

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРА В МЕДИЦИНЕ, ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ

<sup>1</sup>Хотим О. А. (*olgasergey89@gmail.com*), <sup>1</sup>Аносов В. С. (*aviktor8@gmail.com*),  
<sup>2</sup>Сычевский Л. З. (*leosych@gmail.com*)

<sup>1</sup>УО «Гродненский государственный медицинский университет», Гродно, Беларусь

<sup>2</sup>УЗ «Гродненская областная детская клиническая больница», Гродно, Беларусь

---

*Цель данной статьи – выполнение анализа зарубежной и отечественной литературы, посвященной вопросам воздействия лазерного излучения на биологическую ткань. В статье представлены возможности использования лазера в травматологии и ортопедии, что может оптимизировать и улучшить лечебный процесс. Данная информация будет полезна не только практикующему специалисту, но может быть использована в учебном процессе.*

**Ключевые слова:** лазерное излучение, диодный лазер, травматология, ортопедия.

---

Термин «лазер» (laser) является акронимом от «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation», что переводится как усиление света путем вынужденного испускания. Основоположителем изучения теории лазерного излучения был Эйнштейн, труды которого относятся к 1917 г. [1]. Интересен тот факт, что только через 50 лет принципы работы лазера стали достаточно понятными, и данная технология смогла быть реализована на практике. Первый лазер в видимом диапазоне разработан в 1960 г., в качестве лазерной среды использовался рубин [2]. Изобретение лазера – одно из выдающихся достижений науки и техники XX века. За открытие лазеров советским физикам А. М. Прохорову и Н. Г. Басову (совместно с американским физиком Ч. Таунсом) была присуждена Нобелевская премия [3].

В настоящее время лазерное излучение разных длин волн широко используется в медицине как в терапевтических, так и в хирургических целях. При этом на первый план выдвигаются такие качества лазеров, как максимальное органосбережение и минимальная инвазивность.

Изменения биологической ткани, возникающие под воздействием лазерного излучения

Действие лазерного излучения на биологический материал обусловлено взаимодействием фотонов с молекулами и соединениями молекул ткани, последующими молекулярными процессами и биологическими реакциями.

В зависимости от степени термического воздействия лазерного излучения на биологические ткани выделяются следующие эффекты: гипертермия (не приводит к повреждению клеток, а повышает чувствительность ткани), термодинамическая реакция (инициируется воспалительная реакция), коагуляция (при нагреве ткани от 60 градусов происходит денатурация протенина, наблюдается увеличение рассеяния света в ткани) и фотовалоризация (абсорбция лазерного излучения специфическими поглотителями, какими являются вода, хромофор и протеин, в результате чего происходит нагрев ткани, сопровождаемый при достижении температуры в диапазоне от 150 до 350 градусов – высушиванием и обугливанием).

Одновременно под воздействием лазерного излучения происходят изменения, которые регистрируются на всех уровнях организации живой материи: субклеточном (коагуляция белковых структур), клеточном (изменение мембранного потенциала клетки и ее проницаемости), тканевом (активация окислительно-восстановительных процессов), системном (возникновение ответных нервно-гуморальных реакций с активацией симпатoadренальной и иммунной систем).

Особенность воздействия лазерного излучения на биологическую ткань, в отличие от обычных материалов, заключается в том, что результат зависит от времени, в течение которого ткань пребывает в нагретом состоянии.

Для расчета результатов лазерного нагрева необходимо учитывать тот факт, что оптические и механические свойства биологической ткани также изменяются в соответствии с температурным режимом в процессе лазерного воздействия. Так, при нагревании биологической ткани в диапазоне 37-60 градусов оптических и механических изменений не наблюдается. При нагревании от 60 до 90 градусов происходит денатурация белка, при которой отмечены такие оптические изменения, как появление серой окраски, увеличивается рассеивание света, а механически – происходит разрыхление ткани. При температуре около 100 градусов возникает обезвоживание, оптически отмечается постоянное рассеяние света, механически – сморщивание ткани и выход жидкости. При температуре более 100 градусов ткань обугливается, оптически – черная окраска и повышенное поглощение света, сильное механическое повреждение. Если температура воздействия превышает 100 градусов, происходит абляция, т. е. сжигание ткани, при этом оптически наблюдается дымо- и газообразование, а механически – полное удаление ткани.

Все рассмотренные выше типы изменения биологической ткани обычно наблюдаются не по отдельности, а в комплексе. Это связано с неоднородностью нагрева ткани, наличием градиентов температуры. Характерная структура ткани по зонам ее изменения при лазерном воздействии представлена на рисунке (рис. 1).

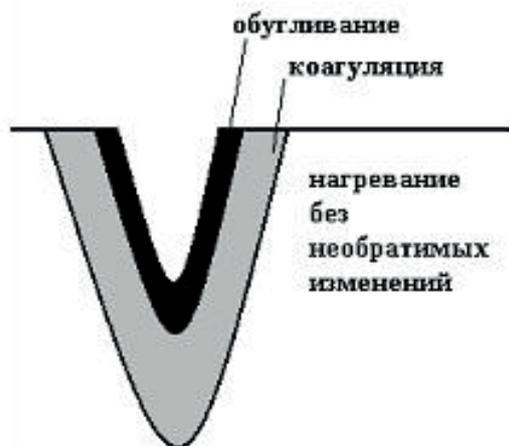


Рисунок 1. – Зоны изменения тканевой структуры при лазерном воздействии [4]

### Ферментативная активность в области воздействия

Сразу после лазерного воздействия на биологическую ткань ферментативная активность характеризуется следующим образом. Ближе всего к абляционному дефекту располагается зона полной инактивации. Она характеризуется тотальным подавлением активности энзимов (абсолютный показатель некроза), деструкцией и грубыми повреждениями ткани и клеток. За этой зоной следует область, где активность частично сохранена, а структурные повреждения выражены менее значительно (зона частичной инактивации). Между зоной частичной инактивации и нормальной тканью находится несколько рядов клеток с незначительными структурными изменениями, в которых энзимная активность такая же, как и в нормальной ткани (зона нормальной активности).

Со временем зона полной энзимной инактивации распространяется на две другие, расширяется в сторону ткани, которая была нормальной сразу после воздействия. Максимальная скорость увеличения размеров некроза отмечается в первые сутки, а через 2-3 суток после воздействия рост области некроза останавливается [4].

### Заживление раны после лазерного воздействия

Воспалительная реакция в ткани после лазерного облучения происходит аналогично раневым повреждениям другой природы. Однако при воздействии лазера темпы раневой реакции значительно замедляются, а сроки заживления возрастают [4, 5].

При исследовании характера воздействия лазерного излучения на разные биологические ткани были выявлены следующие особенности: коагуляционный некроз, асептический характер воспалительно-репаративной реакции со слабо-выраженным экссудативным компонентом, ранняя пролиферация макрофагов и фибробластов, коллагеногенез и новообразование соединительной ткани. Большинство исследователей отме-

чен тот факт, что в лазерной ране лейкоцитарная реакция отсутствует или слабо выражена, не происходит выброса вазоактивных медиаторов, а гипертермическое воздействие лазерного излучения ведет к гибели значительного количества микробных тел. Стерильность в сочетании с коагуляционным некрозом и тромбозом сосудов способствует снижению экссудативного компонента воспаления.

В лазерных ранах реакция макрофагов, пролиферация фибробластов, формирование грануляционной ткани и коллагеногенез проявляются очень рано и выражены тем сильнее, чем меньше выражена лейкоцитарная инфильтрация полиморфно-ядерными лейкоцитами. Слабая выраженность лейкоцитарной инфильтрации обеспечивает заживление лазерных ран первичным натяжением, что в свою очередь способствует раннему формированию рубца, его ремоделированию и восстановлению гистологической структуры органа [5].

### Характеристика лазеров

Среди наиболее популярных лазеров на сегодняшний день выделяют следующие.

*Аргоновый лазер* (длина волны 488 и 514 нм), излучение которого хорошо поглощается пигментом в тканях, таких как меланин и гемоглобин. При использовании аргонного лазера в хирургии достигается превосходный гемостаз [2, 3].

Излучение лазера вызывает нагрев ткани, происходит денатурация белков, причем не только клеток, но и плазмы крови. Коагуляция плазмы в сосудах приводит к немедленной остановке кровотечения [4]. Помимо описанного выше процесса, под воздействием лазерного излучения происходит агрегация кровяных пластинок (тромбоцитов), вызывающая сужение сосудов и создающая преграду току крови. Учитывая данный механизм, лазерное лечение используется в лечении патологических образований (под действием лазерного света запускается каскад физиологических процессов: повреждаются клетки сосудистого эндотелия, нарушается целостность сосудов, происходит их сужение, затем агрегация тромбоцитов и «склеивание» лейкоцитов, что ведет к остановке кровоснабжения патологического образования) [6].

*He-Ne лазер* (гелий-неоновый, длина волны 610-630 нм), излучение которого хорошо проникает в ткани, имеет фотостимулирующий эффект, вследствие чего данный вид лазера нашел свое применение в физиотерапии.

*Nd: YAG лазер* (неодимовый, длина волны 1064 нм), излучение которого хорошо поглощается пигментированной тканью и хуже – в водной среде. Данный лазер может работать в импульсном и непрерывном режимах. Доставка излучения осуществляется по гибкому световоду, что является его преимуществом, т. к. это позволяет не соприкасаться с биологическими жидкостями пациента.

*Эрбиевый лазер* (длина волны 2940 и 2780 нм), излучение которого хорошо поглощается водой

и гидроксиапатитом. Наиболее перспективное использование лазера – стоматологическая отрасль, т. к. эрбиевый лазер может применяться для работы на твердых тканях зуба. Доставка излучения осуществляется по гибкому световоду.

*CO<sub>2</sub> лазер* (углекислотный, длина волны 10600 нм) имеет хорошее поглощение в воде и среднее – в гидроксиапатите. Его использование на твердых тканях потенциально опасно вследствие возможного перегрева. Такой лазер имеет хорошие хирургические свойства, но существует проблема доставки излучения к тканям. В настоящее время CO<sub>2</sub>-системы постепенно уступают свое место в хирургии другим лазерам.

*Диодный лазер* (полупроводниковый, длина волны 792–1030 нм), излучение которого хорошо поглощается пигментированной тканью, данный лазер имеет хороший гемостатический эффект, обладает противовоспалительным и стимулирующим репарацию эффектами. Доставка излучения происходит по гибкому кварц-полимерному световоду, что упрощает работу хирурга в труднодоступных участках. Лазерный аппарат имеет компактные габариты и прост в обращении и обслуживании. На данный момент это наиболее популярный и доступный вид лазерного излучения [2, 3].

#### **Преимущества диодного лазера**

Т. В. Закиров (2013) отмечает следующие преимущества использования диодного лазера при выполнении хирургических вмешательств: стерильность, отсутствие кровотечения во время и после операции, прогнозируемая глубина повреждения, высокая точность разреза.

Данные утверждения поддерживают и другие исследователи. Так, R. Fekrazad (2014) в своих работах описывает хороший гемостатический эффект применения диодного лазера во время проведения оперативных вмешательств. W. L. He (2014) указывает на то, что воздействие лазерным лучом имеет высокую точность при использовании его на любых по размеру участках биологической ткани, при этом данное воздействие на окружающие ткани – максимально щадящее.

Получены данные о более качественном и быстром заживлении раны после воздействия диодного лазера. D. Zare (2014) отмечает, что диодный лазер имеет ряд полезных эффектов, таких как ускорение заживления раны, стимуляция ангиогенеза и увеличение синтеза фактора роста. F. Goldstep (2016) также пишет, что при проведении хирургических процедур диодным лазером операционная рана заживает гораздо лучше, чем рана, выполненная другим способом.

По данным исследований, проводимых в последние годы, выявлен антибактериальный эффект, полученный после воздействия диодным лазером. M. Giannelli (2012) в своих работах описывает бактериостатические и бактерицидные свойства диодного лазера. A. E. R. Kusek (2012) в своём исследовании указал на имеющуюся возможность

уничтожать патологическую микрофлору при помощи излучения диодного лазера. По мнению F. Afkhami (2017) диодный лазер с длиной волны 810 нм можно использовать в качестве дополнения при проведении дезинфекции. R. Schulte-Lünzum (2017) отмечает, что диодный лазер с длиной волны 940 нм с наконечником радиального обжига имеет удовлетворительный бактерицидный эффект без какого-либо термического побочного действия на ткани. S. B. Vozkurt (2017) опубликовал данные исследований, в которых показано, что диодный лазер стимулирует систему иммунной защиты, снижает патогенность микрофлоры, повышает её чувствительность к антибиотикам.

Ещё одно преимущество диодного лазера – его противовоспалительный эффект. Влияние излучения выражается в увеличении содержания неспецифических гуморальных факторов защиты, общей лейкоцитарной реакции, повышении фагоцитарной активности микро- и макрофагальной систем. Возникает десенсибилизирующий эффект, происходит активация иммунокомпетентной системы, клеточной и гуморальной специфической иммунологической защиты, повышение общих защитно-приспособительных реакций организма [7-19].

#### **Использование диодного лазера для лечения патологии костной ткани**

*1. Диодный лазер с длиной волны 970 нм может быть использован для дистантной вапоризации костной ткани*

Для эффективной вапоризации костная ткань должна быть покрыта карбонизатом, биологическими пигментами, либо окрашена искусственными красителями. Изменение параметров дистантного лазерного облучения при помощи указанного лазера позволяет получить разные площадь и глубину вапоризации вещества кости. При этом кончик световода должен быть расположен на стандартном расстоянии 10 мм перпендикулярно к поверхности. На относительно низкой мощности получается больший по диаметру дефект ткани, но с меньшей глубиной повреждения. И, наоборот, при увеличении мощности (соответственно, уменьшении длительности импульса) увеличивается глубина проникновения, но уменьшается зона бокового повреждения (рис. 2) [20].



**Рисунок 2.** – Глубина и ширина зоны лазерной абляции, произведенной на разных мощностях на окрашенном ребре свиньи (слева направо, 20 Вт, 30 Вт, 40 Вт, 50 Вт) [20]

Данная техника может быть использована для лечения новообразований кости, для моделирования формы кости, для выполнения остеотомии.

### *2. Стимулирующее воздействие при применении диодного лазера с длиной волны 970 нм*

Исследователи из России (Шумилин, Привалов, 2006) представили доказательства стимулирующего воздействия диодного лазера на репаративно-регенераторную функцию костной ткани, эффективность его применения для лечения несрастающихся переломов и ложных суставов костей конечностей. Для лечения данной патологии использован способ лазерной остеоперфорации диодным лазером с длиной волны 970 нм, с максимальной мощностью 30 Вт. Методика заключалась в выполнении 4-12 лазерных остеоперфораций контактно в импульсно-периодическом режиме в зоне рентгенологически и клинически определяемого несращения кости. Перфорации располагались на расстоянии не ближе 0,5-1,0 см друг от друга. Пиковая мощность излучения составляла от 8 до 30 Вт, длительность остеоперфорации – от трех до десяти секунд, параметры зависели от характера патологического очага и анатомических особенностей кости. Остеоперфорации производились в двух перпендикулярных плоскостях (сагиттальной и фронтальной) с учетом топографии магистральных сосудов и крупных нервных стволов. Направление лазерного излучения выбиралось с таким учетом, чтобы остеоперфорационные каналы проходили через оба отломка и зону несращения. Рентгенологически на 3-5-й неделе прослеживалась явная положительная динамика: межфрагментарная щель перелома заполнялась гомогенной тенью костного регенерата, определялась умеренная периостальная реакция, а затем отмечалось формирование непрерывности контуров регенерата на проксимальном и дистальном отломках и образование костной мозоли. Сроки консолидации после лазерной остеоперфорации были в среднем в  $1,71 \pm 0,23$  раза меньше для несрастающихся переломов и в  $1,85 \pm 0,25$  раза меньше при псевдоартрозах, чем сроки сращения их до проведения лазерной перфорации кости, и более короткими по сравнению со средними сроками консолидации [21].

### *3. Применение диодного лазера с длиной волны 920 нм при асептических некрозах, остеохондропатиях разной локализации*

В основу лечения асептических некрозов, остеохондропатий лег тот факт, что особенность данных заболеваний заключается в нарушении местного кровообращения вследствие ряда причин как врожденного, так и приобретенного характера, что в конечном итоге приводит к дистрофическим процессам. Осуществляли остеоперфорацию патологического участка в импульсном режиме диодным лазером с длиной волны 920 нм, мощностью 20-24 Вт. После проведенного лечения при динамическом контроле у 89,5% пациентов авторы методики отмечали восстановление или улучшение высоты и формы головки бедра, плюсневых костей, что

было подтверждено с помощью ультразвуковой доплерографии и рентгенографии. Что касается пациентов с болезнью Осгуд-Шляттера и Хаглунда-Шинца, то болевой синдром купировался через 8-10 дней, восстановление апофиза отмечалось через 1-2 месяца [22].

### *4. Использование диодного лазера для хирургического лечения костных кист*

Учитывая, что внутренняя выстилка костной кисты является полупроницаемой мембраной и основным источником поступления жидкости, использование высокоинтенсивного лазерного излучения для коагуляции последней эффективно в лечении костных кист у детей. Дополнительным преимуществом использования диодного лазера для лечения данной патологии является стимулирующее воздействие на репаративно-регенераторную функцию костной ткани. Методика заключается во введении пункционных игл в полюса кисты, через которые производится опорожнение содержимого кистозной полости до отрицательного давления, затем выполняется обработка полости, коагуляция внутренней выстилки высокоинтенсивным лазерным облучением (диодный лазер с длиной волны 805 нм, мощностью 20 Вт) в несколько этапов, подвод облучения осуществляется поочередно через установленные иглы [23]. Проведенная авторами сравнительная клиническая оценка эффективности лазерного лечения костных кист показала, что данный метод – минимально инвазивный и эффективный. Использование диодного лазера для лечения данной патологии позволяет сократить сроки лечения, продолжительность пребывания пациента в стационаре, отказаться от травматичного оперативного лечения, снизить частоту рецидивов и осложнений [5].

### **Выводы**

На сегодняшний день лазерные технологии нашли широкое применение в медицине: диагностика, терапия и хирургия. Этому способствовали такие качества лазерного излучения, как широкий спектральный диапазон, возможность управлять длительностью воздействия, изменять интенсивность воздействия и частотные характеристики лазера, простота доставки излучения, возможность бесконтактного воздействия, а также возможность проведения бескровных оперативных вмешательств. При этом на первый план выдвигаются такие качества лазеров, как максимальное органосбережение и минимальная инвазивность.

Сегодня лазерное излучение в хирургии используют преимущественно в стоматологии, офтальмологии, оториноларингологии, в абдоминальной и сосудистой хирургии. Однако для травматологии и ортопедии данное направление – новое и перспективное. Имеется небольшое количество публикаций, посвященных использованию лазерного излучения для лечения травматологической и ортопедической патологии. Но, несмотря на это, в представленных исследованиях лазер демонстрируется исключительно точным, универсальным и удобным в использо-

вании инструментом, благодаря которому производятся малоинвазивные и высокоэффективные операции. Таким образом, лазерный метод

лечения в травматологии и ортопедии имеет большой потенциал развития для применения его в данной отрасли медицины.

### Литература

- Aggressive periodontitis: laser Nd: YAG treatment versus conventional surgical therapy / S. Mummolo [et al.] // *European Journal of Pediatric Dentistry*. – 2008. – № 9 (2). – P. 88-92.
- Опыт клинического применения диодного лазера на этапах стоматологического лечения [Электронный ресурс] / В. И. Шемонаев [и др.] // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 3. – Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13345>. – Дата доступа: 01.04.2018.
- Лазерные технологии в терапевтической и ортодонтической стоматологической практике (обзор литературы) / А. В. Гуськов [и др.] // *Научный альманах*. – 2015. – № 9 (11). – С. 945-949.
- Шахно, Е. А. Физические основы применения лазеров в медицине [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. А. Шахно. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2012. – 129 с. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/26947546-E-a-shahno-fizicheskie-osnovy-primeneniya-lazero-v-v-medicine-spb-niu-itmo-s-uchebnoe-posobie-prednaznachenno-dlya-samostoyatelnoy-raboty-stude.html>. – Дата доступа: 01.04.2018.
- Сподарь, Д. В. Малоинвазивные технологии в хирургическом лечении дистрофических костных кист у детей с использованием высокоинтенсивного расфокусированного лазерного излучения: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.35 / Д. В. Сподарь; Челябинская государственная медицинская академия. – Челябинск, 2004. – 166 л.
- Серебряков, В. А. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии в медицине» [Электронный ресурс] / В. А. Серебряков. – Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2009. – 266 с. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/6070715/>. – Дата доступа: 01.04.2018.
- Крикун, Е. В. Диодный лазер в стоматологической практике / Е. В. Крикун, С. В. Блашкова // *Казанский медицинский журнал*. – 2017. – Т. 98, № 6. – С. 1023-1028.
- Закиров, Т. В. Особенности использования диодного лазера в детской хирургической стоматологии / Т. В. Закиров, Е. С. Бимбас, Т. Н. Стати // *Проблемы стоматологии*. – 2013. – № 5. – С. 57-61.
- Puogenic granuloma: surgical treatment with Er:YAG laser / R. Fekrazad [et al.] // *Journal of Lasers Medical Sciences*. – 2014. – № 5 (4). – P. 199-205.
- A systematic review and meta-analysis on the efficacy of low-level laser therapy in the management of complication after mandibular third molar surgery / W. L. He [et al.] // *Journal of Lasers Medical Sciences*. – 2015. – № 30 (6). – P. 1779-1788. – doi: 10.1007/s10103-014-1634-0.
- Evaluation of the effects of diode (980 nm) Laser on gingival inflammation after surgical periodontal therapy / D. Zare [et al.] // *Journal of Lasers Medical Sciences*. – 2014. – № 5 (1). – P. 27-31.
- Москвин, С. В. Основы лазерной терапии / С. В. Москвин. – Тверь: Триада, 2016. – 896 с.
- Combined photoablative and photodynamic diode laser therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment: a randomized split-mouth clinical trial / M. Giannelli [et al.] // *Journal of Clinical Periodontology*. – 2012. – № 39 (10). – P. 962-970. – doi: 10.1111/j.1600-051X.2012.01925.x.
- Kusek, E. R. Five-year retrospective study of laser-assisted periodontal therapy / E. R. Kusek, A. J. Kusek, E. A. Kusek // *General Dentistry*. – 2012. – № 60 (6). – P. 291-294.
- Afkhami, F. *Enterococcus faecalis* elimination in root canals using silver nanoparticles, photodynamic therapy, diode laser, or laser-activated nanoparticles: an in vitro Study / F. Afkhami, S. Akbari, N. Chiniforush // *Journal of Endodontics*. – 2017. – № 43 (2). – P. 279-282. – doi: 10.1016/j.joen.2016.08.029.
- The impact of a 940 nm diode laser with radial firing tip and bare end fiber tip on enterococcus faecalis in the root canal wall dentin of bovine teeth: An in vitro study / R. Schulte-Lünzum [et al.] // *Photomedicine and Laser Surgery*. – 2017. – № 35 (7). – P. 357-363. – doi: 10.1089/pho.2016.4249.
- Biostimulation with diode laser positively regulates cementoblast functions in vitro / S. B. Bozkurt [et al.] // *Lasers in Medicine Science*. – 2017. – № 32 (4). – P. 911-919. – doi: 10.1007/s10103-017-2192-z.
- Соловьёва, Т. И. Диодные лазеры в медицинской практике / Т. И. Соловьёва, И. А. Аполихина // *Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий*. – 2014. – № 1. – С. 628-631.
- Митронин, А. В. Лабораторная оценка влияния лазерного излучения на структуру дентина корневых каналов при эндодонтическом лечении / А. В. Митронин, А. А. Чунихин // *Стоматология для всех*. – 2010. – № 1. – С. 44-48.
- Улупов, М. Ю. Дистантная вапоризация кости с использованием полупроводникового лазера 970 нм в эксперименте / М. Ю. Улупов, Г. В. Портнов, В. А. Голланд // *Российская оториноларингология*. – 2014. – № 1 (68). – С. 210-214.
- Шумилин, И. И. Стимуляция репаративной регенерации несрастающихся переломов и ложных суставов костей конечностей путем чрезкожной лазерной остеоперфорации / И. И. Шумилин, В. А. Привалов // *Пермский медицинский журнал*. – 2006. – Т. 23, № 6. – С. 89-95.
- Применение высокоинтенсивного лазерного излучения при лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний скелета у детей / Н. В. Носков [и др.] // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура»*. – 2013. – Т. 13, № 1. – С. 132-136.
- Способ хирургического лечения дистрофических костных кист у детей: пат. RU C1/02217088 / Д. В. Сподарь. – Опубл. 27.11.2003.

### References

- Mummolo S, Marchetti E, Di-Martino S, Scorzetti L, Marzo G. Aggressive periodontitis: laser Nd: YAG treatment versus conventional surgical therapy. *European Journal of Pediatric Dentistry*. 2008;9(2):88-92.
- Shemonaev VI, Klimova TN, Mihalchenko DV, Poroshin AV, Stepanov VA. Opyt klinicheskogo primeneniya di-

- odnogo lazera na jetapah stomatologicheskogo lechenija [Clinical experince with diode laser dental treatment stages] [Internet]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2014;3. Available from: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13345>. (Russian).
3. Guskov AV, Zimankov DA, Mirmigmatova DB, Naumov MA. Lazernye tehnologii v terapevticheskoj i ortodonticheskoj stomatologicheskoj praktike (obzor literatury) [Laser technologies in the surgical and periodontal dental practice (literature review)]. *Nauchnyj almanah* [Science Almanac]. 2015;9(11):945-949. (Russian).
  4. Shahno EA. Fizicheskie osnovy primeneniya lazerov v medicine [Physical basis of laser using in medicine: training manual] [Internet]. Saint Petersburg: ITMO University; 2012. 129 p. Available from: <https://docplayer.ru/26947546-E-a-shahno-fizicheskie-osnovy-primeneniya-lazerov-v-medicine-spb-niu-itmo-s-uchebnoe-posobie-prednaznachenno-dlya-samostoyatelnoy-raboty-stude.html>. (Russian).
  5. Spodar DV. Maloinvazivnye tehnologii v hirurgicheskom lechenii distroficheskikh kostnyh kist u detej s ispolzovaniem vysokointensivnogo rasfokusirovannogo lazernogo izlucheniya [Miniinvasive technology in surgical treatment of dystrophic bone cysts in children using high-intensive defocused laser irradiation] [dissertation]. Chelyabinsk (Russian Federation): Chelyabinsk State Medical Academy; 2004. 166. (Russian).
  6. Serebrjakov VA. Opornyj konspekt lekcij po kursu "Lazernye tehnologii v medicine" [Lecture's reference abstract on course "Laser technology in medicine"] [Internet]. Saint Petersburg: ITMO University; 2009. 266 p. Available from: <https://studfiles.net/preview/6070715/>. (Russian).
  7. Krikun EV, Blashkova SL. Diodnyj lazer v stomatologicheskoj praktike [Diode laser in dental practice]. *Kazanskij medicinskij zhurnal* [Kazan medical journal]. 2017;98(6):1023-1028. (Russian).
  8. Zakirov TV, Bimbas ES, Stati TN. Osobennosti ispolzovaniya diodnogo lazera v detskoj hirurgicheskoj stomatologii [Particular qualities of using of the diode laser in pediatric surgical dentistry]. *Problemy stomatologii* [The actual problems in dentistry]. 2013;5:57-61. (Russian).
  9. Fekrazad R, Nokhbatolfighahaei H, Khoei F, Kalhori KA. Pyogenic granuloma: surgical treatment with Er: YAG laser. *Journal of Lasers Medical Sciences*. 2014;5(4):199-205.
  10. He WL, Yu FY, Li CJ, Pan J, Zhuang R, Duan PJ. A systematic review and meta-analysis on the efficacy of low-level laser therapy in the management of complication after mandibular third molar surgery. *Journal of Lasers Medical Sciences*. 2015;30(6):1779-1788. doi: 10.1007/s10103-014-1634-0.
  11. Zare D, Haerian A, Molla R, Vaziri F. Evaluation of the effects of diode (980 nm) Laser on gingival inflammation after surgical periodontal therapy. *Journal of Lasers Medical Sciences*. 2014;5(1):27-31.
  12. Moskvina SV. Osnovy lazernoj terapii [Fundamentals of laser therapy]. Tver: Triada; 2016. 896 p. (Russian).
  13. Giannelli M, Formigli L, Lorenzini L, Bani D. Combined photoablative and photodynamic diode laser therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment: a randomized split-mouth clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*. 2012;39(10):962-970. doi: 10.1111/j.1600-051X.2012.01925.x.
  14. Kusek ER, Kusek AJ, Kusek EA. Five-year retrospective study of laser-assisted periodontal therapy. *General Dentistry*. 2012;60(6):291-294.
  15. Afkhami F, Akbari S, Chiniforush N. Entrococcus faecalis elimination in root canals using silver nanoparticles, photodynamic therapy, diode laser, or laser-activated nanoparticles: an in vitro Study. *Journal of Endodontics*. 2017;43(2):279-282. doi: 10.1016/j.joen.2016.08.029.
  16. Schulte-Lünzum R, Gutknecht N, Conrads G, Franzen R. The impact of a 940 nm diode laser with radial firing tip and bare end fiber tip on enterococcus faecalis in the root canal wall dentin of bovine teeth: An in vitro study. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2017;35(7):357-363. doi: 10.1089/pho.2016.4249.
  17. Bozkurt SB, Hakki EE, Kayis SA, Dundar N, Hakki SS. Biostimulation with diode laser positively regulates cementoblast functions in vitro. *Lasers in Medicine Science*. 2017;32(4):911-919. doi: 10.1007/s10103-017-2192-z.
  18. Soloveva TI, Apolikhina IA. Diodnye lazery v medicinskoj praktike [Diode lasers in medical practice]. *Innovacii na osnove informacionnyh i kommunikacionnyh tehnologij* [Innovations based on information and communication technologies]. 2014;1:628-631. (Russian).
  19. Mitronin AV, Chunikhin AA. Laboratornaja ocenka vlijaniya lazernogo izlucheniya na strukturu dentina kornevnyh kanalov pri jendodonticheskom lechenii [Laboratory estimation of influence laser radiation on structure of dentin root canals at endodontic treatment]. *Stomatologija dlja vseh* [International Dental Review]. 2010;1:44-48. (Russian).
  20. Ulupov MU, Portnov GV, Golland VA. Distantnaja vaporizacija kosti s ispolzovaniem poluprovodnikovogo lazera 970 nm v jeksperimente [Distant bone vaporisation using 970 nm semiconductor laser in experiment]. *Rossijskaja otorinolaringologija* [Russian otorinolaryngology]. 2014;1(68):210-214. (Russian).
  21. Shumilin II, Privalov VA. Stimuljacija reparativnoj regeneracii nesrastajushhihsja perelomov i lozhnyh sustavov kostej konechnostej putem chreskozhoj lazernoj osteoperforacii [Stimulation of reparative regeneration of non-union fractures and false joints of extremity bones with transcutaneous laser osteoperforation]. *Permskij medicinskij zhurnal* [Perm Medical Journal]. 2006;23(6):89-95. (Russian).
  22. Noskov NV, Abushkin IA, Kotlyarov AN, Neizvestnykh EA, Shekunova UG, Nazarova MD. Primenenie vysokointensivnogo lazernogo izlucheniya pri lechenii degenerativno-distroficheskikh zaboljevanij skeleta u detej [The use of high-intensity laser radiation in the treatment of degenerative-dystrophic diseases of the skeleton in children]. *Vestnik Juzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Obrazovanie, zdravoohranenie, fizicheskaja kultura* [Bulletin of South Ural State University. Education, health, physical culture] 2013;13(1):132-136. (Russian).
  23. Spodar DV, inventor; Chelyabinsk State Medical Academy, assignee. Sposob hirurgicheskogo lechenija distroficheskikh kostnyh kist u detej [Surgical method of treatment dystrophic bone cysts in children]. RU patent S1/02217088. 3003 Nov 27. (Russian).

## USE OF LASER IN MEDICINE, POTENTIAL OF USING LASER ERADIATION IN TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS

<sup>1</sup>Khotim O. A., <sup>1</sup>Anosov V. S., <sup>2</sup>Sychevskiy L. Z.

<sup>1</sup>Educational Institution "Grodno State Medical University", Grodno, Belarus

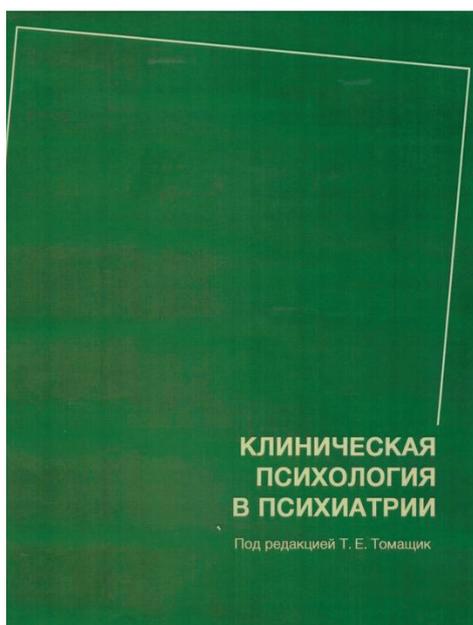
<sup>2</sup>Healthcare Institution "Grodno Regional Children's Clinical Hospital", Grodno, Belarus

*The aim of the present article is to analyze foreign and native literature sources devoted to the effect of laser eradiation on biological tissue. The paper describes the potential of using laser in traumatology and orthopedics, which can optimize and improve the treatment process. The presented information may be useful both for practitioners and educators.*

**Keywords:** laser eradiation, diode laser, traumatology, orthopedics.

Поступила: 06.04.2018

Отрецензирована: 15.05.2018



**Клиническая психология в психиатрии** : пособие для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-79 01 05 "Медико-психологическое дело" / Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Учреждение образования "Гродненский государственный медицинский университет", Кафедра медицинской психологии и психотерапии ; [Т. Е. Томашик, Л. В. Демянова, Л. И. Цидик, А. М. Жигар] ; под ред. Т. Е. Томашик. – Гродно : ГрГМУ, 2018. – 291 с. – ISBN 978-985-595-009-8.

*Содержит программный материал по учебной дисциплине «Клиническая психология в психиатрии». Излагаются общие биопсихосоциальные концепции развития психических расстройств, проявления нарушений психических функций и психологических процессов при психических расстройствах, принципы психологического взаимодействия с психиатрическими пациентами и принципы коррекции патологии у данной категории пациентов.*

*Предназначено для студентов учреждений высшего образования по специальности 1-79 01 05 «Медико-психологическое дело», а также специалистов, оказывающих психологическую, психотерапевтическую и психиатрическую помощь.*