

**ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ МЕДИЦИНА, СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА, ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА,  
КУРОРТОЛОГИЯ И ФИЗИОТЕРАПИЯ / REHABILITATION MEDICINE, SPORTS MEDICINE, PHYSICAL  
THERAPY, BALNEOLOGY AND PHYSIOTHERAPY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.43>

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Обзор

**Лазарева Е.Н.<sup>1,\*</sup>, Еремущкин М.А.<sup>2</sup>, Макашова В.В.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-6081-1740;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-0982-3527;

<sup>1,2,3</sup> Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (elniklazareva[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Одним из основных терапевтических эффектов воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) на организм является коррекция физической нагрузки и мобилизации адаптационных резервов организма. В условиях длительной гиподинамии, вынужденной иметь место при многих неотложных состояниях, ортопедических травмах, различных хирургических вмешательствах формируется депрессия миоцитов с морфологическими изменениями. Доказательная база, основанная на результатах морфологических и биохимических исследованиях, указывает на благоприятное течение репаративных гистогенезов в раневых дефектах, восстановление жизнеспособности и пролиферацию остеобластов, повышение энергетического потенциала клеток, подчеркивает важность и необходимость применения НИЛИ в программах медицинской реабилитации пациентов на всех ее этапах и особенно в раннем восстановительном периоде у пациентов при неотложных патологических состояниях.

**Ключевые слова:** медицинская реабилитация, низкоинтенсивное лазерное излучение.

**MORPHOLOGICAL AND CYTOLOGICAL EFFECTS OF LOW-INTENSE LASER. A LITERATURE REVIEW**

Review article

**Lazareva Y.N.<sup>1,\*</sup>, Eremushkin M.<sup>2</sup>, Makashova V.V.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-6081-1740;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-0982-3527;

<sup>1,2,3</sup> Central Research Institute of Epidemiology of Rospotrebnadzor, Moscow, Russian Federation

\* Corresponding author (elniklazareva[at]yandex.ru)

**Abstract**

One of the main therapeutic effects of low-intensity laser radiation (NILI) on the body is the correction of physical activity and mobilization of adaptive reserves of the body. In conditions of prolonged hypodynamia, forced to take place in many emergency conditions, orthopaedic injuries, various surgical interventions, depression of myocytes with morphological changes is formed. The evidence base formed on the results of morphological and biochemical studies indicates a favorable course of reparative histogenesis in wound defects, restoration of viability and proliferation of osteoblasts, increase in the energy potential of cells, emphasizes the importance and necessity of using NILI in programs of medical rehabilitation of patients at all its stages and especially in the early recovery period in patients with urgent pathological conditions.

**Keywords:** medical rehabilitation, low-intensity laser radiation.

**Введение**

На сегодняшний день в лечебный процесс активно внедряются технологии медицинской реабилитации. Особое значение приобретают методы аппаратной физиотерапии в раннем восстановительном периоде при широком спектре нозологических форм. Известно, что в условиях длительной гиподинамии, вынужденной иметь место при многих неотложных состояниях, ортопедических травмах, различных хирургических вмешательствах формируется депрессия миоцитов с морфологическими изменениями. На второй день иммобилизации происходит набухание саркоплазматической сети, на пятый – сокращение и разрыв миофибрилл, а к концу второй недели полная дистрофия митохондрий с последующей атрофией миофибрилл [1]. В итоге продолжительная гиподинамия способствует уменьшению силы и размеров скелетной мускулатуры, ослаблению мышечного каркаса, и снижению его защитной функции. И в то же время течение любой болезни сопровождается ограничением энергетических и функциональных возможностей организма, что, в свою очередь, приводит к устойчивой двигательной заторможенности, нарушению мышления, формированию метаболических нарушений. Поэтому у больных, особенно в отделениях интенсивной терапии на 1-м этапе медицинской реабилитации, использование физиотерапевтических методов, направленных на коррекцию физической нагрузки и мобилизации адаптационных резервов организма, становится крайне актуальной задачей.

**Методы и принципы исследования**

**2.1. Цель работы**

Обзор и анализ литературных данных, освещающих динамику морфологических и цитологических показателей при использовании низкоинтенсивного лазерного излучения в комплексной программе медицинской реабилитации в раннем восстановительном периоде у пациентов с различной патологией.

## 2.2. Материалы и методы

Следуя поставленной цели, было проанализировано более 200 статей Российских и зарубежных авторов, материалы конференций о терапевтической эффективности низкоинтенсивного лазерного излучения при разных патологических состояниях за период внедрения НИЛИ в различные области практической медицины с начала 90-х годов прошлого века и до настоящего момента. Использовались следующие библиотеки открытого доступа: научная электронная библиотека eLIBRARY.RU; научная электронная библиотека «КиберЛенинка»; Национальная медицинская библиотека США (Национальный центр биотехнологической информации).

### Основные результаты

Несмотря на это, уже более полувека в лечебной практике среди методов аппаратной физиотерапии активно используют низкоинтенсивное лазерное излучение, представляющее собой световые потоки с низкой плотностью мощностью излучения, не более 100 мВт/см<sup>2</sup>, эффект воздействия которых на организм сопоставимо с интенсивностью излучения Солнца на поверхность Земли в ясный день. Многолетний опыт его применения у больных с остеоартритами показал не только значимый положительный анальгетический эффект, но и в сочетании с физическими упражнениями раскрыл способность низкоинтенсивного лазера повышать энергетический баланс миоцитов скелетной мускулатуры за счет прямого стимулирующего воздействия на цитохромоксидазу [2], [3], [4].

Однако данный терапевтический эффект прежде всего зависит от длины волны. Было установлено, что цитохромоксидаза и белки мембраны поглощают свет в красной и инфракрасной частях электромагнитного спектра, где спектр длины волны 808 нм находится в инфракрасном диапазоне, а 660 нм – в красном. Поэтому ряд исследователи отметили, что применение инфракрасного лазерного излучения приводило к статистически значимому увеличению силы разгибателей колена по сравнению с группой, в которой применяли волны длиной 660 нм [2], [5].

В экспериментальных работах была показана способность изменения сигнала электронного парамагнитного резонанса на 22% при комбинации низкоинтенсивного инфракрасного света и слабого магнитного поля. В результате такого воздействия НИЛИ увеличивалась скорость переноса электронов по дыхательной цепи в митохондриях, а в итоге синтез АТФ повышался в сотни раз по сравнению с контрольной группой [6]. Помимо этого, в ряде клинических наблюдений за пациентами с остеоартрозами отмечали положительное воздействие диодного лазера с длинами волн 405, 635 и 808 нм на жизнеспособность, пролиферацию, адгезию остеобластов, а также остеогенную дифференцировку за счет благоприятного воздействия на сборку актинового цитоскелета с увеличением богатых винкулином очаговых участков. Винкулин является основным механосенсорным белком адгезии, с помощью которого определяется жесткость матрикса, регуляция роста, миграции и дифференцировки остеобластов. Наиболее благоприятное регенерирующее воздействие оказывало излучение длиной волны 635 нм, вызывая значительное увеличение клеточной пролиферации, модуляцию экспрессии каналов TRPC1 в остеобластах, что способствовало кластеризации винкулина и дифференцировки клеток [7], [8].

Не исключено, что данные процессы и обуславливают положительный терапевтический эффект НИЛИ у спортсменов при травматизме, так как уже после второго-третьего сеансов первого курса физиотерапевтического лечения отмечали регресс болевого симптома, восстановление двигательной активности, что определило его высококачественную значимость в спорте как способ коррекции патологических процессов в организме при физических нагрузках. Было отмечено, что проводимые сеансы НИЛИ у футболистов перед тренировками способствовало увеличению максимального поглощения кислорода, продолжительности периода его поглощения, аэробного и анаэробного порога во время теста на интенсивный бег. Помимо этого, во время тренировки показатели концентрации креатининфосфокиназы, лактатдегидрогеназы, уровня провоспалительного IL-6, продуктов перекисного окисления и карбонилированного белка в сыворотке крови были статистически значимо ниже по сравнению со спортсменами, не получавшими НИЛИ. В результате на фоне проведения курса этой физиопроцедуры у футболистов повышались спортивные результаты и отмечали благоприятное течение посттренировочного синдрома [9].

Лечение раневых поражений кожи и мягких тканей является одним из давно изучаемых разделов медицины и, тем не менее, до настоящего времени остается актуальной проблемой, связанной с различной степенью выраженности отклонений от стереотипной динамики воспалительно-репаративных процессов. Поэтому до сих пор осуществляется поиск новых методов местного лечения, обладающих разнонаправленным действием, среди которых лазеротерапия занимает важное место. В экспериментальных цитологических исследованиях было доказано, что после второго сеанса НИЛИ, проводимой с длиной волны 0,63 мкм и мощностью на выходе 13 мВт /см<sup>2</sup>, происходило существенное уменьшение гнойной инфильтрации тканей с уменьшением отека, гиперемии краев и стенок ран, очищением от некротических масс, с формированием грануляционной ткани в виде интенсивного фибриллогенеза и новообразования капилляров. При этом цитологическая картина соответствовала воспалительному типу с присутствием наибольшего количества нейтрофилов, а также лимфоцитов, моноцитов и единичных макрофагов, фибробластов, тканевых базофилов, которые образовывали отчетливые организованные группы или кластеры, способствующие формированию нежной структурированной соединительной ткани. После четвертого сеанса гнойно-воспалительные процессы стихали, исчезали признаки воспаления, происходило уменьшение площади самих ран с интенсивным образованием грануляционной ткани, которая практически полностью замещала раневой дефект. К концу курса НИЛИ (10 сеансов) по краям раны на грануляционной ткани отмечали тонкий слой эпителия с обширными очагами митотического деления камбиальных клеток. В результате ускорялись процессы эпителизации раневого дефекта с формированием большого количества коллагеновых волокон и преобладанием молодых клеток грануляционной ткани: про- и фибробластов, макрофагов, эндотелия, эпителия, полибластов. Процессы фибриллогенеза и новообразования капилляров сохраняли активность в достаточной степени. После первого сеанса НИЛИ потенциал эндотелиоцитов

гемокапилляров, особенно в демаркационной зоне, усиливался, в результате значительно активизировался васкулогенез.

В группе животных, не получавших НИЛИ, морфологические изменения сосудов микроциркуляторного русла и клеток соединительной ткани сводились к плазморрагическому повреждению базальных мембран с набуханием, лизисом и десквамацией эндотелиоцитов. Помимо этого, отмечали лимфогистиоцитарную инфильтрацию стенок кровеносных и лимфатических сосудов, сладж-синдром эритроцитов с другими форменными элементами крови. Данное изменение подтверждалось обнаружением красных и смешанных микротромбов, что указывало на прогрессирование васкулита. Процессы гистогенеза характеризовались существенными отклонениями от нормального развития, что способствовало удлинению сроков репарации [10].

О положительном влиянии НИЛИ на улучшение морфологической структуры ткани свидетельствуют результаты клинических наблюдений. Так, включение этой физиопроцедуры в лечение огнестрельных ранений, проводимой аппаратами магнито-инфракрасной терапии серии «РИКТА», способствовало значительному сокращению сроков заживления ран в сравнении с группой бойцов, получавших плановую терапию. А на фоне проводимых предоперационных сеансов НИЛИ при множественных слепых осколочных и пулевых ранениях отмечали уменьшение отека тканей, что позволяло без осложнений извлекать осколки с последующей быстрой репарации тканей [11]. Сочетанное воздействие постоянного магнитного поля с низкоинтенсивным лазерным излучением при лечении инфицированных ран у детей в 99% случаев после 2-3 процедур способствовало уменьшению отека тканей, а у 87% детей после 3-4 процедур очищению раны и купированию болевого симптома. К концу первого курса НИЛИ в 34% случаев отмечали нежную деформацию кожи в области дефекта, а в 66% случаев она отсутствовала.

Применение НИЛИ у пациентов после артропластики тазобедренного сустава, проводимого беспроводным портативным аппаратом «PainAway/PainCure» (Multi Radiance Medical, США), параметры которого аналогичны отечественной модели «РИКТА 04/4», отмечали статистически значимое снижение уровня IL-8 и TNF- $\alpha$  на фоне незначимого уменьшения концентрации IL-6. В итоге уменьшался период продолжительности интенсивных болей более чем в 2 раза по шкале ВАШ [12].

### Заключение

Таким образом, проведенный анализ литературных данных, несмотря на малое число публикаций по вопросам морфологических и цитологических эффектов, свидетельствует о положительной клинико-лабораторной эффективности применения низкоинтенсивного лазерного излучения в лечении многих патологических состояниях. Доказательная база, основанная на результатах морфологических и биохимических исследованиях, указывающих на благоприятное течение репаративных гистогенезов в раневых дефектах, восстановление жизнеспособности и пролиферацию остеобластов, повышение энергетического потенциала клеток, подчеркивает важность и необходимость применения НИЛИ в программах медицинской реабилитации, в особенности в раннем восстановительном периоде, как одного из приоритетных методов коррекции и мобилизации адаптационных резервов организма в остром периоде течения заболевания и при патологических неотложных состояниях.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Ефременко Е.С., Омский государственный медицинский университет, Омск, Российская Федерация  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.43.1>

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

Efremenko E.S., Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.43.1>

### Список литературы / References

1. Baker J.H. Muscle to immobilization in a shortened position / J.H. Baker, D.E. Matsumoto // *MUSCLE & NERVE*. — 1988. — № 11(3). — P. 231–244. — DOI: 10.1002/mus.880110308.
2. Smith K.C. Molecular targets for low-level light therapy / K.C. Smith // *Laser Ther.* — 2010. — № 19 (3). — P. 135–142. — DOI: 10.5978/islm.19.135.
3. Bannuru R.R. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis / R.R. Bannuru, M. Osani, E. Vaysbrot [et al.] // *Osteoarthritis Cartilage*. — 2019. — № 27 (11). — P. 1578–1589. — DOI: 10.1016/j.joca.2019.06.011.
4. Letizia M.G. Physical agent modalities in early osteoarthritis: A scoping review / M.G. Letizia, D. Scaturro, F. Gimigliano [et al.] // *Medicina (Kaunas)*. — 2021. — № 57 (11). — P. 1165. — DOI: 10.3390/medicina57111165.
5. Jankaew A. The effects of lowlevel laser therapy on muscle strength and functional outcomes in individuals with knee osteoarthritis: A double-blinded randomized controlled trial / A. Jankaew, Y.L. You, T.H. Yang [et al.] // *Sci Rep*. — 2023. — № 13 (1). — P. 165. — DOI: 10.1038/s41598.022.26553.9.
6. Surazakov A. The bioenergetics of COVID-19 immunopathology and the therapeutic potential of biophysical radiances / A. Surazakov, A. Klassen, O. Gizinger // *J. PhotochemPhotobiol.* — 2020. — № 213(12). — P. 112083. — DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2020.112083.
7. Tani A. Red (635 nm), near-infrared (808 nm) and violet-blue (405 nm) photobiomodulation potentiality on human osteoblasts and mesenchymal stromal cells: A morphological and molecular in vitro study / A. Tani, F. Chellini, M. Giannelli [et al.] // *Int J Mol Sci.* — 2018. — № 19 (7). — P. 1946. — DOI: 10.3390/ijms19071946.

8. Giannelli M. Photoactivation of bone marrow mesenchymal stromal cells with diode laser: Effects and mechanisms of action / M. Giannelli, F. Chellini, C. Sassoli [et al.] // *J Cell Physiol.* — 2013. — № 228 (1). — P. 172–181. — DOI: 10.1002/jcp.24119.
9. Tomazoni S.S. Infrared Low-Level Laser Therapy (Photobiomodulation Therapy) before Intense Progressive Running Test of High-Level Soccer Players: Effects on Functional, Muscle Damage, Inflammatory, and Oxidative Stress Markers / S.S. Tomazoni, C.S. Machado, T. Marchi [et al.] // *Oxid Med Cell Longev.* — 2019. — DOI: 10.1155/2019/629058.
10. Мнихович М.В. Экспериментально-морфологический анализ гистогенеза кожной раны под влиянием низкоинтенсивного лазерного излучения / М.В. Мнихович, Н.В. Еремин // *Вестник новых медицинских технологий.* — 2013. — № 10 (2). — С. 113–120.
11. Дербенев В.А. Применение квантовой стимуляции в лечении огнестрельных ран / В.А. Дербенев, Е.Я. Гаткин, А.Э. Веселов // *Лазерная медицина.* — 2014. — № 18 (4). — С. 17.
12. Langella L.G. Photobiomodulation therapy (PBMT) on acute pain and inflammation in patients who underwent total hip arthroplasty: A randomized, triple-blind, placebo-controlled clinical trial / L.G. Langella, H.L. Casalechi, S.S. Tomazoni [et al.] // *Lasers Med Sci.* — 2018. — № 33 (9). — P. 1933–1940. — DOI: 10.1007/s10103.018.2558.x.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Baker J.H. Muscle to immobilization in a shortened position / J.H. Baker, D.E. Matsumoto // *MUSCLE & NERVE.* — 1988. — № 11(3). — P. 231–244. — DOI: 10.1002/mus.880110308.
2. Smith K.C. Molecular targets for low-level light therapy / K.C. Smith // *Laser Ther.* — 2010. — № 19 (3). — P. 135–142. — DOI: 10.5978/islm.19.135.
3. Bannuru R.R. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis / R.R. Bannuru, M. Osani, E. Vaysbrot [et al.] // *Osteoarthritis Cartilage.* — 2019. — № 27 (11). — P. 1578–1589. — DOI: 10.1016/j.joca.2019.06.011.
4. Letizia M.G. Physical agent modalities in early osteoarthritis: A scoping review / M.G. Letizia, D. Scaturro, F. Gimigliano [et al.] // *Medicina (Kaunas).* — 2021. — № 57 (11). — P. 1165. — DOI: 10.3390/medicina57111165.
5. Jankaew A. The effects of lowlevel laser therapy on muscle strength and functional outcomes in individuals with knee osteoarthritis: A double-blinded randomized controlled trial / A. Jankaew, Y.L. You, T.H. Yang [et al.] // *Sci Rep.* — 2023. — № 13 (1). — P. 165. — DOI: 10.1038/s41598.022.26553.9.
6. Surazakov A. The bioenergetics of COVID-19 immunopathology and the therapeutic potential of biophysical radiances / A. Surazakov, A. Klassen, O. Gizinger // *J. PhotochemPhotobiol.* — 2020. — № 213(12). — P. 112083. — DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2020.112083.
7. Tani A. Red (635 nm), near-infrared (808 nm) and violet-blue (405 nm) photobiomodulation potentiality on human osteoblasts and mesenchymal stromal cells: A morphological and molecular in vitro study / A. Tani, F. Chellini, M. Giannelli [et al.] // *Int J Mol Sci.* — 2018. — № 19 (7). — P. 1946. — DOI: 10.3390/ijms19071946.
8. Giannelli M. Photoactivation of bone marrow mesenchymal stromal cells with diode laser: Effects and mechanisms of action / M. Giannelli, F. Chellini, C. Sassoli [et al.] // *J Cell Physiol.* — 2013. — № 228 (1). — P. 172–181. — DOI: 10.1002/jcp.24119.
9. Tomazoni S.S. Infrared Low-Level Laser Therapy (Photobiomodulation Therapy) before Intense Progressive Running Test of High-Level Soccer Players: Effects on Functional, Muscle Damage, Inflammatory, and Oxidative Stress Markers / S.S. Tomazoni, C.S. Machado, T. Marchi [et al.] // *Oxid Med Cell Longev.* — 2019. — DOI: 10.1155/2019/629058.
10. Mnikhovich M.V. Jeksperimental'no-morfologicheskij analiz gistogeneza kozhnoj rany pod vlijaniem nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya [Experimental morphological analysis of histogenesis of skin wound under the influence of low-intensity laser radiation] / M.V. Mnikhovich, N.V. Eremin // *Vestnik novyh medicinskih tehnologij [Bulletin of New Medical Technologies].* — 2013. — № 10 (2). — P. 113–120. [in Russian]
11. Dербенев V.A. Primenenie kvantovoj stimuljaccii v lechenii ognestrel'nyh ran [Application of quantum stimulation in the treatment of gunshot wounds] / V.A. Dербенев, E.Ya. Gatkin, A.E. Veselov // *Lazernaja medicina [Laser medicine].* — 2014. — № 18 (4). — P. 17. [in Russian]
12. Langella L.G. Photobiomodulation therapy (PBMT) on acute pain and inflammation in patients who underwent total hip arthroplasty: A randomized, triple-blind, placebo-controlled clinical trial / L.G. Langella, H.L. Casalechi, S.S. Tomazoni [et al.] // *Lasers Med Sci.* — 2018. — № 33 (9). — P. 1933–1940. — DOI: 10.1007/s10103.018.2558.x.