

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-4-238-242>

УДК 616.833-002-057

© Кочетова О.А., 2021

Кочетова О.А.<sup>1,2</sup>

## Результаты применения низкоинтенсивного лазерного излучения при лечении профессиональных полиневропатий верхних конечностей

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, 41, Санкт-Петербург, Россия, 191015;

<sup>2</sup>ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., 4, Санкт-Петербург, Россия, 191036

**Введение.** Эффективная терапия профессиональной полиневропатии (ПНП) верхних конечностей представляет собой сложную задачу, поскольку характерные клинические и нейрофизиологические проявления заболевания стойко сохраняются в течение многих лет даже после прекращения контакта с этиологическим вредным производственным фактором — физическими перегрузками. Учитывая низкую эффективность существующих методов лечения, а также особенности воздействия низкоинтенсивной лазерной терапии (НИЛТ), задача по разработке методики применения НИЛТ для лечения пациентов с профессиональными ПНП и оценке ее эффективности в ходе динамического наблюдения является весьма актуальной.

**Цель исследования** — оценка эффективности применения низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) для лечения профессиональной ПНП верхних конечностей.

**Материалы и методы.** Представлены результаты лечения 236 пациентов с установленным диагнозом профессиональной ПНП верхних конечностей. Всем проводилась традиционная медикаментозная терапия, лечение пациентов основной группы отличалось от группы сравнения тем, что им были дополнительно проведены лечебные мероприятия с использованием НИЛИ по разработанному способу.

**Результаты.** Эффективность проведенной терапии оценивалась путем изучения динамики болевого синдрома в руках с помощью визуальной ранговой шкалы боли (ВРШ), скорости проведения импульса (СПИ) по сенсорным волокнам срединного и локтевого нервов. Изменения каждого из этих параметров в подгруппах оценивались на разных этапах наблюдения (до и сразу после лечения, через 3 и через 6 месяцев). Деление пациентов на подгруппы осуществлялось путем определения у них преимущественного характера поражения нервных волокон.

Разность СПИ по сенсорным волокнам срединного и локтевого нервов сразу после лечения и через 3 месяца в основной группе была значимо выше, чем в группе сравнения. Эффект от действия НИЛТ сохранялся от 3 до 6 месяцев. Также отмечался анальгезирующий эффект в основной группе, который постепенно нивелировался.

**Выводы.** Разработанный способ лечения НИЛИ профессиональных ПНП верхних конечностей является простым и удобным для использования в клинической практике: он применим как в стационаре, так и в амбулаторных условиях. После лечения у пациентов из основной группы в отличие от группы сравнения отмечалось статистически значимое увеличение параметров СПИ по сенсорным волокнам срединного и локтевого нервов с одновременным уменьшением выраженности болевого синдрома. Эффект от терапии НИЛИ у пациентов из основной группы уменьшался через 6 месяцев, что позволяет рекомендовать проведение подобных курсов лечения НИЛИ 2 раза в год. Лечение НИЛИ имеет ограниченный список противопоказаний, в целом хорошо переносится пациентами при минимальных местных побочных эффектах.

**Ключевые слова:** низкоинтенсивное лазерное излучение; профессиональные заболевания периферической нервной системы; профессиональная полиневропатия верхних конечностей

**Для цитирования:** Кочетова О.А. Результаты применения низкоинтенсивного лазерного излучения при лечении профессиональных полиневропатий верхних конечностей. *Мед. труда и пром. экол.* 2021; 61(4): 238–242. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-4-238-242>

**Для корреспонденции:** Кочетова Ольга Александровна, зав. стационарным отделением профпатологии отдела клинических исследований ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; аспирант кафедры медицины труда ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. E-mail: oa-kochetova@list.ru

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 12.03.2021 / Дата принятия к печати: 19.05.2021 / Дата публикации: 25.05.2021

Olga A. Kochetova<sup>1,2</sup>

## Results of the use of low-intensity laser radiation in the treatment of occupational polyneuropathies of the upper extremities

<sup>1</sup>North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41, Kirochnaya str., St. Petersburg, Russia, 191015;

<sup>2</sup>North-West Public Health Research Center, 4, 2<sup>nd</sup> Sovetskaja str., St. Petersburg, Russia, 191036

**Introduction.** Effective therapy of occupational polyneuropathy of the upper extremities is a difficult task, because the characteristic clinical and neurophysiological manifestations of this disease persist for many years even after the termination of contact with the etiological harmful production factor — physical overload. Taking into account the low efficiency of existing treatment methods, as well as the peculiarities of the effect of low-intensity laser therapy (LILT), the task of developing a technique for using LILT for the treatment of patients with professional polyneuropathy and assessing its effectiveness during follow-up is very urgent.

**The aim of the study** was to evaluate the effectiveness of LILT for the treatment of occupational polyneuropathy of the upper extremities.

**Materials and methods.** The results of treatment of 236 patients with an established diagnosis of occupational polyneuropathy of the upper extremities are presented. All patients received usual drug therapy, the treatment of patients of the main group differed from the comparison group in that they were additionally treated with LILT according to the developed method.

**Results.** The effectiveness of the therapy was assessed by studying the dynamics of pain in the hands using a visual pain rating scale, pulse velocity along the sensory fibers of the median and ulnar nerves. Changes in each of these parameters in subgroups were assessed at different stages of follow-up (before and immediately after treatment, after 3 and after 6 months). The division of patients into subgroups was carried out by determining type of the nerve fibers' damage.

**Conclusion:** *The developed method of LILT of professional polyneuropathy is simple and convenient for use in clinical practice: it is applicable both in a hospital and on an outpatient basis. After treatment, in patients from the main group, in contrast to the comparison group, there was a statistically significant increase in the parameters of pulse velocity along the sensory fibers of the median and ulnar nerves with a simultaneous decrease in the severity of pain. The effect of LILT in patients from the main group decreased after 6 months, which allows us to recommend such courses of LILT 2 times a year. LILT has a limited list of contraindications and is generally well tolerated by patients with minimal local side effects.*

**Keywords:** *low-intensity laser radiation; occupational diseases of the peripheral nervous system; occupational polyneuropathy of the upper limbs*

**For citation:** Kochetova O.A. Results of the use of low-intensity laser radiation in the treatment of occupational polyneuropathies of the upper extremities. *Med. truda i prom. ekol.* 2021; 61(4): 238–242. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-4-238-242>

**For correspondence:** Olga A. Kochetova, head of the department of occupational pathology of North-West Public health research Center Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing. E-mail: oa-kochetova@list.ru

**Information about author:** Kochetova O.A. <https://orcid.org/0000-0003-2740-1288>

**Funding.** The study had no funding.

**Conflict of interests.** The author declares no conflict of interests.

Received: 12.03.2021 / Accepted: 19.05.2021 / Published: 25.05.2021

**Введение.** Несмотря на хорошую изученность профессиональной ПНП верхних конечностей, эффективная терапия этого заболевания представляет собой сложную задачу, поскольку характерные клинические и нейрофизиологические проявления стойко сохраняются в течение многих лет даже после прекращения контакта с этиологическим вредным производственным фактором — физическими перегрузками [1, 2].

НИЛИ рассматривается как неспецифический фактор, повышающий общую сопротивляемость организма к различным патогенным факторам, на уровне органов и тканей НИЛИ уменьшает продолжительность фаз воспалительного процесса, уменьшает интерстициальный отек тканей, способствует поглощению тканями кислорода, улучшению кровотока, в том числе за счет увеличения количества сосудов микроциркуляторного русла, снижает рецепторную чувствительность тканей и органов [3, 4]. Существуют исследования, где обосновывается включение НИЛТ в комплекс терапии послеоперационного болевого синдрома, что снижает потребность в опиоидных и неопиоидных анальгетиках, предотвращает нежелательные побочные эффекты [5, 6].

В ряде исследований было отмечено, что НИЛИ успешно применяется при хронических неврологических заболеваниях [7–9]. Работ, посвященных терапии профессиональных ПНП верхних конечностей с использованием НИЛИ, обнаружено не было. Поиск новых методов терапии, способствующих уменьшению основных клинико-инструментальных симптомов, является важной и актуальной задачей.

**Цель исследования** — оценка эффективности применения НИЛИ для лечения ПНП верхних конечностей.

**Материалы и методы.** Представлены результаты лечения 236 пациентов с установленным диагнозом профессиональной ПНП верхних конечностей (123 мужчины и 113 женщин). В исследование включались пациенты в возрасте от 18 до 65 лет без значимой сопутствующей патологии, которая могла бы с течением времени приводить к нарастанию проявлений профессионального полиневритического болевого синдрома (сахарный диабет, хронические инфекции, системные заболевания, онкология и пр.) Средний возраст пациентов составил: у женщин — 55,5±5,7 лет, у мужчин — 53,9±6,3 года. Пациенты были представителями 2 основных профессиональных групп,

для которых характерно развитие данного заболевания: маляры-штукатуры (женщины) и шахтеры (мужчины). Стаж работы пациентов с физическими перегрузками до установления диагноза профессиональной ПНП верхних конечностей у маляров-штукатуров составил — 25,1±8,0 года, у шахтеров — 20,4±6,7 года.

Всем пациентам, включенным в исследование, проводилась традиционная медикаментозная терапия, направленная на основные пути патогенеза ПНП — курсы нейрометаболической терапии, включающие применение сосудистых препаратов, антиагрегантов, антиоксидантов, витаминов группы В. Лечение пациентов основной группы (116 человек — из них 60 мужчин, 56 женщин) отличалось от лечения пациентов из группы сравнения (120 человек — 63 мужчин, 57 женщин) тем, что им были дополнительно проведены лечебные мероприятия с использованием НИЛИ по разработанному способу [10].

Лечебные мероприятия с использованием НИЛИ проводились с помощью лазерного полупроводникового аппарата излучения красного спектра (650 нм) с волоконно-оптическими световодами для чрезкожной терапии «АЛП-01-Латон» в положении пациентов сидя. Руки располагались на столе в оптимальном физиологическом положении, мышцы плеча и предплечья максимально расслаблены. Диффузно рассеянным лазерным излучением красной области спектра с энергетической освещенностью 0,7–1,1 мВт/см<sup>2</sup> непосредственно воздействовали на область проекции выхода срединного нерва из запястного канала на кисть. Проводилось 5–10 процедур за курс, энергетическая экспозиция лазерного излучения и количество сеансов определялась в зависимости от жалоб пациентов, выраженности клинических проявлений заболевания, динамики состояния больного: как правило, 5 процедур воздействия НИЛИ осуществлялись с постепенным увеличением энергетической экспозиции лазерного излучения с 20 мВт за 5 минут до 30 мВт за 10 минут. При сочетании определенных клинических (наличие невропатической боли по опроснику DN4) и инструментальных проявлений (смешанный характер поражения нервных волокон, выраженные электронейромиографические признаки сопутствующей компрессионно-ишемической невропатии срединного нерва на уровне запястного канала) количество проводимых за курс процедур могло быть увеличено до 10, при этом последние 5 процедур

### Характеристика подгрупп по полу и возрасту Characteristics of subgroups by sex and age

Группа	Подгруппа	Характер поражения нервных волокон периферических нервов рук	Пол			Возраст (M±Sd)
			Мужчины	Женщины	Всего	
Группа сравнения	1	I	44	38	82	53,9±6,3
	3	II	19	19	38	55,2±5,8
Основная группа	2	I	42	43	85	54,7±6,0
	4	II	18	13	31	55,8±6,3

проводились при максимальных значениях энергетической экспозиции (30 мВт за 10 минут).

**Результаты.** Внутри основной группы и группы сравнения по характеру поражения срединного и локтевого нервов были выделены подгруппы: в 1 и 2 подгруппы были объединены пациенты с преимущественно демиелинизирующим характером поражения, в 3 и 4 — со смешанным аксонально-демиелинизирующим. При сочетанном поражении аксона и миелиновой оболочки восстановление проведения по нерву протекало очевидно хуже, чем при преимущественном поражении миелина и относительной сохранности аксонов. Поэтому в дальнейшем сравнение эффективности проводимой терапии в группах шло между подгруппами одного типа (между подгруппами 1 и 2, 3 и 4, соответственно). Характеристика подгрупп по полу и возрасту представлена в *таблице 1*.

Как следует из представленных в *таблице 1* данных, выделенные в ходе исследования группы и подгруппы были сопоставимы по полу и возрасту.

Эффективность проведенной терапии оценивалась путем изучения динамики болевого синдрома в руках с помощью ВРШ, СПИ по сенсорным волокнам срединного и локтевого нервов. Изменения каждого из этих параметров в подгруппах оценивались на разных этапах наблюдения (до и сразу после лечения, через 3 и через 6 месяцев). Для ответа на вопрос, какой из использованных методов лечения обладает большей эффективностью, рассчитывались и сравнивались с исходными значениями СПИ и выраженностью болевого синдрома в баллах разницы в каждой из подгрупп на всех периодах наблюдения.

Результаты динамики разности СПИ по сенсорным волокнам срединного нерва в подгруппах на разных периодах исследования представлены в *таблице 2*.

Согласно полученным результатам, разность СПИ по сенсорным волокнам срединного нерва сразу после лечения и через 3 месяца во второй и четвертой подгруппах была значимо выше, чем в первой и третьей подгруппах соответственно (критерий Манна–Уитни,  $p < 0,001$ ). Во второй подгруппе статистически значимое увеличение СПИ (по сравнению с первой подгруппой) сохранялось и через 6 месяцев. Сравнение разности СПИ через 6 месяцев в четвертой подгруппе по сравнению с третьей показывает, что различия были статистически незначимыми.

Разность СПИ по сенсорным волокнам локтевого нерва на разных этапах исследования в подгруппах отображена в *таблице 3*. Для сопоставления эффективности использованных методов лечения полученные значения СПИ сравнили с исходным в каждой из подгрупп на всех периодах наблюдения.

Разность СПИ по сенсорным волокнам локтевого нерва на всех этапах наблюдения во второй и четвертой

подгруппах была значимо выше, чем в первой и третьей подгруппах соответственно (критерий Манна–Уитни,  $p < 0,001$ ). Сравнение разности СПИ в этих же подгруппах через 3 месяца показывает, что эффект от проводимой терапии во второй группе был значимо выше ( $p < 0,001$ ), а на этапе в 6 месяцев наблюдалось существенное пересечение межквартильного диапазона с захватом медианы четвертой подгруппы, что не позволяет считать различия статистически значимыми.

Для оценки анальгезирующего эффекта использованных методов лечения уровень болевого синдрома в руках на всех этапах исследования сравнили с исходным в каждой из подгрупп. Результаты расчетов представлены в *таблице 4*.

Разность по уровню болевого синдрома в руках на всех этапах наблюдения во второй и четвертой подгруппах была значимо выше, чем в первой и третьей подгруппах соответственно (критерий Манна–Уитни,  $p < 0,001$ ). Сравнение разности по уровню боли в руках во второй подгруппе с четвертой сразу после завершения лечения показывает,

Таблица 2 / Table 2

### Разность в скорости проведения импульса по сенсорным волокнам срединного нерва в динамике, м/с The difference in the pulse velocity along the sensory fibers of the median nerve in dynamics, m/s

Подгруппа	Показатели	Периоды наблюдения		
		сразу после лечения	через 3 месяца	через 6 месяцев
1	M±Sd	1,6±1,0	1,1±0,6	0,6±0,3
	Min/max	-0,5/3,9	0,2/3,3	0/1,4
	Me (IQR)	1,5 (2,3–0,8)	1 (1,4–0,7)	0,6 (0,9–0,4)
2	M±Sd	4,6±2,3	2,7±1,4	1,6±1,0
	Min/max	0,8/11,5	0,4/6,5	0/4,3
	Me (IQR)	4,4 (6–2,9)	2,55 (3,4–1,8)	1,3 (2,2–0,9)
3	M±Sd	1,1±0,5	0,8±0,6	0,5±0,2
	Min/max	0/2,2	-0,7/2,1	0/0,8
	Me (IQR)	1,1 (1,4–0,8)	0,85 (1,2–0,3)	0,5 (0,6–0,4)
4	M±Sd	3,5±2,0	2,3±1,0	1,1±0,8
	Min/max	0/7,3	0,5/5,7	-0,4/2,4
	Me (IQR)	3,9 (4,8–2)	2,3 (2,8–1,9)	1,1 (1,7–0,4)

Таблица 3 / Table 3

**Разность в скорости проведения импульса по сенсорным волокнам локтевого нерва в динамике, м/с**  
**The difference in the pulse velocity along the sensory fibers of the ulnar nerve in dynamics, m/s**

Под-группа	Показатели	Периоды наблюдения		
		сразу после лечения	через 3 месяца	через 6 месяцев
1	<i>M±Sd</i>	1,8±1,2	1,3±0,5	0,5±0,2
	<i>Min/max</i>	-0,5/4,9	0,2/2,6	-0,2/1,0
	<i>Me (IQR)</i>	1,6 (2,2-1,1)	1,3 (1,6-1,1)	0,5 (0,6-0,3)
2	<i>M±Sd</i>	4,9±2,0	4,7±1,7	1,7±0,6
	<i>Min/max</i>	0,4/9,1	0,1/9,4	0,2/3,6
	<i>Me (IQR)</i>	5,1 (6,3-3,9)	4,7 (5,7-3,5)	1,7 (2,2-1,3)
3	<i>M±Sd</i>	1,6±1,3	0,9±0,4	0,3±0,2
	<i>Min/max</i>	-0,4/5,8	-0,2/1,9	-0,1/0,6
	<i>Me (IQR)</i>	1,5 (1,8-1,1)	0,9 (1,1-0,7)	0,3 (0,4-0,2)
4	<i>M±Sd</i>	5,3±2,1	2,6±1,0	1,2±0,7
	<i>Min/max</i>	0,9/9,3	0,3/4,7	-0,3/2,6
	<i>Me (IQR)</i>	5,7 (6,9-3,4)	2,6 (3,2-1,9)	1,3 (1,7-0,8)

Таблица 4 / Table 4

**Разность в уровне болевого синдрома в руках в динамике, баллы по визуальной ранговой шкале**  
**Difference in the level of pain in the hands in dynamics, points on the visual rank scale**

Под-группа	Показатели	Периоды наблюдения		
		сразу после лечения	через 3 месяца	через 6 месяцев
1	<i>Min/max</i>	-5/2	-5/2	-5/1
	<i>Me (IQR)</i>	0 (-1...0)	0 (-1...0)	0 (0...0)
2	<i>Min/max</i>	-6/-2	-4/-1	-2/1
	<i>Me (IQR)</i>	-4 (-5...-4)	-3 (-3...-2)	-1 (-1...0)
3	<i>Min/max</i>	-4/3	-2/1	-1/1
	<i>Me (IQR)</i>	0 (-1...0)	0 (0...0)	0 (0...0)
4	<i>Min/max</i>	-6/-1	-5/-1	-3/1
	<i>Me (IQR)</i>	-3 (-4...-3)	-3 (-3...-2)	-1 (-1...0)

что эффект от проводимой терапии во второй группе был значимо выше ( $p < 0,001$ ), а на этапах через 3 и 6 месяцев различия постепенно нивелируются.

**Обсуждение.** Работ, в которых бы освещались вопросы применения НИЛИ для лечения профессиональных ПНП верхних конечностей, связанных с физическими перегрузками и функциональным перенапряжением мышц конечностей, в российской и зарубежной научной литературе обнаружено не было. Но полученные данные о положительном влиянии НИЛИ на течение профессиональной ПНП верхних конечностей подтверждаются исследованиями в смежных областях. Например, использование НИЛТ при лечении травматического повреждения нервов верхних и нижних конечностей (закрытые переломы,

вывихи, раны) способствовало значительному регрессу двигательных, чувствительных, сосудистых расстройств у таких больных, предупреждало развитие дистрофических изменений в конечностях [11]. При лечении диабетической ПНП верхних и нижних конечностей НИЛИ также активно используют в качестве симптоматического средства, отдавая при этом приоритет этиологической (то есть противодиабетической) терапии [12, 13]. Было отмечено, что НИЛТ улучшает функциональное состояние периферических нервных волокон, уменьшает выраженность болевого синдрома при данной патологии [14].

Положительный эффект от терапии НИЛИ при синдроме запястного канала описывают некоторые зарубежные авторы [15]: он заключается в уменьшении болевого синдрома, улучшении качества жизни, но при этом статистически значимых различий в показателе при электромиографическом исследовании выявлено не было.

Описан положительный эффект НИЛИ при лечении профессионального миофиброза мышц предплечий [16]: действие НИЛИ на плечелучевую мышцу улучшает кровенаполнение сосудов кистей и рук, приводит к уменьшению толщины межмышечных пространств, повышению динамометрических показателей. Этот факт представляет особый интерес, так как данное заболевание часто сопутствует развитию профессиональной ПНП верхних конечностей [2, 17].

При проведении исследования для обеспечения лазерной безопасности лечение пациентов проводилось в специально оборудованном помещении в соответствии с требованиями СН 245-71, с использованием средств индивидуальной защиты (защитных очков). Аппарат «АЛП-01-Латон» относится к лазерам 2 класса опасности, которые могут быть опасны при облучении глаз прямым пучком, но при этом их диффузно отраженное излучение безопасно для кожи и для глаз. При эксплуатации прибора строго соблюдались правила техники безопасности, поэтому на пациентов и на медицинский персонал действовало диффузно отраженное лазерное излучение красной области спектра, энергетические экспозиции которого не превышали предельно допустимых уровней согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». За время лечения у 116 пациентов из основной группы, получавших лечение НИЛИ, не отмечалось побочных эффектов системного характера.

#### **Выводы:**

1. Разработанный способ лечения низкоинтенсивным лазерным излучением профессиональных полиневропатий верхних конечностей является простым и удобным для использования в клинической практике: он применим как в стационаре, так и в амбулаторных условиях.

2. После лечения у пациентов из основной группы в отличие от группы сравнения отмечалось статистически значимое увеличение параметров скорости проведения импульса по сенсорным волокнам срединного и локтевого нервов с одновременным уменьшением выраженности болевого синдрома.

3. Эффект от терапии низкоинтенсивным лазерным излучением у пациентов из основной группы уменьшался через 6 месяцев, что позволяет рекомендовать проведение подобных курсов лечения 2 раза в год.

4. Лечение низкоинтенсивным лазерным излучением имеет ограниченный список противопоказаний, в целом хорошо переносится пациентами при минимальных местных побочных эффектах.

## Список литературы

1. Милутка Е.В., Дедкова Л.Е. *Профессиональные заболевания периферической нервной системы от физических перегрузок и функционального перенапряжения*. СПб.: Издательство СЗГМУ им. И.И. Мечникова; 2016.
2. Гребеньков С.В., Кочетова О.А., Милутка Е.В., Малькова Н.Ю. Профессиональная полиневропатия — современный взгляд на проблему в России и за рубежом (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2019; 6: 631–635.
3. Илларионов В.Е. *Теория и практика лазерной терапии*. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ»; 2010.
4. Москвин С.В., Наседкин А.Н., Осин А.Я., Хан М.А. *Лазерная терапия в педиатрии*. М.: Эксмо; 2010.
5. Cidral-Filho F.J., Mazzardo-Martins L., Martins D.F., Santos A.R. Light-emitting diode therapy induces analgesia in a mouse model of postoperative pain through activation of peripheral opioid receptors and the L-arginine/nitric oxide pathway. *Lasers medical science*. 2014; 29(2): 695–702.
6. Pereira F.C., Parisi J.R., Maglioni C.B., Machado G.B., Barragán-Iglesias P., Silva J.R.T., Silva M.L. Antinociceptive effects of low-level laser therapy at 3 and 8 j/cm<sup>2</sup> in a rat model of postoperative pain: possible role of endogenous Opioids. *Lasers in surgery and medicine*. 2017; 49(9): 844–51.
7. Allameh M., Khalesi S., Khozimeh F., Faghihian E. Comparative Evaluation of the Efficacy of Laser Therapy and Fibroblastic Growth Factor Injection on Mucosal Wound Healing in Rat Experimental Model. // *Journal of lasers in medical sciences*. 2018; 9(3): 194–99.
8. Traverzim M.A.D.S., Makabe S., Silva D.F.T., Pavani C., Bussadori S.K., Fernandes K.S.P. Effect of led photobiomodulation on analgesia during labor: Study protocol for a randomized clinical trial. *Medicine (Baltimore)*. 2018; 97(25): e11120. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29924010>
9. Rosso M.P.O., Buchaim D.V., Kawano N., Furlanette G., Pomini K.T., Buchaim R.L. Photobiomodulation Therapy (PBMT) in Peripheral Nerve Regeneration: A Systematic Review. *Bioengineering (Basel)*. 2018; 5(2): 43–44.
10. Малькова Н.Ю., Ушкова И.Н., Кочетова О.А. *Способ лечения профессиональной полиневропатии верхних конечностей: пат. 2585411* Рос. Федерация: МПК А 61 № 5/067 (2006.01); № 2015124281/14.
11. Гильтмутдинова Л.Т., Шарипова Э.Ш. Применение комплексного лечения при травмах конечностей, осложненных повреждением нервов. *Лазерная медицина*. 2007; 11(2): 7–13.
12. Kochman A.B., Carnegie D.H., Burke T.J. Symptomatic reversal of peripheral neuropathy in patients with diabetes. *J. Am. Podiatry. Med. Assoc.* 2002; 92(3): 125–130.
13. Кочетков А.В., Турова Е.А., Искандарян А.Г., Костина Л.Н. Применение монохромной фотоматричной терапии в комплексном восстановительном лечении больных диабетической ангио- и нейропатией. *Вестник восстановительной медицины*. 2008; 4(26): 43–47.
14. Khamseh M.E., Kazemikho N., Aghili R., Forough B., Lajevardi M., Hashem Dabaghian F., Goushegiri A., Malek M. Diabetic distal symmetric polyneuropathy: effect of low-intensity laser therapy. *Lasers in medical science*. 2011; 26(6): 831–835.
15. Bartkowiak Z., Eliks M., Zgorzalewicz-Stachowiak M., Romanowski L. The Effects of Nerve and Tendon Gliding Exercises Combined with Low-level Laser or Ultrasound Therapy in Carpal Tunnel Syndrome. *Indian journal of orthopaedics*. 2019; 53(2): 347–352.
16. Малькова Н.Ю., Попов А.В. Использование низкоинтенсивного лазерного излучения для лечения профессионального миофиброза. *Экология человека*. 2018; 1: 26–30.
17. Измеров Н.Ф. ред. *Профессиональная патология: национальное руководство*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2011.

## References

1. Milutka E.V., Dedkova L.E. *Occupational diseases of the peripheral nervous system from physical overload and functional overstrain*. St. Petersburg: Izdatel'stvo SZGMU im. I.I. Mechnikova; 2016 (in Russian).
2. Greben'kov S.V., Kochetova O.A., Milutka E.V., Mal'kova N.Yu. Professional polyneuropathy — a modern view of the problem in Russia and abroad (literature review). *Gigiena i sanitariya*. 2019; 6: 631–5 (in Russian).
3. Illarionov V.Ye. *Theory and practice of laser therapy*. M.: Knizhnyy dom «LIBROKOM»; 2010 (in Russian).
4. Moskvin S.V., Nasedkin A.N., Osin A.Ya., Khan M.A. *Laser therapy in pediatrics*. M.: Eksmo; 2010 (in Russian).
5. Cidral-Filho F.J., Mazzardo-Martins L., Martins D.F., Santos A.R. Light-emitting diode therapy induces analgesia in a mouse model of postoperative pain through activation of peripheral opioid receptors and the L-arginine/nitric oxide pathway. *Lasers medical science*. 2014; 29(2): 695–702.
6. Pereira F.C., Parisi J.R., Maglioni C.B., Machado G.B., Barragán-Iglesias P., Silva J.R.T., Silva M.L. Antinociceptive effects of low-level laser therapy at 3 and 8 j/cm<sup>2</sup> in a rat model of postoperative pain: possible role of endogenous Opioids. *Lasers in surgery and medicine*. 2017; 49 (9): 844–51.
7. Allameh M., Khalesi S., Khozimeh F., Faghihian E. Comparative Evaluation of the Efficacy of Laser Therapy and Fibroblastic Growth Factor Injection on Mucosal Wound Healing in Rat Experimental Model. *Journal of lasers in medical sciences*. 2018; 9(3): 194–9.
8. Traverzim M.A.D.S., Makabe S., Silva D.F.T., Pavani C., Bussadori S.K., Fernandes K.S.P. Effect of led photobiomodulation on analgesia during labor: Study protocol for a randomized clinical trial. *Medicine (Baltimore)*. 2018; 97(25): e11120. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29924010>
9. Rosso M.P.O., Buchaim D.V., Kawano N., Furlanette G., Pomini K.T., Buchaim R.L. Photobiomodulation Therapy (PBMT) in Peripheral Nerve Regeneration: A Systematic Review. *Bioengineering (Basel)*. 2018; 5(2): 43–44.
10. Mal'kova N.Yu., Ushkova I.N., Kochetova O.A. *Method for the treatment of occupational polyneuropathy of the upper extremities. Patent № 2585411*; 2015 (in Russian).
11. Gil'mutdinova L.T., Sharipova E.Sh. Complex treatment for limb injuries complicated by nerve damage. *Lazernaya meditsina*. 2007; 11(2): 7–13 (in Russian).
12. Kochman A.B., Carnegie D.H., Burke T.J. Symptomatic reversal of peripheral neuropathy in patients with diabetes. *J. Am. Podiatry. Med. Assoc.* 2002; 92(3): 125–130.
13. Kochetkov A.V., Turova Ye.A., Iskandaryan A.G., Kostina L.N. The use of monochrome photomatrix therapy in the complex rehabilitation treatment of patients with diabetic angio- and neuropathy. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny*. 2008; 4(26): 43–47 (in Russian).
14. Khamseh M.E., Kazemikho N., Aghili R., Forough B., Lajevardi M., Hashem Dabaghian F., Goushegiri A., Malek M. Diabetic distal symmetric polyneuropathy: effect of low-intensity laser therapy. *Lasers in medical science*. 2011; 26(6): 831–835.
15. Bartkowiak Z., Eliks M., Zgorzalewicz-Stachowiak M., Romanowski L. The Effects of Nerve and Tendon Gliding Exercises Combined with Low-level Laser or Ultrasound Therapy in Carpal Tunnel Syndrome. *Indian journal of orthopaedics*. 2019; 53(2): 347–52.
16. Mal'kova N.Yu., Popov A.V. The use of low-intensity laser radiation for the treatment of professional myofibrosis. *Ekologiya cheloveka*. 2018; 1: 26–30 (in Russian).
17. Izmerov N.F. ed. *Occupational pathology: national leadership*. M.: GEOTAR-Media; 2011 (in Russian).