	0 (0; 0)	53,5 (44; 60)*	1 (1; 1)**
	3-и сут	0 (0; 0,5)	2,5 (1,5; 3)	33 (31; 38,5)*	1 (0,5; 1)*	0 (0; 0)	61 (55; 62)*	3,5 (2; 5)*
	7-е сут	0 (0; 0,5)**	5 (3; 5)**	35 (31,5; 38,5)**	1,5 (1; 5)*	0 (0; 0)	53 (52,5; 54,5)*	4 (2,5; 5,5)*

Примечание. * $p \leq 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия с группой динамического контроля; * $p \leq 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия с плотностью дозы 450 и 112 Дж/см².

Облучение с плотностью дозы 450 Дж/см² приводило к достоверному снижению процентного содержания базофилов на первые сутки, эозинофилов – на 3-и сут эксперимента.

При облучении с плотностью дозы 112 Дж/см² в первые сутки отмечено уменьшение процентного содержания эозинофилов, моноцитов, лимфоцитов. На 3-и сут по сравнению с контролем было меньшим только содержание эозинофилов, а на 7-е сут происходил сдвиг лейкоцитарной формулы влево за счет юных форм нейтрофилов и палочек, а также увеличения содержания сегментоядерных нейтрофилов и уменьшения содержания лимфоцитов.

При сравнительном анализе групп с разной суммарной плотностью дозы лазерного излучения оказалось, что у животных в группе с плотностью дозы 112 Дж/см² на все сроки эксперимента процентное содержание сегментоядерных нейтрофилов было примерно в 1,5 раза выше, на 3-и и 7-е сут эта группа отличалась меньшим процентным содержанием лимфоцитов и моноцитов, на 7-е сут эксперимента было достоверно увеличено процентное содержание палочкоядерных нейтрофилов.

Изменения лейкоцитарной формулы корректно оценивать при неизменном общем количестве клеток, однако в нашем эксперименте в группе лазерного воздействия 112 Дж/см² содержание лейкоцитов достоверно менялось, поэтому важно было оценить динамику абсолютного количества клеток лейкоцитарного звена. Эти показатели также зависели от дозы излучения, полученной тканями (табл. 3). Так, при облучении костного мозга с плотностью дозы 450 Дж/см² в крови уменьшалось количество эозинофилов и повышалось количество моноцитов на 3-и сут наблюдения. На 7-е сут отмечено лишь достоверное снижение количества эозинофилов.

При облучении с плотностью дозы 112 Дж/см² отмечали выраженное стимулирующее влияние лазерного излучения на популяцию нейтрофилов: уже в первые сутки после лазерного воздействия достоверно возрастало содержание палочкоядерных форм, на 3-и сут

увеличивалось количество сегментоядерных нейтрофилов, на 7-е сут содержание сегментоядерных форм оставалось достоверно повышенным. Стимулирующий эффект лазерного воздействия наблюдали также относительно лимфоцитов, который проявлялся на 3-и сут эксперимента. Количество эозинофилов периферической крови, наоборот, снижалось на 1-е и 3-и сут наблюдения. Содержание моноцитов уменьшалось лишь на 1-е сут.

При парном сравнении лазерных воздействий большей и меньшей плотности дозы отмечали увеличение количества моноцитов на 1-е и 3-и сут при применении дозы 450 Дж/см². При использовании дозы 112 Дж/см² происходило увеличение количества палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов на 3-и сут, количества палочкоядерных, сегментоядерных нейтрофилов и лимфоцитов на 7-е сут наблюдения.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что лейкоцитарное звено периферической крови по-разному реагирует на облучение красного костного мозга с суммарной плотностью дозы 450 и 112 Дж/см². При облучении 112 Дж/см² происходит не только увеличение общего количества лейкоцитов, зрелых форм нейтрофилов, но и появление большего количества (и процентного содержания) палочек. Наблюдаемый при использовании этой дозы лазерного излучения сдвиг лейкоцитарной формулы влево может являться отражением перестройки микроокружения стволовых и созревающих клеток костного мозга, в результате чего происходит стимуляция мобилизации молодых клеток в периферическую кровь. Известно, что активация тучных клеток, в том числе костного мозга, происходящая под действием лазерного излучения, приводит к попаданию продуктов, содержащихся в их гранулах, в окружающие ткани [3, 6]. Факторы роста, протеолитические ферменты, цитокины мастоцитов обладают прямым влиянием на проницаемость сосудистой стенки, состояние эндотелия, адгезивные взаимодействия клеток с внеклеточным матриксом, что повышает возможности миграции клеток костного мозга [2, 3]. Эти процессы закономерно проявляются

Таблица 3

Динамика количества различных клеток лейкоцитарного ряда после лазерного воздействия с различной суммарной плотностью дозы на зоны локализации костного мозга

		Лейкоциты, ×10 ⁹ /л						
		Юные	Палочкояд.	Сегментояд.	Эозинофилы	Базофилы	Лимфоциты	Моноциты
Динамический контроль	1-е сут	0 (0; 0)	0,12 (0,1; 0,24)	2,33 (1,57; 2,77)	0,25 (0,24; 0,3)	0 (0; 0,08)	6,8 (6,07; 8,34)	0,61 (0,57; 0,63)
	3-и сут	0 (0; 0)	0,34 (0,09; 0,36)	2,27 (2,29; 3,26)	0,29 (0,29; 0,33)	0 (0; 0)	6,67 (5,71; 6,98)	0,57 (0,38; 0,57)
	7-е сут	0 (0; 0)	0,34 (0,19; 0,38)	2,28 (1,51; 3,66)	0,25 (0,19; 0,38)	0 (0; 0)	6,52 (6,41; 7,75)	0,64 (0,38; 0,95)
5-кратное лазерное воздействие, 450 Дж/см ²	1-е сут	0 (0; 0)	0,26 (0,11; 0,52)	2,94 (1,89; 4,54)	0,21 (0,07; 0,31)	0 (0; 0)	7,72 (6,58; 9,78)	0,95 (0,43; 1,32)*
	3-и сут	0 (0; 0)	0,11 (0; 0,19)	1,84 (0,95; 2,46)*	0 (0; 0,11)#	0 (0; 0)	6,74 (6,11; 8,16)	1,49 (1,27; 1,55)**
	7-е сут	0 (0; 0)	0,15 (0,09; 0,19)*	1,51 (1,39; 2,17)*	0,1 (0; 0,18)#	0 (0; 0)	6,67 (6,03; 7,18)*	1,04 (0,27; 1,52)
5-кратное лазерное воздействие, 112 Дж/см ²	1-е сут	0 (0; 0,12)	0,39 (0,35; 0,47)#	4,96 (4,67; 5,41)	0,13 (0,11; 0,14)#	0 (0; 0)	7,05 (5,12; 8,09)	0,13 (0,12; 0,13)**
	3-и сут	0 (0; 0,01)	0,35 (0,24; 0,45)	5,66 (4,59; 6,06)**	0,13 (0,06; 0,16)#	0 (0; 0)	8,76 (7,35; 10,65)#	0,61 (0,28; 0,89)*
	7-е сут	0 (0; 0,09)	0,79 (0,52; 0,84)*	5,61 (4,96; 5,84)**	0,25 (0,15; 0,79)	0 (0; 0)	8,56 (7,61; 9,00)*	0,58 (0,36; 0,91)

Примечание. # – $p \leq 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия с группой динамического контроля; * – $p \leq 0,05$ при сравнении групп лазерного воздействия с плотностью дозы 450 и 112 Дж/см².

в появлении палочкоядерных нейтрофилов на первые сутки, а уже позже, на 3-и, 7-е сут, увеличивается количество сегментоядерных нейтрофилов. Количество клеток лимфоцитарного ряда достоверно меняется с 3-х сут и также может являться отражением выхода клеток различной степени зрелости в периферическую кровь. Нельзя также исключить ускорения созревания клеток в костном мозге при многократном лазерном воздействии, но, с другой стороны, изменение клеточности различных костномозговых лейкоцитарных ростков может происходить в ответ на усиление миграции клеток в периферическую кровь. Таким образом, четко разграничить процессы миграции и созревания клеток костного мозга достаточно сложно.

Общим для малой и большой доз лазерного воздействия является снижение содержания эозинофилов в крови, причем как выраженного в процентах, так и абсолютного количества. Работы О.Г. Бондаренко с соавт. (2004) по лазерному облучению эозинофилов *in vitro* показали дозозависимую дегрануляцию этих клеток, сопровождавшуюся изменениями ядра, с превращением его в «раздутое», бобовидной формы, не характерное для эозинофила [1]. С этим могут быть связаны технические трудности идентификации и подсчета эозинофилов в мазке крови после лазерного воздействия, так как клетки теряют свои характерные морфологические черты. Для ответа на вопрос, является ли уменьшение содержания эозинофилов истинным, либо это дефект метода, в дальнейшем планируется провести типирование клеток по поверхностным маркерам.

Популяция моноцитов разнонаправленно реагировала на облучение костного мозга разными дозами энергии. При большей тотальной дозе количество клеток в крови выросло на всех сроках исследования, однако достоверные показатели отмечены только на 3-и сут. При меньшей дозе происходило снижение количества моноцитов на первые сутки наблюдения, а затем разницы не было обнаружено. Изменения в количестве этих клеток могли быть связаны с местными эффектами лазерного воздействия. Известно, что при высокоинтенсивном лазерном воздействии на ткани в ответ на термическое повреждение развивается воспалительный процесс с редуцированной нейтрофильной реакцией, но с выраженной макрофагальной и пролиферативной фазами. Значимых изменений температуры кожного покрова при плотности дозы 112 Дж/см² не наблюдается, а локальный нагрев тканей при суммарной дозе 450 Дж/см² может быть связан с активацией определенных элементов воспалительного процесса. В частности, наблюдается реакция по типу аксон-рефлекса, местная кратковременная гиперемия. Хотя не происходит полноценного развития воспаления, получены данные, что даже после низкоинтенсивных лазерных воздействий на кожу возникает дегрануляция тучных клеток, активация фибробластов, коллагеногенеза и неоангиогенеза [5, 8]. Все эти реакции должны сопровождаться изменением цитокиновой регуляции и отражаться на адгезивных возможностях моноцитов и их способности к миграции. Экспериментально *in vitro* и *in vivo* был продемонстрирован дозозависимый эффект воздействия гелий-неонового лазерного облучения на продукцию клетками иммунной системы цитокинов

и белков теплового шока с включением стрессового механизма ответа тканей и дисбалансом продукции интерлейкинов и фактора некроза опухоли [5, 10]. При суммарной поверхностной плотности дозы 450 Дж/см² на глубине костного мозга (у крысы – 4–5 мм) плотность дозы не превышала рекомендуемые для терапевтического стимулирующего воздействия 2 Дж/см² за один сеанс, а при воздействии 112 Дж/см² была в четыре раза меньше – 0,5 Дж/см² [4]. Видимо, для костного мозга стимулирующие дозы лазерной энергии должны быть меньше, чем стандартные.

При обсуждении полученных в эксперименте данных нельзя исключить и возможность непосредственного воздействия лазерной энергии на клетки крови, циркулирующие в зонах локализации костного мозга, и реакцию сосудистых стенок, что могло сказаться на попадании пристеночного пула клеток в активную циркуляцию с изменением количественных характеристик лейкоцитов.

Полученные в эксперименте данные свидетельствуют о наличии дозозависимого эффекта в ответной реакции лейкоцитарного звена периферической крови на многократное лазерное облучение зон локализации красного костного мозга. В дальнейшем необходимо изучение особенностей гемопоэза и межклеточных взаимодействий в костном мозге у облученных лазером животных.

Литература

1. Бондаренко О.Г., Попов Г.К. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на эозинофилы, выделенные из периферической крови // Бюлл. exper. биол. и мед. 2004. Т. 138. № 11. С. 577–580.
2. Головнева Е.С., Гужина А.О., Игнатьева Е.Н. и др. Способ стимуляции выхода стволовых клеток из костного мозга в периферическое кровяное русло // Патент на изобретение RU 2305573 28.12.2004.
3. Кравченко Т.Г., Головнева Е.С. Краткосрочные эффекты действия лазерного излучения неповреждающей мощности на тучноклеточную популяцию и сосуды костного мозга (экспериментальное исследование) // Вест. Уральск. мед. академ. науки. 2007. № 4. С. 54–57.
4. Кравченко Т.Г., Зарезина А.В., Головнева Е.С. Оценка глубины проникновения лазерного излучения при терапевтическом воздействии методом компьютерного моделирования // Вестн. новых мед. технол. 2007. № 2. С. 202–204.
5. Ayuk S.M., Houreld N.N., Abrahamse H. Collagen production in diabetic wounded fibroblasts in response to low-intensity laser irradiation at 660 nm // Diabetes Technol. Ther. 2012. Vol. 14 (12). P. 1110–1117.
6. Golovneva E.S. Expression of basic fibroblast growth factor in the course of neoangiogenesis stimulated by high-intensity laser irradiation // Bull. of Exper. Biol. and Med. 2002. T. 134. № 1. С. 95–97.
7. Kujawa J., Zavodnik I., Lapshina A. Cell survival, DNA, and protein damage in B14 cells under low-intensity near-infrared (810 nm) laser irradiation // Photomed. Laser Surg. 2004. Vol. 22 (6). P. 504–508.
8. Leonida A., Paiusco A., Rossi G. et al. Effects of low-level laser irradiation on proliferation and osteoblastic differentiation of human mesenchymal stem cells seeded on a three-dimensional biomatrix: *in vitro* pilot study // Lasers Med. Sci. 2013. Vol. 28 (1). P. 125–132.
9. Novoselova E.G., Cherenkov D.A., Glushkova O.V. et al. Effect of low-intensity laser radiation (632.8 nm) on immune cells isolated from mice // Biofizika. 2006. Vol. 51 (3). P. 509–518.
10. Sun X., Wu S., Xing D. The reactive oxygen species-Src-Stat3 pathway provokes negative feedback inhibition of apoptosis induced by high-fluence low-power laser irradiation // FEBS J. 2010. Vol. 277 (22). P. 4789–4802.

Поступила в редакцию 03.03.2015 г.

Для контактов: Головнева Елена Станиславовна
E-mail: micron30@mail.ru