

патологии глаз у детей, что уменьшит число детей, необоснованно подвергающихся повторным инструментальным хирургическим операциям со вскрытием глазного яблока.

Литература

1. Арестова Н.Н. Разработка системы ИАГ-лазерной оптико-реконструктивной хирургии переднего отдела глаза у детей: Дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2009. – 565 с.
2. Арестова Н.Н., Катаргина Л.А. Лазерная хирургия кист переднего отдела глаза у детей // Российский офтальмологический журнал. – 2011. – Т. 4. – № 3. – С. 25–30.
3. Арестова Н.Н., Катаргина Л.А., Калинин Р.В. Лазерное лечение флоккул радужки у детей // Российская педиатрическая офтальмология. – 2015. – № 3. – С. 41–43.
4. Нероев В.В., Арестова Н.Н. Лазерные реконструктивные операции при заболеваниях глаз у детей. – М.: Изд. РАН. 2018. – 304 с.
5. Степанов А.В. Лазерная реконструктивная офтальмохирургия: Дис. ... д-ра мед. наук. – М., 1991. – 398 с.
6. Aron-Rosa D., Grieseman J.C. Use a pulsed lasers in ophthalmology. *Laser Medical*. 1980 (OPTO 80): 14–15.
7. Buckley E.G., Klombers L.A., Seaber J.H. et al. Management of the posterior capsule during pediatric intraocular lens implantation. *Am. J. Ophthalmol*. 1993; 115: 722–728.
8. Fankhauser F., Roussel P., Steffen H. et al. Clinical studies on efficiency of high power laser radiation upon some structures of the anterior segment of the eye. First experiences of the treatment of some pathological conditions of the anterior segment of the human eye by means of a Q-switched laser system. *Int. Ophthalmol*. 1981; 3 (3): 129–139.
9. Fankhauser F., Kwasniewska S. (eds). *Laser in ophthalmology. Basic, diagnostic and surgical aspects*. Hague, Netherlands, 2003: 452.
10. Fujimoto J.G., Lin W.Z., Ippen E.P. Time-resolved studies of Nd:YAG laser – induced breakdown, plasma formation, acoustic wave generation and cavitation. *Inv. Ophthalmol*. 1985; 26 (12): 1771–1777.
11. Malukiewicz-Wisniewska G., Kaluzny J., Lesiewska-Junk H. et al. Intraocular lens implantation in children and youth. *J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus*. 1999; 36 (3): 129–133.
12. Steinert R.F., Puliafito C.A. The Nd-YAG laser in ophthalmology: Principles and Clinical Applications of Photodistribution. Philadelphia, PA: Saunders, U.K., 1986: 200.
13. Trokel S.L. Optical breakdown and YAG laser physics. *YAG Laser Ophthalmic Microsurgery*. Ed. S.L. Trokel. Norwalk: Appleton-Century-Crofts, 1983: 7–14.

References

1. Arestova N.N. Development of YAG laser optical reconstructive surgery of the anterior eye in children: Dissertation of Dr. Sc. (med). Moscow, 2009: 565. [In Russ.].
2. Arestova N.N., Katargina L.A. Laser surgery of cysts of the anterior eye in children. *Rossiyskiy oftal'mologicheskiy zhurnal*. 2011; 4 (3): 25–30. [In Russ.].
3. Arestova N.N., Katargina L.A., Kalinichenko R.V. Laser treatment of iris flocculus in children. *Rossiyskaya pediatricheskaya oftal'mologiya*. 2015; 3: 41–43. [In Russ.].
4. Neroev V.V., Arestova N.N. Laser reconstructive surgery for eye diseases in children. M.: Publish. RAN, 2018: 304. [In Russ.].
5. Stepanov A.V. Laser reconstructive ophthalmology: Dissertation of Dr. Sc. (med). M., 1991: 398. [In Russ.].
6. Aron-Rosa D., Grieseman J.C. Use a pulsed lasers in ophthalmology. *Laser Medical*. 1980 (OPTO 80): 14–15.
7. Buckley E.G., Klombers L.A., Seaber J.H. et al. Management of the posterior capsule during pediatric intraocular lens implantation. *Am. J. Ophthalmol*. 1993; 115: 722–728.
8. Fankhauser F., Roussel P., Steffen H. et al. Clinical studies on efficiency of high power laser radiation upon some structures of the anterior segment of the eye. First experiences of the treatment of some pathological conditions of the anterior segment of the human eye by means of a Q-switched laser system. *Int. Ophthalmol*. 1981; 3 (3): 129–139.
9. Fankhauser F., Kwasniewska S. (eds). *Laser in ophthalmology. Basic, diagnostic and surgical aspects*. Hague, Netherlands, 2003: 452.
10. Fujimoto J.G., Lin W.Z., Ippen E.P. Time-resolved studies of Nd:YAG laser – induced breakdown, plasma formation, acoustic wave generation and cavitation. *Inv. Ophthalmol*. 1985; 26 (12): 1771–1777.
11. Malukiewicz-Wisniewska G., Kaluzny J., Lesiewska-Junk H. et al. Intraocular lens implantation in children and youth. *J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus*. 1999; 36 (3): 129–133.
12. Steinert R.F., Puliafito C.A. The Nd-YAG laser in ophthalmology: Principles and Clinical Applications of Photodistribution. Philadelphia, PA: Saunders, U.K., 1986: 200.
13. Trokel S.L. Optical breakdown and YAG laser physics. *YAG Laser Ophthalmic Microsurgery*. Ed. S.L. Trokel. Norwalk: Appleton-Century-Crofts, 1983: 7–14.

УДК 615.849.19:616.34-007.43-021.3:616.5-003.93:616-007.17

ОСОБЕННОСТИ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ НЕКОТОРЫХ КЛЕТОЧНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ И КОЛЛАГЕНООБРАЗОВАНИЯ У КРЫС С МОДЕЛЬЮ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ ВЕНТРАЛЬНОЙ ГРЫЖИ ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КРАСНЫЙ КОСТНЫЙ МОЗГ

Е.С. Головнева^{1,2}, Е.С. Николенко¹, Ж.А. Ревель-Муроз²

¹ ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Челябинск, Россия

² ГБУЗ «Многопрофильный центр лазерной медицины», Челябинск, Россия

Резюме

Профилактика возникновения послеоперационных грыж передней брюшной стенки является актуальной проблемой абдоминальной хирургии. Нарушение количественного соотношения коллагенов I/III типов негативно воздействует на характеристики формирующейся соединительной ткани, что ведет к образованию и рецидиву грыж. Целью исследования являлось изучение влияния лазерного облучения зон локализации костного мозга на количество и соотношение коллагена I и III типов, количество фибробластов, площадь сосудистого русла и морфофункциональную активность тучных клеток в формирующемся соединительно-тканном рубце. *Материал и методы.* Эксперимент проведен на 20 лабораторных крысах с моделью послеоперационной вентральной грыжи, разделенных на две группы: 1 – контрольную и 2 – опытную, животным которой осуществлялось лазерное воздействие на зоны локализации костного мозга (980 нм, мощность 1,0 Вт, непрерывный режим, 300 с, пятикратно). Через 30 суток после

моделирования грыжи образцы тканей фиксировали в формалине, готовили гистологические срезы, морфометрическим методом определяли площадь сосудистого русла, содержание фибробластов, тучных клеток, их морфофункциональную активность. Иммуногистохимическим методом определяли содержание коллагенов I и III типа. *Результаты.* Лазерное воздействие на костный мозг достоверно повышало содержание коллагена I типа и соотношение коллагена I и III типов, количество фибробластов, площадь сосудистого русла, морфофункциональную активность тучных клеток в тканях передней брюшной стенки у крыс с моделью послеоперационной вентральной грыжи, что может являться основой для разработки способа профилактики грыжеобразования.

Ключевые слова: лазерное излучение, вентральная грыжа, коллаген, фибробласты, тучные клетки, сосуды.

Для цитирования: Головнева Е.С., Николенько Е.С., Ревель-Муроз Ж.А. Особенности ответных реакций некоторых клеточных популяций соединительной ткани и коллагенообразования у крыс с моделью послеоперационной вентральной грыжи после лазерного воздействия на красный костный мозг // Лазерная медицина. – 2019. – Т. 23. – Вып. 3. – С. 45–49.

Контакты: Головнева Е.С., e-mail: micron30@mail.ru

FEATURES OF RESPONSE REACTIONS OF SOME CELL POPULATIONS OF CONNECTIVE TISSUE AND COLLAGEN FORMATION IN A RAT MODEL WITH POSTOPERATIVE VENTRAL HERNIA AFTER LASER IRRADIATION ON RED BONE MARROW

Golovneva E.S.^{1,2}, Nikolenko E.S.¹, Revel-Muroz J.A.²

¹ South Ural State Medical University of the Ministry of Health, Chelyabinsk, Russia

² Multidisciplinary Center of Laser Medicine, Chelyabinsk, Russia

Abstract

Prevention of postoperative hernias of the anterior abdominal wall is an actual problem of abdominal surgery. Impairments in the quantitative ratio of collagens of types I/III negatively affect characteristics of the forming connective tissue what leads to the formation of hernia recurrences. *Purpose.* To study effects of laser light irradiation of bone marrow location zones at the number and ratio of collagen types I and III, at the number of fibroblasts, at the area of vascular bed and morphofunctional activity of mast cells in the forming connective tissue scar. *Material and methods.* 20 laboratory rats with postoperative ventral hernia were taken into the experiment. They were divided into two groups: control and experimental. Zones of bone marrow in experimental animals were irradiated with laser light (980 nm, power 1.0 W, continuous mode, 300 s, five sessions). In 30 days after hernia modeling, tissue samples were fixed in formalin; histological sections were prepared; area of vascular flow, level of fibroblasts, mast cells, and their morphofunctional activity were studied with the morphometric method. The level of collagens of type I and III was studied with the immunohistochemical method. *Results.* Laser exposure to bone marrow significantly increased type I collagen level and ratio of type I and III collagen; it also increases the number of fibroblasts, area of vascular bed, morphofunctional activity of mast cells in tissues of the anterior abdominal wall in rats with a model of postoperative ventral hernia. These promising findings may promote further researches on developing a technique for preventing hernia formation.

Keywords: laser irradiation, hernia, collagen, fibroblasts, mast cells, blood vessels.

For citation: Golovneva E.S., Nikolenko E.S., Revel-Muroz J.A. Features of response reactions of some cell populations of connective tissue and collagen formation in a rat model with postoperative ventral hernia after laser irradiation on red bone marrow. *Lasernaya medicina.* 2019; 23 (3): 45–49. [In Russ.].

Contacts: Golovneva E.S., e-mail: micron30@mail.ru

Введение

Грыжа передней брюшной стенки – полиэтиологическое заболевание, влекущее за собой множественные расстройства в деятельности внутренних органов. Количество выявляемых вентральных послеоперационных грыж продолжает расти, что является следствием увеличения в популяции больных с признаками дисплазии соединительной ткани [5]. Профилактика возникновения послеоперационных грыж передней брюшной стенки является актуальной проблемой абдоминальной хирургии [2].

К образованию и рецидиву грыж ведет нарушение количественного соотношения коллагенов I/III типов, что негативно воздействует на характеристики формирующейся соединительной ткани [2, 4]. На продукцию коллагена фибробластами могут оказать влияние дефицит местного кровотока и паракринные эффекты ряда клеточных популяций, в том числе соединительно-тканых тучных клеток и стволовых клеток [2, 3, 7].

Известно, что непосредственное лазерное воздействие на ткани активирует тучные клетки, что приводит к повышению уровня медиаторов, факторов роста, протеаз. Это сопровождается изменениями пролиферативной и синтетической активности других клеточных ансамблей, в том числе фибробластов, усилением

региональной микроциркуляции [6]. Также показано, что лазерное воздействие на красный костный мозг животных с ишемическим повреждением миокарда может вызывать опосредованную активацию тучных клеток, локализованных в сердце, перестройку соединительной ткани в зоне инфаркта и уменьшение ее относительной площади [3]. В связи с этими данными после лазерного воздействия на костный мозг логично ожидать повышения морфофункциональной активности тучных клеток и ответных клеточных реакций в соединительной ткани формирующегося грыжевого мешка.

Изучение взаимосвязей между содержанием I и III типов коллагена в грыжевой соединительной ткани, содержанием фибробластов, площадью сосудистого русла, количественным и качественным составом тучных клеток после лазерного облучения красного костного мозга позволит оценить вклад клеток соединительной ткани в регуляцию процессов коллагенообразования и возможности воздействия на этот процесс лазером.

Целью исследования являлось изучение влияния инфракрасного лазерного облучения зон локализации костного мозга на количество и соотношение коллагена I и III типов, количество фибробластов, площадь сосудистого русла и морфофункциональную активность тучных клеток в формирующемся соединительно-тканном рубце.

Материал и методы

Эксперимент проведен на 20 беспородных лабораторных крысах в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1964 г. (с изменениями и дополнениями на 2008 г.) и приказа № 755 МЗ СССР «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием лабораторных животных» от 12.08.1977.

Моделирование послеоперационной вентральной грыжи белой линии живота проводили под общим обезболиванием препаратом «Золетил». Продольно на протяжении 4 см от мечевидного отростка рассекали кожу, подкожную клетчатку, апоневроз белой линии живота, мышцы передней брюшной стенки. Кожу и подкожно-жировую клетчатку над дефектом ушивали непрерывным швом. Грыжевое выпячивание в области операционного вмешательства формировалось в течение 30 суток после операции.

Животные были разделены на 2 группы, по 10 особей в каждой: 1 – контрольные животные с моделью грыжи белой линии живота; 2 – крысы с моделью грыжи белой линии живота, на которых проводили лазерное воздействие.

Лазерное воздействие осуществляли аппаратом «ИРЭ-Полус» (Россия), длиной волны 980 нм, мощностью 1,0 Вт, в непрерывном режиме, 300 с, начиная с первого дня после операции по моделированию грыжи белой линии живота. Облучение проводили ежедневно в течение пяти дней на зоны локализации красного костного мозга: подвздошные кости, основание хвоста, бедренные кости, по 60 с на каждую зону.

Через 30 суток после операции моделирования грыжи выполняли забор кожи и мышц передней брюшной стенки. Для оценки морфологии препараты кожи и мышц передней брюшной стенки фиксировали 10% нейтральным формалином. После стандартной гистологической проводки, приготовления парафиновых блоков срезы окрашивали гематоксилин-эозином для морфометрии количества фибробластов и относительной площади сосудистого русла и толудиновым синим (pH 2,0) для выявления тучных клеток. Подсчитывали содержание целых тучных клеток, клеток в состоянии дегрануляции различной степени и индекс дегрануляции, представляющий соотношение дегранулированных и целых клеток. Степени дегрануляции определяли подсчетом количества гранул за пределами клетки (I степень – 1–2 гранулы, II степень – 3–10 гранул, III степень – свыше 10 гранул).

Коллаген I и III типа выявляли иммуногистохимическим методом с использованием кроличьих поликлональных антител (Biorbyt, США) и поливалентной системы DakoCytomation (Dako, США) с пероксидазной меткой. Содержание коллагенов подсчитывалось как коэффициент соотношения окрашенных и неокрашенных структур в тканях по 20 полям зрения на каждый гистологический срез.

При морфометрическом исследовании величины площади сосудистого русла использовали аналог окулярной стереометрической сетки Г.Г. Автандилова, содержащий 100 тест-точек [1]. Морфометрию микропрепаратов осуществляли на микроскопе LEICA DMRXA (Германия)

с цифровой видеокамерой LEICA DFC 290 (Германия). Для анализа изображений применялась программа ImageScope M (Германия).

Статистическая обработка цифровых данных осуществлялась при помощи лицензированных компьютерных программ Microsoft Excel, Statistica 10.0 для операционной системы Windows методом вариационного анализа с определением медианы и интерквартильного размаха, критерия Манна–Уитни. Для выяснения корреляционных взаимосвязей ряда показателей применялся линейный коэффициент корреляции (r). Статистическое измерение связи (силы и направления) проводилось путем вычисления коэффициента корреляции рангов Спирмена (ρ). Коэффициент равен +1,0 при прямой связи, –1,0 – при обратной связи, 0 – при отсутствии связи. Сила корреляционной связи оценивалась качественно: $\rho = 0,0 \dots -0,25$ и $\rho = 0,0 \dots 0,25$ – отсутствие связи или слабая связь; $\rho = 0,26 \dots 0,5$ ($-0,26 \dots -0,5$) – умеренная связь; $\rho = 0,51 \dots 0,75$ ($-0,51 \dots -0,75$) – средняя связь; $\rho = 0,76$ и более ($-0,76 \dots$) – сильная связь. При вероятности ошибки $p < 0,05$ различия в группах считались статистически значимыми.

Результаты и обсуждение

На 30-е сутки после моделирования грыжи живота у крыс отмечалось грыжевое выпячивание в области кожного шва, макроскопически объем грыжевого выпячивания в группе контроля составил 7,0 (3,0; 9,0) у. е., в опытной группе с лазерным воздействием объем грыжи был достоверно меньше – 4,0 (2,0; 6,0) у. е.

Содержание коллагена I типа в препаратах кожи и мышц было достоверно выше, а содержание коллагена III типа – достоверно меньше в группе лазерного воздействия на костный мозг (табл. 1, 2).

Показатель соотношения коллагена I и III типа, характеризующий полноценность соединительной ткани, был достоверно выше в группе лазерного воздействия, чем в контроле. В группе лазерного воздействия отмечалось достоверное увеличение количества фибробластов в соединительной ткани, сформированной в области грыжевого дефекта как в коже, так и в мышцах.

Относительная площадь сосудистого русла в группе лазерного воздействия достоверно превышала показатели контроля, причем максимально это проявлялось в мышечной ткани.

После лазерного воздействия на зоны локализации костного мозга в тканях экспериментальной вентральной грыжи отмечалось достоверное увеличение общего количества тучных клеток, снижение содержания целых клеток и содержания клеток I степени дегрануляции (самой слабой), повышение содержания клеток с III (максимальной) степенью дегрануляции. Достоверно увеличивался индекс дегрануляции тучных клеток. Описанные изменения наблюдались как в коже, так и в мышечном слое грыжи. Все эти данные свидетельствовали о повышении функциональной активности тучных клеток в соединительной ткани формирующегося грыжевого дефекта.

Корреляционный анализ полученных данных показал наличие прямой сильной корреляционной связи между

Таблица 1

Морфометрические показатели в области соединительно-тканного рубца в коже передней брюшной стенки

Table 1

Morphometric indicators in the area of connective tissue scar in skin of the anterior abdominal wall

Показатели Indicators		Группы животных Group of animals	
		Контроль Controls	Лазерное воздействие (980 нм, 1,0 Вт, 300 с, пятикратно) Laser irradiation (980 nm, 1,0 W, 300 s, 5 times)
Количество фибробластов Number of fibroblasts		30,0 (20,0; 60,0)*	60,0 (45,0; 80,0)*
Коллаген Collagen	Коллаген I типа (у. е.) Type I collagen (с. у.)	33,44 (32,33; 34,77)*	49,12 (48,42; 49,33)*
	Коллаген III типа (у. е.) Type III collagen (с. у.)	52,21 (51,66; 52,53)*	45,33 (43,33; 45,54)*
	Соотношение коллагена I и III типов Ratio of collagen types I/III	0,63 (0,62; 0,65)*	1,08 (1,06; 1,14)*
Тучные клетки Mast cells	Целые клетки/мм ² Whole cells/mm ²	10,0 (5,0; 20,0)	5,0 (5,0; 20,0)
	I степень дегрануляции/мм ² Degree I of degranulation/mm ²	7,5 (5,0; 10,0)	5,0 (5,0; 10,0)
	II степень дегрануляции/мм ² Degree II of degranulation/mm ²	5,0 (5,0; 10,0)	10,0 (5,0; 10,0)
	III степень дегрануляции/мм ² Degree III of degranulation/mm ²	10,0 (5,0; 10,0)*	15,0 (15,0; 25,0)*
	Общее количество клеток/мм ² Total cells/mm ²	15,0 (5,0; 30,0)*	30,0 (20,0; 40,0)*
	Индекс дегрануляции Degranulation index	0,5 (0,2; 0,8)*	1,0 (0,75; 1,0)*
	Относительная площадь сосудистого русла (у. е.) Relative vascular bed area (с. у.)	12,0 (4,0; 19,0)*	16,0 (6,0; 34,0)*

Примечание. * – $p < 0,05$ при сравнении группы лазерного воздействия с группой контроля.**Note.** * – $p < 0.05$ when comparing the laser-irradiation group to the control group.

количеством тучных клеток III степени дегрануляции и количеством коллагена I типа, $R = 0,95$ ($p = 0,014$) в коже передней брюшной стенки контрольной группы, прямой сильной корреляционной связи между количеством тучных клеток III степени дегрануляции и количеством коллагена I типа, $R = 0,9$ ($p = 0,037$) в мышечной ткани контрольной группы, прямой сильной корреляционной связи между индексом дегрануляции тучных клеток и соотношением коллагена I/III типов, $R = 0,97$ ($p = 0,005$) в мышечной ткани опытной группы.

Таблица 2

Морфометрические показатели в области соединительно-тканного рубца в мышечной ткани передней брюшной стенки

Table 2

Morphometric parameters in scar connective tissue in the muscle layer of anterior abdominal wall

Показатели Parameters		Группы животных Groups of animals	
		Контроль Controls	Лазерное воздействие (980 нм, 1,0 Вт, 300 с, пятикратно) Laser irradiation (980 nm, 1,0 W, 300 s, 5 times)
Количество фибробластов The amount of fibroblasts		40,0 (20,0; 50,0)*	55,0 (45,0; 65,0)*
Коллаген Collagen	Коллаген I типа (у. е.) Type I collagen (с. у.)	33,51 (32,47; 35,34)*	47,08 (46,22; 48,1)*
	Коллаген III типа (у. е.) Type III collagen (с. у.)	55,63 (53,45; 56,22)*	45,26 (44,54; 45,65)*
	Соотношение коллагена I и III типов Ratio of collagen types I/III	0,63 (0,56; 0,64)*	1,06 (1,03; 1,06)*
Тучные клетки Mast cells	Целые клетки/мм ² Whole cells/mm ²	5,0 (5,0; 10,0)	5,0 (5,0; 10,0)
	I степень дегрануляции/мм ² Degree I of degranulation/mm ²	5,0 (5,0; 10,0)	5,0 (5,0; 10,0)
	II степень дегрануляции/мм ² Degree II of degranulation/mm ²	10,0 (5,0; 10,0)	5,0 (5,0; 15,0)
	III степень дегрануляции/мм ² Degree III of degranulation/mm ²	5,0 (5,0; 10,0)*	15,0 (5,0; 15,0)*
	Общее количество клеток/мм ² Total cells/mm ²	5,0 (5,0; 10,0)*	20,0 (15,0; 35,0)*
	Индекс дегрануляции Degranulation index	0,75 (0,5; 1,0)*	1,0 (0,75; 1,0)*
	Относительная площадь сосудистого русла (у. е.) Relative vascular bed area (с. у.)	4 (0; 12)*	14 (8; 28)*

Примечание. * – $p < 0,05$ при сравнении группы лазерного воздействия с группой контроля.**Note.** * – $p < 0.05$ when comparing laser-irradiation groups to the control group.

В коже передней брюшной стенки у крыс с моделью грыжи белой линии живота после лазерного воздействия были обнаружены прямая средняя корреляционная связь между общим количеством тучных клеток и площадью сосудистого русла, $R = 0,5$ ($p = 0,001$), прямая умеренная корреляционная связь между количеством тучных клеток III степени дегрануляции и площадью сосудистого русла, $R = 0,346$ ($p = 0,028$), прямая умеренная корреляционная связь между индексом дегрануляции тучных клеток и количеством фибробластов, $R = 0,32$ ($p = 0,049$).

В мышечной ткани передней брюшной стенки у крыс с моделью грыжи белой линии живота были обнаружены прямая умеренная корреляционная связь между общим количеством тучных клеток и площадью сосудистого русла, $R = 0,393$ ($p = 0,016$) в контрольной группе, прямая умеренная корреляционная связь между количеством тучных клеток II степени дегрануляции и площадью сосудистого русла, $R = 0,492$ ($p = 0,014$) в контрольной группе, прямая умеренная корреляционная связь между общим количеством тучных клеток и количеством фибробластов, $R = 0,49$ ($p = 0,00014$) в группе лазерного воздействия, прямая умеренная корреляционная связь между количеством тучных клеток II степени дегрануляции и количеством фибробластов, $R = 0,329$ ($p = 0,046$) в группе лазерного воздействия.

Результаты эксперимента показали, что лазерное воздействие на зоны локализации красного костного мозга вызывает повышение синтеза коллагена I типа фибробластами и нормализацию соотношения коллагенов I/III типов в рубцовой ткани, что повышает упругость и эластичность соединительной ткани и препятствует формированию грыжевого мешка.

Прямые связи между содержанием в ткани тучных клеток с максимальной степенью дегрануляции и индексом дегрануляции, с одной стороны, площадью сосудистого русла, количеством фибробластов, содержанием коллагена I типа, с другой стороны, выявленные нами в результате корреляционного анализа, показывают, что в соединительной ткани формирующейся грыжи тучные клетки играют роль регуляторов продукции коллагена. Повышение их активности отражается в увеличении васкуляризации ткани, усилении пролиферации фибробластов, синтезе фибробластами коллагена в соотношениях, характерных для нормальной соединительной ткани.

Так как в нашем эксперименте не применялось прямое лазерное воздействие на грыжевой дефект, а осуществлялось облучение зон локализации красного костного мозга, мы полагаем, что триггерным моментом активации тучных клеток и последующих репаративных изменений являлось паракринное влияние стволовых клеток. Как было показано ранее [3], механизм этого процесса включает усиление миграции стволовых клеток из костного мозга в кровь под действием лазера, хоуминг стволовых клеток к поврежденным тканям и взаимодействие выделяемых биологически активных веществ с клетками микроокружения.

Заключение

Лазерное воздействие на зоны локализации красного костного мозга достоверно изменяет количество и соотношение коллагена I и III типов, повышает количество фибробластов, повышает относительную площадь сосудистого русла, увеличивает количество тучных клеток и интенсивность их дегрануляции в зоне формирования рубца у крыс с моделью вентральной послеоперационной грыжи. Эти результаты свидетельствуют

о повышении активности репаративных процессов и нормализации структуры соединительной ткани и могут являться основой для разработки способов профилактики грыжеобразования.

Литература

1. Автандилов Г.Г. Основы количественной патологической анатомии. – М.: Медицина, 2002. – 240 с.
2. Богдан В.Г., Криворот С.Г., Владимирская Т.Э., Швед И.А. и др. Влияние мезенхимальных стволовых клеток из жировой ткани на синтез коллагена при различных способах пластики моделированной послеоперационной грыжи // Новости хирургии. – 2013. – Т. 21. – № 2. – С. 21–29.
3. Головнева Е.С., Рейдман В.Р., Кравченко Т.Г. Динамика репаративных процессов в миокарде после лазерного облучения зон локализации красного костного мозга // Лазерная медицина. – 2014. – Т. 18. – Вып. 2. – С. 36–39.
4. Иванов И.С., Лазаренко В.А., Иванов С.В., Горяинова Г.Н. и др. Соотношение коллагена I и III типов в коже и апоневрозе у пациентов с вентральными грыжами // Новости хирургии. – 2013. – Т. 21. – № 3. – С. 33–36.
5. Лазаренко В.А., Иванов И.С., Цуканов А.В., Иванов А.В. и др. Архитектоника коллагеновых волокон в коже и апоневрозе у больных с вентральными грыжами и без грыжевой болезни // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2014. – № 2. – С. 41–45.
6. Смелова И.В., Головнева Е.С. Динамика функциональной активности тироцитов при изменении морфофункционального состояния тучных клеток щитовидной железы под воздействием инфракрасного лазерного излучения // Вестник Российского государственного медицинского университета. – 2016. – № 6. – С. 39–44.
7. Heffner J.J., Holmes J.W., Ferrari J.P., Krontiris-Litowitz J. et al. Bone marrow-derived mesenchymal stromal cells and platelet-rich plasma on a collagen matrix to improve fascial healing. *Hernia*. 2012; 16 (6): 677–687.

References

1. Avtandilov G.G. Principles of quantitative pathological anatomy. M.: Medicina, 2002: 240. [In Russ.].
2. Bogdan V.G., Krivorot S.G., Vladimirskaia T.E., Shved I.A. et al. The effect of mesenchymal stem cells of the adipose tissue at collagen synthesis in various plastic modellings of simulated postoperative hernia. *Novosti hirurgii*. 2013; 21 (2): 21–29. [In Russ.].
3. Golovneva E.S., Rejdman V.R., Kravchenko T.G. Dynamics of reparative processes in the myocardium after laser irradiation of red bone marrow locations. *Lasernaja medicina*. 2014; 18 (2): 36–39. [In Russ.].
4. Ivanov I.S., Lazarenko V.A., Ivanov S.V., Gorjainova G.N. et al. The ratio of collagen type I and III in the skin and aponeurosis in patients with ventral hernias. *Novosti hirurgii*. 2013; 21 (3): 33–36. [In Russ.].
5. Lazarenko V.A., Ivanov I.S., Cukanov A.V., Ivanov A.V. et al. Architectonics of collagen fibers in the skin and aponeurosis in patients with ventral hernias and without hernial disease. *Kurskij nauchno-prakticheskij vestnik «Chelovek i ego zdorov'e»*. 2014; 2: 41–45. [In Russ.].
6. Smelova I.V., Golovneva E.S. Dynamics of functional activity of thyroid cells in changes of morphofunctional state of thyroid mast cells under infrared laser irradiation. *Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta*. 2016; 6: 39–44. [In Russ.].
7. Heffner J.J., Holmes J.W., Ferrari J.P., Krontiris-Litowitz J. et al. Bone marrow-derived mesenchymal stromal cells and platelet-rich plasma on a collagen matrix to improve fascial healing. *Hernia*. 2012; 16 (6): 677–687.