

## К вопросу о возможности применения лазерного облучения крови как метода профилактики и лечения осложнений при коронавирусной инфекции

В. В. Сафонов, Л. И. Гусев

**Резюме.** Наиболее грозным осложнением коронавирусной инфекции является химический пульмонит, приводящий к кислородному голоданию, сопровождающемуся спазмом сосудов и тромбозом капилляров. В России академик А. Г. Чучалин рекомендует применять в таких случаях гелий, способствующий снятию кислородного голодания, и NO, снимающий спазм сосудов. Гелий нормализует газовый состав крови и восстанавливает кислотно-щелочное равновесие, а также может предотвращать кислородное голодание, что служит профилактикой осложнений от заболевания коронавирусными инфекциями. Но все это требует специального оборудования и обученных специалистов.

В данном исследовании оценена возможность применения лазерного облучения крови (ЛОК) при коронавирусной инфекции, базируясь на исследовании, целью которого была профилактика осложнений химиотерапии у онкологических больных методом ЛОК. В исследование вошли 110 детей со злокачественными новообразованиями, которым проводилась высокодозная химиотерапия. Для профилактики орального мукозита (ОМ) этим детям проводились сеансы ЛОК аппаратами 1-го класса РИКТА 04/4. Для оценки эффективности ЛОК до начала сеансов и после их окончания определялась фагоцитарная активность лейкоцитов, исследовались бактериологические посевы микрофлоры из ротовой полости, для оценки микроциркулярных изменений капиллярного кровотока осуществлялась лазерная доплеровская флоуметрия. В результате, из 110 детей только у одного ребенка (0,9%) развился ОМ.

Исследование показало, что данная методика позволяет повышать иммунитет, увеличивает доставку кислорода, снимает спазм сосудов и не допускает образование тромбов в сосудах. Все эти свойства ЛОК дают основание к применению данной методики при коронавирусной инфекции.

На сегодняшний день поиск методов и препаратов для лечения осложнений коронавирусной инфекции ведется во всем мире. В России под руководством академика А. Г. Чучалина начато исследование эффективности гелия и оксида азота (NO) при лечении такого грозного осложнения, как химический пульмонит. Гелий нормализует газовый состав крови и восстанавливает кислотно-щелочное равновесие, а также может предотвращать кислородное голодание, а NO снимает спазм сосудов. Но всеми этими свойствами обладает и лазерное облучение крови (ЛОК).

Методика воздействия на кровь лазерным излучением была разработана в Новосибирском научно-исследовательском институте патологии кровообращения под руководством академика Е. Н. Мешалкина в 1980 г. Данная процедура проводится внутривенно или путем установления излучателя над крупными сосудами: ее стали называть чрескожным лазерным облучением крови, или сокращенно ЧЛОК. Многочисленные исследования показали, что эффективность внутривенного и чрескожного лазерного воздействия на кровь практически одинакова [1], но ЧЛОК проще и доступнее.

Чтобы оценить возможность использования ЛОК при коронавирусной инфекции, мы рассмотрим методы и результаты применения ЛОК для профилактики осложнений химиотерапии. Это исследование было проведено в ГБУЗ НПЦ специализированной медицинской помощи детям им. В. Ф. Войно-Ясенецкого ДЗМ (Москва).

### Материалы и методы исследования

Мукозит — объединяющий термин для эритематозных и эрозивно-язвенных поражений слизистой рта, глотки, пищевода и в целом желудочно-кишечного тракта в результате проведения противоопухолевого лечения [2]. Оральный мукозит (ОМ) значительно снижает качество жизни детей, а в тяжелых случаях требует введения наркотических анальгетиков и парентерального питания [3]. При этом специалисты из США утверждают, что затраты на пациентов, получавших противоопухолевую терапию, у которых развился ОМ, удваиваются по сравнению с теми пациентами, у которых данное осложнение отсутствовало [4].

До настоящего исследования 220 детям со злокачественными новообразованиями на высокодозной химиотерапии проводилась медикаментозная профилактика ОМ флуконазолом и Бисептолом, назначавшимися при снижении лейкоцитов ниже 2000. При появлении у этих детей субфебрильной температуры, снижении лейкоцитов ниже 1000 использовались такие препараты, как цефепим и Меронем. К концу химиотерапии у 53 детей развился ОМ, что составило 24%.

Вторая группа на данном этапе исследования была представлена 140 детьми. В данной группе профилактика ОМ проводилась методами локальной лазерной терапии. Лазерным излучением воздействовали на зоны ротовой полости, где чаще всего развивается ОМ. В данной группе детей ОМ развился у 19 пациентов, что составило

13,6%.

В настоящее исследование вошли 110 детей со злокачественными новообразованиями, которым проводилась высокодозная химиотерапия (табл. 1).

| Пациенты, которым профилактика ОМ проводилась методом ЛОК |                       |            | Таблица 1 |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------|------------|-----------|
| Злокачественные новообразования<br>(n = 110)              | Распределение по полу |            |           |
|                                                           | М (n = 68)            | Ж (n = 42) |           |
| Опухоли центральной нервной системы                       | 36                    | 18         |           |
| Остеогенная саркома                                       | 14                    | 10         |           |
| Саркома Юинга                                             | 7                     | 4          |           |
| Рабдомиосаркомы                                           | 4                     | 3          |           |
| Нейробластома                                             | 1                     | 1          |           |
| Нефробластома                                             | 1                     | 2          |           |
| Прочие                                                    | 5                     | 4          |           |

В группу «Прочие» вошло по одному пациенту с ретинобластомой, фибросаркомой, хондросаркомой, ангиогенной саркомой, десмопластической опухолью, герминомой, мезенхимальной опухолью, саркомой почки, саркомой яичника.

29 больным до применения ЛОК уже проводилась высокодозная химиотерапия, которая осложнялась развитием ОМ. Всем детям проводили ЧЛОК за 1–2–3 дня до начала химиотерапии.

Исходя из того, что повышение фагоцитарной активности лейкоцитов при ЛОК может препятствовать бурному развитию патогенной микрофлоры даже при развитии лейкопении [3], а также происходит стимуляция эндотелиоцитов, вырабатывающих фактор роста кератиноцитов, мы решили проводить ЛОК у пациентов перед сеансами химиотерапии.

Механизм лечебного действия лазерной гемотерапии (ЛГТ) является общим при различной патологии. Результаты, подтвержденные сотнями исследований, доказывают истинность предположения о том, что ЛОК относится к иммуномодулирующим методикам. К тому же при ЛОК тучные клетки выделяют эндогенный инсулин, а эндотелиальные клетки и макрофаги выделяют NO. Эритроциты переносят на 30% больше кислорода. Резко возрастает фагоцитарная активность лейкоцитов и тромбоцитов.

Исследователями [5–10] определены вторичные эффекты лазерной гемотерапии, приводящие к нижеприведенным выраженным терапевтическим эффектам:

- уменьшение или исчезновение ишемии в тканях органов – увеличивается сердечный выброс, уменьшается общее периферическое сопротивление, расширяются коронарные сосуды, повышается толерантность к физическим нагрузкам;
- нормализация энергетического метаболизма клеток, подвергшихся гипоксии или ишемии, накопление в клетках циклических аденозинмонофосфатов, сохранение клеточного гомеостаза;
- противовоспалительное действие за счет торможения высвобождения гистамина и других медиаторов воспаления из тучных клеток, угнетения синтеза простагландинов, нормализация проницаемости капилляров, уменьшение отека и болевого синдромов;
- положительное влияние на процессы перекисного окисления липидов в сыворотке крови;
- нормализация липидного обмена.

Рассмотрим более детально, как и каким образом влияет ЛГТ на организм больных.

Экспериментальные и клинические исследования доказали, что низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ) нормализует микроциркуляцию: активизирует работу миоцитов и эндотелиоцитов, стимулирует функциональную активность сосудов за счет их дилатации и раскрытия резервных капилляров. Улучшение микроциркуляции ведет к ускорению выведения шлаков из организма (детоксикация), усиливается доставка кислорода к тканям и органам (антиишемическое действие). При этом увеличивается сердечный выброс, расширяются коронарные сосуды, повышается толерантность к нагрузкам. Выделение гепарина тучными клетками ведет к разжижению крови, что улучшает кровоснабжение тканей и органов, особенно в микрососудистом русле.

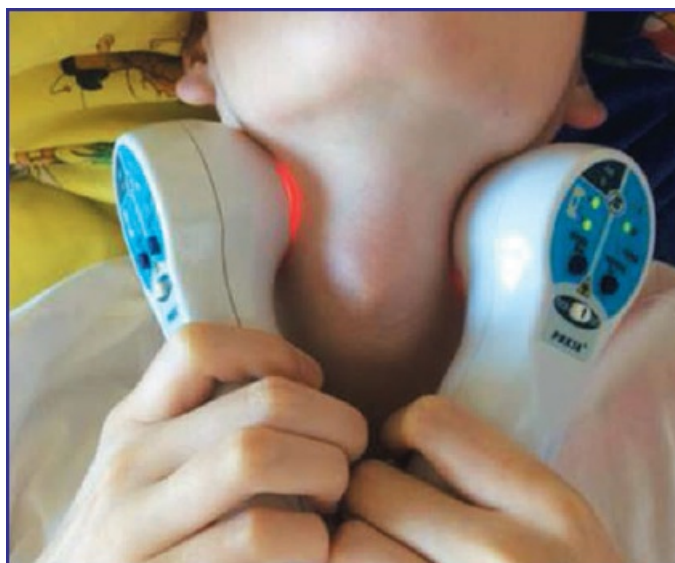
Эндотелиальные клетки, участвующие в многочисленных сосудистых биологических реакциях (вазоконстрикция, вазодилатация, ангиогенез), отвечали на лазерное излучение процессами повышенной пролиферативной активности и миграции, включая повышенную экспрессию фактора роста кератиноцитов и цитокинов [11–13].

Цель настоящего исследования заключается в определении эффективности профилактики ОМ при стимуляции фагоцитарной активности лейкоцитов и активизации выработки эндогенного фактора роста кератиноцитов методом ЛОК. Учитывая эти свойства ЛОК, мы решили применить данную методику для профилактики ОМ.

Облучение проводили отечественными импульсными лазерными аппаратами 1-го класса РИКТА 04/4. Мощность аппаратов составляет 20 Вт, но для проведения ЛОК необходима мощность в 4–5 Вт, поэтому мы снижали ее до 25%. Воздействие лазерным излучением на кровь осуществляли путем наложения двух излучателей на кожу над крупными сосудами: зоны сонных, кубитальных, подключичных или подколенных артерий и вен (рис. 1, 2).



**Рис. 1. Проведение сеанса ЛОК с установкой излучателей на подколенные ямки ребенку 7 лет**



**Рис. 2. Проведение сеанса ЛОК с установкой излучателей на зоны каротидных синусов**

Аппликация стационарная, время чрескожного воздействия на крупные сосуды — от 5 до 20 минут двумя излучателями. Доза лазерного излучения за 1 минуту составляла 0,006 Дж/см<sup>2</sup>. Суммарная доза за сеанс — от 0,06 до 0,24 Дж при площади светового пятна 4 см<sup>2</sup>, суммарная доза за сеанс — от 0,015 до 0,6 Дж/см<sup>2</sup>. Необходимо учитывать, что при воздействии лазерным излучением на ткань создаются оптические эффекты, характерные для

прохождения света через неоднородную среду: отражение, преломление, рассеяние и поглощение. Коэффициент отражения кожей электромагнитных волн оптического диапазона составляет 20–43% и зависит от температуры тела, пигментации, угла падения луча и др. Коэффициент поглощения НИЛИ для кожи, мягких тканей и костей — 25–64%. Таким образом, суммарная доза будет несколько ниже вышеуказанной.

Только при низких дозах ЛОК можно предотвращать апоптоз клеток, усиливать пролиферацию фибробластов [14], кератиноцитов [13], эндотелиальных клеток [15] и лимфоцитов [16, 17]. Исследователи часто наблюдают двухфазную реакцию дозы, когда низкие дозы лазерного излучения (ЛИ) оказывают гораздо более эффективное влияние на стимулирование и восстановление тканей, чем более высокие.

Общее время сеанса ЛОК зависит от возраста ребенка, а точнее от объема крови его организма. Количество сеансов может составлять от одного до трех в зависимости от показателей фагоцитарного индекса (ФИ) и фагоцитарного числа (ФЧ) до ЛОК.

Исследование фагоцитарной активности лейкоцитов является важнейшим показателем неспецифической резистентности организма. В нашем исследовании для определения состояния фагоцитарной активности лейкоцитов мы применяли методику с тест-объектом микрочастиц латекса (частицы диаметром 1,7 мкм) [2].

Методика определения фагоцитарной активности лейкоцитов выглядит следующим образом. Гепаринизированная (50 ЕД/мл) кровь в количестве 0,5 мл инкубируется в конических пробирках при температуре 37 °С с 0,05 мл промытой суспензии латекса. Через 5 мин и через 1 час готовятся мазки, которые окрашивают по Романовскому–Гимзе. Затем подсчитывают ФИ — процент фагоцитирующих клеток из 100 фагоцитов и ФЧ — среднее количество частиц, захваченных одной клеткой. К недостаткам метода можно отнести невозможность определения завершенности фагоцитоза, так как частицы латекса не перевариваются.

### Клинический пример 1

Девочка М., 7 лет. Диагноз: «Остеосаркома правой бедренной кости. T2N0M0. Стадия IIB». Полихимиотерапия по протоколу ОС-2006.

Лечение девочка перенесла удовлетворительно. ОМ у нее не развился. Даже спустя 5 дней после окончания полихимиотерапии (ПХТ) у ребенка сохранялась высокая фагоцитарная активность. По сравнению с таковой до ЛГТ она увеличилась более чем в 3 раза. Высокая фагоцитарная активность отмечалась и спустя 4 недели после ЛГТ (табл. 2).

| Таблица 2                                                             |                    |                                            |                 |     |     |      |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------|-----------------|-----|-----|------|
| Исследование динамики фагоцитарной активности лейкоцитов у ребенка М. |                    |                                            |                 |     |     |      |
| Пациент                                                               | Кол-во сеансов ЛГТ | Время исследования фагоцитарной активности | Время инкубации |     |     |      |
|                                                                       |                    |                                            | 5'              |     | 60' |      |
|                                                                       |                    |                                            | ФИ              | ФЧ  | ФИ  | ФЧ   |
| М., 7 лет                                                             | 3                  | До лазерной терапии                        | 12%             | 3,2 | 53% | 7    |
|                                                                       | По 20'             | После трех сеансов ЛГТ                     | 20%             | 5,4 | 72% | 8,3  |
|                                                                       |                    | На 8-й день после ЛГТ                      | 74%             | 8,1 | 71% | 10,1 |
|                                                                       |                    | На 14-й день                               | 48%             | 8   | 64% | 12,4 |
|                                                                       |                    | На 18-й день                               | 60%             | 7,2 | 86% | 19   |
|                                                                       |                    | На 27-й день                               | 72%             | 5,8 | 82% | 15,5 |

### Клинический пример 2

Ребенок С., 7 лет. Клинический диагноз: «С 71.8 Глиома низкой степени злокачественности хиазмально-селлярной области, интракраниальных отделов зрительных нервов, подкорковых структур, височной области и островковой области слева. Состояние после частичной резекции опухоли. Продолженный рост опухоли». Поступил в отделение детской онкологии НПЦ для проведения программной ПХТ по протоколу SIOP LGG2010.

Перед химиотерапией рано утром была взята кровь на определение фагоцитарной активности. Учитывая, что ее показатели были низкими, в этот же день была проведена стимуляция фагоцитарной активности и начата ПХТ. На 5 минутах инкубации фагоцитоза отмечено не было. Через час инкубации отмечена крайне низкая фагоцитарная



активность. В данном случае мы ограничились одним сеансом ЛОК, но провели его за 15 минут сразу двумя излучателями. Суммарное время воздействия на кровь — 30 минут. Сразу после сеанса ЛОК кровь взяли на исследование. Как видно из данного примера, стимуляция фагоцитоза резко увеличивается сразу после ЛОК (табл. 3).

| Таблица 3                                                             |                        |                                            |                 |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|-----------------|------|------|------|
| Исследование динамики фагоцитарной активности лейкоцитов у ребенка С. |                        |                                            |                 |      |      |      |
| Пациент                                                               | Количество сеансов ЛГТ | Время исследования фагоцитарной активности | Время инкубации |      |      |      |
|                                                                       |                        |                                            | 5'              |      | 60'  |      |
|                                                                       |                        |                                            | ФИ              | ФЧ   | ФИ   | ФЧ   |
| С., 7 лет                                                             | 1                      | До ЛОК                                     | Фагоцитоза нет  |      | 20%  | 3,4  |
|                                                                       | 30 мин                 | Через 3 часа после ЛОК                     | 8%              | 12,2 | 44%  | 14,5 |
|                                                                       |                        | Через 3 дня после ЛОК                      | 64%             | 12,2 | 100% | 13,7 |

Каких-либо осложнений, включая ОМ, у ребенка после химиотерапии не отмечено. Мы решили подсчитать, во сколько раз увеличилась фагоцитарная активность. Для этого мы умножили ФИ на ФЧ анализа крови до лазерной стимуляции и получили показатель, равный 68. Аналогичный расчет провели со 2-м и 3-м анализами. Результаты — 638 и 1370 соответственно. Если разделить показатели 2-го и 3-го исследования на исходный показатель, т. е. на 68, то получается, что сразу после ЛОК фагоцитарная активность увеличилась более чем в 9 раз, а через 3 дня — немногим более чем в 20 раз.

Эффективность фагоцитарной активности после ЛОК проверялась и методом бактериологических посевов микрофлоры из ротовой полости, которые брали до проведения ЛОК пациентам 3-й группы. Повторно посевы брали на 2-й день после ЛОК. Всего выполнено 34 микробиологических исследования с использованием сред Bact/ALERT® FA (Франция) для аэробной и анаэробной флор.

Анализ воздействия ЛОК на патогенную микрофлору ротовой полости показал высокую эффективность. Патогенная микрофлора, обнаруживавшаяся до высокодозной химиотерапии (*Streptococcus salivarius*, *Streptococcus mitis*, *Streptococcus viridians*, *Neisseria spp.*, *Moraxella catarrhalis*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella oxytoca*, *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumonia*, *Morganella morganii*), в 100% случаев не высевалась после ЛОК.

Для оценки эффективности лазерного облучения крови мы использовали и лазерную доплеровскую флуометрию (ЛДФ), которая успешно применяется для диагностики микроциркулярных изменений капиллярного кровотока при онкологических заболеваниях кожи, при оценке микрогемодинамики и эффективности проводимой терапии. В нашем случае это ЛОК.

Основным показанием к применению ЛДФ является необходимость визуализации системного состояния микроциркуляции у больных с поражением слизистой оболочки рта. Применение ЛДФ позволяет оценивать состояние и расстройства микроциркуляции крови и тем самым осуществлять объективный контроль эффективности проводимой ЛГТ.

В нашем исследовании применялся прибор «ЛАКК-М» (Россия). Метод ЛДФ основывается на оптическом неинвазивном зондировании тканей лазерным излучением и анализе излучения, рассеянного и отраженного от движущихся в тканях эритроцитов.

Величину прироста диаметров сосудов связывают с функционированием эндотелиальных клеток. Возрастание синтеза NO приводит к увеличению диаметра сосудов. При нарушении функции эндотелиальных клеток способность продуцировать NO и другие соединения снижена. В нашем исследовании нарушение функции эндотелия возникает при проведении высокодозной химиотерапии. При ЛОК возрастает синтез NO, что свидетельствует о стимуляции эндотелиальных клеток и макрофагов.

Во время исследования регистрировалось повышение показателя микроциркуляции, слабое в начале процедуры и более выраженное в конце, что свидетельствует о заметном повышении перфузии во время процедуры и сохранении этой тенденции после окончания лазерного облучения.

Данные изменения, полученные в ходе исследования, типичны для выраженного усиления перфузии по гиперемическому типу и характеризуются усилением притока крови в микроциркуляторное русло, активизацией

анастомозов, значительным повышением числа функционирующих капилляров, расширением микрососудов, улучшением регуляции сосудистого тонуса.

## Результаты и обсуждение

Подводя итоги настоящего исследования, следует отметить, что, несмотря на простоту и высокую эффективность ЛОК, необходимо знать основные противопоказания к ее проведению. Это общие противопоказания для лазерной терапии, а с учетом принципов действия данной методики особо следует обратить внимание на острые кровотечения, эпилепсию, тиреотоксикоз, тромбоз глубоких вен, заболевания крови (гемофилия, болезнь Верльгофа и др.) и выраженную тромбоцитопению, которая нередко встречается у пациентов, получающих химиотерапию. Учитывая тот факт, что при ЛОК тучные клетки выделяют эндогенный гепарин, у таких больных возможны кровотечения (чаще всего носовые).

Применение ЛОК до начала химиотерапии во всех случаях приводит к положительному результату. Лишь у одного ребенка развился ОМ, что составило 0,9%. Если считать, что из проведенных 260 курсов ЛОК ОМ развился только в 1 случае, то это составит всего 0,3%. Полученные результаты дали основание к подаче заявки на патент «Способ профилактики и лечения орального мукозита у детей», который был получен 24.06.2019 г. (RU 2692448).

Нами впервые отмечена высокая фагоцитарная активность тромбоцитов. О том, что тромбоцит может действовать как истинный фагоцит, сообщили американские ученые в 1976 г. [19]. Они же предположили, что фагоцитарный процесс аналогичен тому, что свойственно для полиморфноядерных лейкоцитов. Мы в свою очередь впервые обнаружили, что ЛОК резко стимулирует фагоцитарную активность тромбоцитов (рис. 3).



Рис. 3. Фагоцитоз тромбоцитами после ЛОК

Проведенное исследование показало, что ЛОК в детской онкологии на сегодняшний день является единственной безопасной и эффективной мерой профилактики и лечения ОМ. Эффективность и безопасность ЛОК детерминирована применением биостимулирующих микродоз лазерного излучения (0,006 Дж за 1 мин) — в сотни раз меньше доз, используемых на Западе. В значительной мере эффективность ЛГТ при профилактике и лечении ОМ определяется применением отечественных импульсных магнито-инфракрасно-лазерных аппаратов со световым пятном 4 см<sup>2</sup> — в отличие от аппаратов с постоянным излучением и размерами светового пятна менее 1 см<sup>2</sup>, применяемых за рубежом. Внедрение методики ЛОК в онкологическую практику будет способствовать повышению качества лечения детей с онкологическими заболеваниями, увеличению их выживаемости и существенно снизит расходы.

Основной целью данной публикации был вопрос о возможности применения лазерного облучения крови как метода профилактики и лечения осложнений при коронавирусной инфекции. Проведенное исследование доказало, что лазерное облучение крови достоверно расширяет сосуды, стимулирует фагоцитарную активность лейкоцитов, а также функциональную активность сосудов за счет их дилатации и раскрытия резервных капилляров. Усиливается доставка кислорода к тканям и органам. Выделение гепарина тучными клетками ведет к разжижению крови, что улучшает кровоснабжение тканей и органов, особенно в микрососудистом русле.

## Вывод

Учитывая безопасность ЛОК и все вышеперечисленные его возможности и эффекты при проведении данного метода, специалистам следует обратить внимание на возможность его применения при лечении коронавирусной инфекции.

## Литература/References

1. Кошелев В. Н., Семина Е. А., Камалян А. Б. Сравнительная оценка эффективности применения чрескожного и внутрисосудистого лазерного облучения крови / Матер. Междунар. конф. «Клиническое и экспериментальное применение новых лазерных технологий». Москва - Казань, 1995. С. 395-397.  
[Koshelev V. N., Semina E. A., Kamalyan A. B. Sravnitel'naya otsenka effektivnosti premeneniya chrezkozhnogo i vnutrisosudistogo lazernogo oblucheniya krovi [Comparative assessment of efficiency of intra-skin and intra-vascular blood irradiation] / Materials of international conference «Clinical and experimental use of new laser technologies». Moscow - Kazan, 1995. Pp. 395-397.]
2. Dodds M. J. The pathogenesis and characterization of oral mucositis associated with cancer therapy // *Oncol. Nurs. Forum*. 2004; 31 (4): 5-11.
3. Bensadoun R. J., Nair R. G. Low-level laser therapy in the prevention and treatment of cancer therapy-induced mucositis: 2012 state of the art based on literature review and meta-analysis // *Curr Opin Oncol*. 2012; 24: 363-370. DOI: 10.1097/CCO.0b013e328352eaa3.
4. Shenep J. L., Kalwinsky D. K., Hutson P. R., George S. L., Dodge R. K., Blankenship K. R., Thornton D. Efficacy of oral sucralose suspension in prevention and treatment of chemotherapy-induced mucositis // *J Pediatr*. 1988; 113 (4): 758-763.
5. Блохина Н. П., Ицкович А. И. Изменения функционального состояния полиморфноядерных фагоцитов у новорожденных детей с острыми респираторными заболеваниями под влиянием лазерной терапии / Материалы III Международной конференции: Актуальные вопросы лазерной медицины и операционной эндоскопии / Под ред. О. К. Скобелкина, А. А. Мартино. М., Видное, 1994. С. 409-410.  
[Blokhina N. P., Itskovich A. I. Izmeneniya funktsionalnogo sostoyaniya polimorfnyadernykh fagotsitov u novorozhdennykh detey s ostrymi respiratornymi zabolevaniyami pod vliyaniem lazernoy terapii [Changes in functional state of polymorphonuclear phagocytes in newborn children with acute respiratory diseases under the influence of laser therapy] / Materials of III international conference: urgent questions of laser medicine and operational endoscopy. / Edited by O. K. Skobelkin, A.A. Martino. Moscow, Vidnoe, 1994. Pp. 409-410.]
6. Воронина О. Ю., Каплан М. А., Степанов В. А. Нерезонансный механизм биостимулирующего действия низкоинтенсивного лазерного излучения // *Физическая медицина*. 1992. Т. 2. № 1-2. С. 40-50.  
[Voronina O. Yu., Kaplan M. A., Stepanov V. A. Nerezonansny mekhanizm biostimuliruyushego deystviya nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya [Non-resonance mechanism of biostimulating effect of low-intensity laser irradiation] // *Fizicheskaya meditsina*. 1992. V. 2. № 1-2. Pp. 40-50.]
7. Гамалея Н. Ф., Стадник В. Я., Рудых З. М. и др. Экспериментальное обоснование и первый опыт применения внутривенного лазерного облучения крови в онкологии // *Эксперим. онкология*, 1988. Т. 10. № 2. С. 60-63.  
[Gamaley N. F., Stadnik V. Ya., Rudykh Z. M. et al. Eksperimentalnoe obosnovanie i pervyiy opyt premeneniya vnutrivennogo lazernogo oblucheniya krovi v onkologii [experimental substantiation and first experience of application of intravenous laser irradiation of blood in oncology] // *Eksperimentalnaya onkologiya*, 1988. V. 10. № 2. Pp. 60-63.]
8. Дурнов Л. А., Балакирев С. А., Гусев Л. И. и др. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения в детской онкологии (экспериментальные и клинические исследования) / VI международная научно-практическая конференция по квантовой медицине. Москва, 6-10 декабря 1999 г. С. 160-165.  
[Durnov L. A., Balakirev S. A., Gusev L. I. et al. Primeneniye nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya v detskoj onkologii (eksperimentalnye i klinicheskie issledovaniya) [Use of low-intensive laser irradiation in children's oncology (Experimental and clinical researches)] / VI international scientific and practical conference on quantum medicine. Moscow, 6-10 December 1999. Pp. 160-165.]
9. Дурнов Л. А., Гусев Л. И., Балакирев С. А. и др. Низкоинтенсивные лазеры в детской онкологии // *Вестник Российской Академии мед. наук*. 2000; 6: 24-27.  
[Durnov L.A., Gusev L.I., Balakirev S.A. et al. Nizkointensivnye lazery v detskoj onkologii [Low-intensive laser in children's oncology] // *Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2000; 6: 24-27.]
10. Захарченко С. В. Иммуномодулирующий и противорецидивный эффекты магнито-инфракрасной лазерной терапии в комплексном лечении легкой бронхиальной астмы у детей. Автореф. дис. ... к.м.н. М., 2005. 23 с.  
[Zakharchenko S. V. Immunomoduliruyushchiy i protivoretsedivnyy efekty magneto-infrakrasnoy lazernoy terapii v kompleksnom lechenii legkoj bronkhialnoy astmy u detey [Immunomodulating and anti-recurrence effects of magnet-infrared laser irradiation in treatment of mild bronchial asthma in children]. Abstract of dissertation... of M.D. Moscow, 2005. 23 pages.]
11. Paris F., Fuks Z., Kang A. et al. Endothelial apoptosis as the primary lesion initiating intestinal radiation damage in mice // *Science*. 2001; 293: 293-297.
12. Weber J. B., Pinheiro A. L., de Oliveira M. G., Oliveira F. A., Ramalho L. M. Laser therapy improves healing of bone defects submitted to autologous bone graft // *Photomed Laser Surg*. 2006; 24: 38-44. [PubMed].
13. Grossman N., Schneid N., Reuveni H., Halevy S., Lubart R. 780 nm low power diode laser irradiation stimulates proliferation of keratinocyte cultures: involvement of reactive oxygen species // *Lasers Surg Med*. 1998; 22: 212-218.
14. Yu W., Naim J. O., Lanzafame R. J. The effect of laser irradiation on the release of bFGF from 3T3 fibroblasts // *Photochem Photobiol*. 1994; 59: 167-170.
15. Moore P., Ridgway T. D., Higbee R. G., Howard E. W., Lucroy M. D. Effect of wavelength on low-intensity laser irradiation-stimulated cell proliferation in vitro // *Lasers Surg Med*. 2005; 36: 8-12.
16. Agaiby A. D., Ghali L. R., Wilson R., Dyson M. Laser modulation of angiogenic factor production by T-lymphocytes // *Lasers Surg Med*. 2000; 26: 357-363.

17. Storz P. Mitochondrial ROS - radical detoxification, mediated by protein kinase D // *Trends Cell Biol.* 2007; 17: 13–18.
18. Lewis J. C., Maldonado J. E., Mann K. G. Phagocytosis in human platelets: localization of acid phosphatase-positive phagosomes following latex uptake // *Blood.* 1976. Vol. 47, p. 833-840.
- 

**Л. И. Гусев<sup>1</sup>**, доктор медицинских наук

**В. В. Сафонов**, доктор медицинских наук

**ГБУЗ НПЦ СМПД им. В. Ф. Войно-Ясенецкого ДЗМ, Москва**

<sup>1</sup> Контактная информация: [lig46@mail.ru](mailto:lig46@mail.ru)

DOI: 10.26295/OS.2020.81.65.003

К вопросу о возможности применения лазерного облучения крови как метода профилактики и лечения осложнений при коронавирусной инфекции/ Л. И. Гусев, В. В. Сафонов

Для цитирования: Лечащий врач № 6/2020; Номера страниц в выпуске: 18-22

Теги: COVID-19, осложнения, пульмонит, дети

---