

© Малькова Н.Ю., Петрова М.Д., 2020

УДК 613.6

Результаты внедрения способа профилактики зрительного утомления на основе низкоинтенсивного лазерного излучения

Н.Ю. Малькова^{1,2}, М.Д. Петрова¹

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Кирочная ул., д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Развитие зрительного утомления обусловлено изменениями в мышечном аппарате глаза и в сетчатой оболочке глаза и характеризуется понижением их функциональной активности. При зрительном напряжении с увеличением стажа работы и возраста теряется работоспособность. Известные способы профилактики переутомления зрительного анализатора и снятия зрительного утомления малоэффективны. В связи с этим был разработан и запатентован способ снятия зрительного утомления на основе действия низкоинтенсивного рассеянного лазерного излучения красной области спектра. *Целью* настоящей работы явилось ретроспективное изучение эффективности способа снятия зрительного утомления. *Материалы и методы.* Проведено обследование двух групп женщин в возрасте 43–57 лет, работающих в условиях зрительно-напряженного труда и в отношении которых в течение 20 лет проводились профилактические мероприятия. Оценивалось состояние светового зрения по времени адаптации. *Результаты исследований.* Апробация способа снятия зрительного утомления показала, что 5-дневный курс стабилизировал порог световой чувствительности на протяжении всей смены. На протяжении 20 лет у работающих отсутствовали жалобы на боли в глазах, резь, жжение, слезотечение. Объективные исследования функционального состояния органа зрения показали, что порог световой чувствительности в динамике рабочего дня достоверно ниже по сравнению с данными лиц контрольной группы, в отношении которых не проводились профилактические мероприятия.

Выводы. Применение для снятия зрительного утомления способа, основанного на бинокулярном воздействии на глаза лазерным излучением красной области спектра энергетической освещенностью 2×10^{-7} Вт/см², при времени действия 2 минуты, курсами по 5 дней два раза в год в течение 20 лет, позволило у лиц обследованных групп со зрительно-напряженным трудом сохранить ретикулярную активность по показателю световой чувствительности, что предотвращало развитие зрительного утомления.

Ключевые слова: зрительное утомление, профилактика, лазерное излучение.

Для цитирования: Малькова Н.Ю., Петрова М.Д. Результаты внедрения способа профилактики зрительного утомления на основе низкоинтенсивного лазерного излучения // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 10 (331). С. 56–59. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-56-59>

Results of Applying the Method of Visual Fatigue Prevention Using Low-Intensity Laser Radiation

N.Yu. Mal'kova^{1,2}, M.D. Petrova¹

¹North-West Public Health Research Center, 4 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

Summary. *Introduction:* Visual fatigue is caused by changes in the muscular apparatus and retina of the eye and is characterized by deterioration in their functional activity. Along with an increase in work experience and age, workplace visual stress promotes the loss of performance. Known methods of visual fatigue prevention and eye strain relief are ineffective. In this regard, a technique of relieving visual fatigue using scattered low-level red laser radiation was developed and patented. The *purpose* of our study was a retrospective evaluation of effectiveness of the visual fatigue reduction technique. *Materials and methods:* We examined two groups of women (PC operators and jewellers) aged 43–57 years experiencing visual stress at work and practicing the method under study over the previous 20 years. The state of daylight vision was assessed by adaptation time. *Results:* A five-day testing of the method of visual fatigue relief showed stabilization of the light sensitivity threshold throughout the work shift. Over the 20-year period, the female workers had had no complaints of eye strain, burning or lacrimation. Objective studies of the functional state of the organ of sight showed that the light sensitivity threshold during the working day in two study groups was significantly lower than that in the control group with no preventive measures taken. *Conclusions:* We established that using the technique of eye strain relief based on a two-minute binocular exposure to red laser radiation with the power density of 2×10^{-7} W/cm², a 5-day course every six months over the period of 20 years, helped retain retinal activity in terms of light sensitivity, thus preventing visual fatigue.

Keywords: visual fatigue, prevention, laser radiation.

For citation: Mal'kova N.Yu., Petrova M.D. Results of applying the method of visual fatigue prevention using low-intensity laser radiation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; (10(331)):56–59. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-56-59>

Author information: Mal'kova N.Yu., <https://orcid.org/0000-0002-0426-8851>; Petrova M.D., <https://orcid.org/0000-0001-5506-6523>.

Введение. Более половины информации от окружающей среды человек получает визуально. С момента пробуждения человека и до засыпания орган зрения непрерывно исполняет свою функцию, фокусируясь на интересующих человека объектах. При этом миллионы людей заняты трудовой деятельностью, в процессе которой они вынуждены напрягать глаза сильнее, чем в повседневной жизни, что сопряжено с риском развития зрительного утомления и переутомления [1]. Численность таких работающих с каждым годом увеличивается.

Развитие зрительного утомления обусловлено изменениями, возникающими не только

в мышечном аппарате глаза, но и, главным образом, в сетчатой оболочке глаза, и характеризуется понижением ее функциональной активности. Понижение функциональной активности сетчатой оболочки глаза связано с ухудшением кровенаполнения органа зрения, нарушением окислительно-восстановительных процессов [2–4].

При зрительном напряжении с увеличением стажа работы и возраста уменьшается работоспособность. Изменения в динамике рабочей недели подтверждают высказанную гипотезу о влиянии трудовой деятельности на функциональное состояние органа зрения,

развитие зрительного утомления. Прогрессирует близорукость, резко снижается острота зрения, развиваются воспалительные заболевания переднего отрезка глаза, в том числе блефариты, конъюнктивиты, кератиты различных этиологий, а также дистрофия сетчатой оболочки глаза. Известные способы профилактики переутомления зрительного анализатора и снятия зрительного утомления малоэффективны, не обеспечивают восстановления зрительных функций и не являются этиопатогенетическими^{1,2} [5].

В оптимальных условиях утомление зрения практически отсутствует. Поэтому борьба с развитием зрительного утомления сводится к созданию именно таких условий. Оптимальное освещение, рациональная организация труда и отдыха, правильное построение режима рабочего дня, а также смена одного вида деятельности другим — все это в достаточной степени может снизить вероятность развития зрительного утомления³. Однако соблюдение всех рекомендаций не всегда возможно, и тогда развитие зрительного утомления неминуемо. Для решения данной проблемы, с учетом патогенеза действия лазерного излучения [6], в 1989 году были разработаны способы профилактики заболеваний, обусловленных действием вредных факторов при работе на производстве [7]. Разработан и запатентован способ снятия зрительного утомления на основе действия низкоинтенсивного рассеянного лазерного излучения красной области спектра. Способ заключается в том, что в период максимального утомления, приходящийся на четвертый час работы, работникам предлагается в течение двух минут наблюдать за динамической картинкой, образующейся в результате многократного отражения лазерного луча от стенок шара. В результате такой процедуры увеличивается кровоснабжение органа зрения, в том числе в сетчатой оболочке, пигментном эпителии, улучшаются обменные процессы, что в свою очередь способствует улучшению функции зрения.

На основе патента разработаны и утверждены методические рекомендации⁴, внедрение которых проводилось на многих предприятиях Санкт-Петербурга и России в целом.

Обследовано более 28000 работающих, предъявляющих жалобы в 67 % случаев на неприятные ощущения в глазах, появление тупых и режущих болей, слезотечение или сухость глаз, на усталость, раздражительность и слабость, ухудшение общего состояния и снижение работоспособности. После проведения мероприятий выявлено уменьшение в 2,7 раза числа жалоб на боли в глазах, отмечено исчезновение слезотечения, рези, жжения; в 3,1 раза уменьшаются раздражительность и слабость. Функции зрения повышаются на 25,2–48,3 % в зависимости от профессии и выраженности развития зрительного утомления

в 84–95 % случаев. Чем более выражено развитие зрительного утомления, тем выше эффект применяемой методики. В экспериментальных исследованиях было показано, что механизм действия излучения связан не только с фоторецепторами сетчатой оболочки глаза, но и с пигментным эпителием, кровенаполнением сосудов глаза. Активация окислительно-восстановительной тиолдисульфидной системы способствует регенерации родопсина, SH-группы которого необходимы для его функционирования⁵ [8, 9]. Усиление обменных процессов, увеличение кровенаполнения увеального тракта глаза, в свою очередь, способствуют улучшению функции зрения [10–12].

Целью исследования явилось ретроспективное изучение эффективности способа снятия зрительного утомления.

Материал и методы. Нами проведено обследование двух групп женщин в возрасте 43–57 лет, работающих в условиях зрительно-напряженного труда и проходивших профилактические мероприятия в течение 20 лет. Первая группа (21 человек) — работающие с ПК, вторая группа (23 человека) — ювелиры, полировщицы ювелирных изделий, работающие под микроскопом, и контрольная группа (20 человек), работа которых не связана со зрительно-напряженным трудом. Оценивалось состояние светового зрения по времени адаптации на адаптометре типа АДМ, по трехминутной методике⁶. Профилактические мероприятия, основанные на бинокулярном воздействии на глаза лазерным излучением красной области спектра, энергетической освещенностью 2×10^{-7} Вт/см², при времени действия 2 минуты в течение 5 дней, проводились два раза в году, как правило, весной и осенью⁴. Для снятия зрительного утомления применялся прибор АЛП-02 «Витазор» (регистрационное удостоверение ФСР 2008/01897). Статистический анализ полученных результатов проводился с использованием программы Statistica 8.

Результаты исследования. Исследование проводилось в первый, четвертый и восьмой часы работы. Результаты исследования представлены в таблице.

Анализ данных показывает, что у представителей обследуемых групп в исходном состоянии наблюдается достоверное снижение световой чувствительности на четвертый час работы как в сравнении с результатами исследования в первый час работы, так и данными контрольной группы, не связанной со зрительно-напряженным трудом. В конце рабочего дня, на восьмой час работы, при заметной тенденции к повышению световой чувствительности достоверность выявленных изменений сохраняется.

Полученные изменения свидетельствуют о развитии зрительного утомления. При этом

¹ Руководство по профессиональным заболеваниям /Под ред. Н.Ф. Измерова. М.: Медицина, 1996. 336 с.

² Ушкова И.Н., Малькова Н.Ю., Ушкова М.К. Профилактика заболеваний опорно-двигательного аппарата и зрительного утомления при работе с персональными компьютерами (с использованием низкоинтенсивного лазерного излучения). Пособие для врачей. СПб., 2008. 28 с.

³ Руководство по гигиене труда: [В 2 т.] / Под общ. ред. Н.Ф. Измерова. М.: Медицина, 1987. Т. 1. 368 с.

⁴ МР 5145–89 «Снятие зрительного утомления при работах высокой точности». Л., 1989. 8 с. (утверждены 17.10.89).

⁵ Соколовский В.В. Тиоловые соединения в биохимических механизмах жизнедеятельности. Тиоловые соединения в биохимических механизмах патологических процессов. Л., 1979. С. 5–9.

⁶ Справочник по офтальмологии / Под ред. Э.С. Аветисова. М.: Медицина, 1978. 376 с.

Таблица. Время темновой адаптации у представителей обследуемых групп в динамике рабочего дня, сек

Table. Dark adaptation time in the study groups during the working day, sec

Период исследования / Study period	Наименование групп / Group	В первый час работы / At the first hour	На четвертый час работы / At the fourth hour	На восьмой час работы / At the eighth hour
Исходное состояние / Initial state	Первая / First	35,6 ± 2,7	51,4 ± 3,2*	47,3 ± 3,6*
	Вторая / Second	32,1 ± 1,6	46,3 ± 2,4*	38,8 ± 1,8*
	Контрольная / Control	26,6 ± 2,6	28,4 ± 3,1	32,3 ± 1,9*
Сразу после 5-дневного курса / Immediately after the 5-day course	Первая / First	33,5 ± 2,6	36,8 ± 1,9	37,1 ± 2,3
	Вторая / Second	29,2 ± 2,3	34,1 ± 2,6	32,9 ± 2,6
После 20 лет проведения профилактики / After 20 years of prevention	Первая / First	36,5 ± 2,6	37,8 ± 1,9	39,1 ± 2,3
	Вторая / Second	34,2 ± 2,3	36,1 ± 2,6	39,9 ± 2,6
	Контрольная / Control	42,6 ± 2,7	56,4 ± 3,2	49,3 ± 3,6

Условные обозначения. Жирным шрифтом отмечены достоверно значимые различия по сравнению с данными контрольной группы при $p < 0,05$. Звездочкой (*) отмечены достоверно значимые различия по сравнению с исследованием «до работы» при $p < 0,05$.

Notes: Statistically significant differences are marked in bold as compared with the data of the control group at $p < 0.05$. The asterisk (*) marks significant differences in comparison with the initial state at $p < 0.05$.

работницы первой и второй групп жалуются на неприятные ощущения в глазах, появление тупых и режущих болей, слезотечение или сухость глаз, резь, жжение.

Апробация способа снятия зрительного утомления в течение 5 дней на обследованных группах со зрительно-напряженным трудом показала его эффективность (см. таблицу).

Из таблицы видно, что 5-дневный курс по снятию зрительного утомления стабилизировал порог световой чувствительности в динамике рабочего дня, что предотвращало развитие зрительного утомления и сохраняло высокую работоспособность на протяжении всей смены.

Наблюдение за работниками было продолжено. Дальнейшие исследования показали, что процесс улучшения зрения сохранялся и в последующие дни исследования в течение 35 дней, после чего отмечалось медленное, в течение 3 месяцев, возвращение в исходное состояние. После проведения профилактических мероприятий работающие предъявляли в 2,1 раза меньше жалоб на головные боли. Уменьшилось в 2,8 раза число жалоб на общую усталость, быструю утомляемость, раздражительность, улучшились сон и самочувствие. Исчезли жалобы на боли в глазах, резь, жжение, слезотечение.

Это позволило рекомендовать проведение профилактических мероприятий 2 раза в год — весной и осенью — с учетом времени отдыха в отпускной период.

Исследования, проведенные в этой группе работающих по прошествии 20 лет, в течение которых выполнялись профилактические мероприятия, показали, что на протяжении этого периода работающие не жаловались на боли в глазах, резь, жжение, слезотечение, если мероприятия проводились 2 раза в год и при 8 часовом рабочем дне. Если по каким-то причинам работающий не проходил профилактику или нагрузка на зрительный анализатор увеличивалась (сверхурочные работы, работы в выходные дни), то жалобы появлялись вновь, но с меньшей частотой, чем в случае неприменения профилактики вообще, т. е. чем у лиц контрольной группы.

Объективные исследования функционального состояния органа зрения показали, что порог световой чувствительности в динамике рабочего дня имеет тенденцию к увеличению (таблица) как у представителей первой, так и второй группы. Однако световая чувствитель-

ность достоверно ниже по сравнению с данными лиц контрольной группы, что свидетельствует о стабилизации функции зрения и предотвращении развития зрительного утомления у работников, проходивших профилактические мероприятия.

Выводы

Применение способа снятия зрительного утомления, основанного на бинокулярном воздействии на глаза лазерным излучением красной области спектра энергетической освещенностью 2×10^{-7} Вт/см² при времени действия 2 минуты, курсами по 5 дней, два раза в году в течение 20 лет на обследованных группах работников со зрительно-напряженным трудом, позволило сохранить ретиальную активность по показателю световой чувствительности и, следовательно, предотвратить развитие зрительного утомления.

Информация о вкладе авторов: Концепция и дизайн исследования — Малькова Н.Ю., Петрова М.Д.; сбор и обработка материала, статистическая обработка — Малькова Н.Ю.; написание текста — Петрова М.Д.

Финансирование. Работа не имела спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Калинина Н.И., Никитина В.Н., Ляшко Г.Г. и др. Функциональное состояние зрительного анализатора у пользователей персональных компьютеров // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 8. С. 484–489.
2. Ушкова И.Н., Малькова Н.Ю., Меркурьева Л.И. О профилактических мероприятиях при работе с компьютером // Экология человека. 2005. № 10. С. 61–63.
3. Соколовский В.В., Ушкова И.Н., Березин Ю.Д. и др. О стимулирующем эффекте действия излучения гелий-неонового лазера на глаза кролика // Офтальмологический журнал. 1990. Т. 45. № 3. С. 176–178.
4. Ушкова И.Н., Березин Ю.Д., Покровская Л.А. и др. О стимулирующем эффекте действия излучения лазера длиной волны 0,53 мкм на глаза кроликов // Офтальмологический журнал. 1991. № 6. С. 351–352.
5. Малькова Н.Ю., Нехорошев А.С., Ушкова И.Н. и др. Профилактика зрительного утомления при работе с персональными компьютерами (с использованием низкоинтенсивного лазерного излучения). СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова. 2016. 42 с.
6. Копаев С.Ю., Копаева В.Г., Сабурова И.Н. и др. Влияние излучения гелий-неонового лазера

на состояние клеток лимбальной зоны глаза человека. Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. № 1. С. 2–16.

7. Гафуров С.Д., Катахонов Ш.М., Холмонов М.М. Особенности применения лазеров в медицине. European Science. 2019. № 3 (45). С. 92–95.
8. Соколовский В.В. О биохимическом механизме реакции живых организмов на изменения солнечной активности // Проблемы космической биологии. 1982. Т. 43. С. 180–192.
9. Соколовский В.В. Тиоловые антиоксиданты в молекулярных механизмах неспецифической реакции организма на экстремальное воздействие (обзор) // Вопросы медицинской химии. 1988. Т. 34. № 6. С. 2–11.
10. Малькова Н.Ю., Ушкова М.К. Низкоинтенсивное лазерное излучение в профилактике зрительного переутомления // Вестник СПб ГМА им. И.И. Мечникова. 2007. Т. 8. № 4. С. 58–61.
11. Ушкова И.Н., Малькова Н.Ю., Покровская Л.А. Снятие зрительного утомления при зрительно-напряженных работах // Медицина труда и промышленная экология. 1999. № 9. С. 14–16.
12. Улащик В.С. Анализ механизмов первичного действия низкоинтенсивного лазерного излучения на организм // Здравоохранение. 2016. № 6. С. 41–51.
6. Копяев SY, Копяева VG, Saburina IN, et al. Effect of helium-neon laser on the limbal zone cells of human eye. Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologii. Elektronnoe Izdanie. 2015; (1):2-16. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.12737/10419>
7. Gafurov SJ, Kattahonov ShM, Holmonoe MM. Features of the application of lasers in medicine. European Science. 2019; (3(45)):92-95. (In Russian).
8. Sokolovskii VV. [On the biochemical mechanism of the reaction of living organisms to changes in solar activity.] Problemy Kosmicheskoi Biologii. 1982; 43:180-192. (In Russian).
9. Sokolovskii VV. [Thiol antioxidants in molecular mechanisms of nonspecific reaction of the body to exposure to extreme factors (review of the literature).] Voprosi Meditsinskoi Khimii. 1988; 34(6):2-11. (In Russian).
10. Malkova NY, Ushkova MK. [Low-intensity laser radiation in prevention of visual fatigue.] Vestnik SPb GMA im. I.I. Mechnikova. 2007; 8(4):58-61. (In Russian).
11. Ushkova IN, Malkova NY, Pokrovskaya LA. [Removal of visual fatigue during visual strenuous work.] Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya. 1999; (9):14-16. (In Russian).
12. Ulashchik VS. Analysis of mechanisms of low intensity laser radiation primary action on human body. Zdravookhranenie. 2016; (6):41-51. (In Russian).

References

1. Kalinina NI, Nikitina VN, Lyashko GG, et al. The functional state of the visual analyzer users of personal computer. Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya. 2019; 59(8):484-489. (In Russian).
2. Ushkova IN, Malkova NYu, Merkurieva LI. About preventive measures in work with computer. Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]. 2005; (10):61-63. (In Russian).
3. Sokolovskii VV, Ushkova IN, Berezin IuD, et al. [The stimulating effect of helium-neon laser radiation on rabbit eyes.] Oftalmologicheskii Zhurnal. 1990; 75(3):176-178. (In Russian).
4. Ushkova IN, Berezin YuD, Pokrovskaya LA, et al. [On the stimulating effect of laser radiation with a wavelength of 0.53 microns on the eyes of rabbits.] Oftalmologicheskii Zhurnal. 1991; (6):351-352. (In Russian).
5. Malkova NYu, Nekhoroshev AS, Ushkova IN, et al. [Prevention of visual fatigue when working with personal computers (using low-intensity laser radiation).] Saint Petersburg: SZGMU im. I.I. Mechnikova Publ., 2016. 42 p. (In Russian).

Статья получена: 05.06.2020
Принята в печать: 07.10.2020
Опубликована 30.10.2020

Контактная информация:

Малькова Наталья Юрьевна, д.б.н., главный научный сотрудник отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, профессор кафедры гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены ФГБУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России
e-mail: lasergmal@mail.ru

Corresponding author:

Natalia Yu. Mal'kova, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Department for Comprehensive Hygienic Assessment of Physical Factors, North-West Public Health Research Center of Rospotrebnadzor; Professor, Department for Hygiene of Educational, Training, and Working Conditions and Radiation Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov
e-mail: lasergmal@mail.ru