

ANALYSIS OF APPLICATION OF LASER RADIATION IN THE PROCESS OF ORTHODONTIC MOVEMENT OF TEETH AND SUGGESTIONS REGARDING THE TECHNOLOGY IMPROVEMENT

Savchenko O.V. (Ukraine) Email: Savchenko51@scientifictext.ru

Savchenko Olena Vasilevna - Corresponding member of the Ukrainian Academy of Sciences, Master of dentistry, BOGOMOLET'S NATIONAL MEDICAL UNIVERSITY, Head, COMPANY "DENTAL CLINIC AKVARELI", KIEV, UKRAINE

Abstract: an analysis of published studies dedicated to the feasibility of using low-intensity laser irradiation during orthodontic tooth movement allowed to confirm the positive effect of the laser on the processes of bone remodeling, minimization of inflammation signs in the area of the teeth that are going through disposition, and reduction of treatment time. The suggestions given by the author regarding the improvement of the laser apparatus can be the basis for future development of more clinically efficient and constructively mobile system that will expand the range of laser irradiation use in different clinical situations.

Keywords: laser radiation, orthodontic movement of teeth, improvement of system.

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОРТОДОНТИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗУБОВ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ

Савченко Е.В. (Украина)

Савченко Елена Васильевна - Член-корреспондент Украинской Академии наук, магистр стоматологии, Национальный медицинский университет им. А.А. Богомольца, руководитель, ООО «Стоматологическая клиника АКВАРЕЛИ», г. Киев, Украина

Аннотация: проведенный анализ результатов опубликованных исследований, посвященных вопросу целесообразности использования низкоинтенсивного лазерного излучения в ходе ортодонтического перемещения зубов, позволил подтвердить положительное влияние лазера на процессы ремоделирования костной ткани, минимизацию признаков воспаления в области зубов, подвергающихся диспозиции, и сокращение сроков лечения. Предложения, приведенные автором относительно совершенствования лазерного аппарата, могут стать основой для разработки более клинически эффективной и конструктивно-мобильной системы, которая позволит расширить спектр использования лазерного излучения в различных клинических ситуациях.

Ключевые слова: лазерное излучение, ортодонтическое перемещение зубов, усовершенствование аппарата.

Актуальность темы. Комплексное ортодонтическое лечение стоматологических пациентов в подавляющем большинстве является достаточно долговременным процессом, длительность которого зависит от ряда определяющих факторов: количества этапов в структуре алгоритма лечения, сложности ортодонтической патологии, возраста пациента, исходных характеристик зубочелюстного аппарата, реакции тканей ротовой полости на тот или иной вид ятрогенного вмешательства [1, 3, 7, 9]. Кроме того, в процессе использования ортодонтической аппаратуры формируются специфические условия для развития возможных побочных негативных последствий лечения, как например, гингивита, кариозных поражений при усложнении возможностей для обеспечения адекватного гигиенического контроля, резорбции корней зубов, чрезмерной редукции уровня костной ткани челюстей вследствие ремоделирования [10, 13, 14]. Наконец, для избежания рисков возникновения нежелательных последствий ятрогенных вмешательств и одновременно для ускорения процесса контролируемой ортодонтической терапии в комплексе с ортодонтическими манипуляциями был разработан ряд вспомогательных методов влияния, которые в итоге позволяют добиться более прогнозируемого конечного клинического результата, способствуют минимизации выражения воспалительных процессов, и в целом позволяют не только системно подходить к процессу стоматологической реабилитации, но и делают его более приемлемым и менее дискомфортным для самого пациента. Потенцированный или суммированный положительный эффект лечения достигается при проведении собственно ортодонтической фазы и смежных к ней подходов, вроде ортодонтично-ассоциированной кортикотомии, локального введения простагландинов и остеокальцина, воздействия ультразвука, лазерного излучения, электромагнитного поля или электрического тока.

Одними из первых положительное влияние лазера на процесс ортодонтического перемещения зубов исследовали Kawasaki и Shimizu, которые объяснили это акселеративным ремоделированием альвеолярной кости, что проявляется в росте количества остеокластов, повышении уровней клеточной пролиферации в области периодонтальной связки, и формировании минерализованной костной ткани [8]. Кроме этого, авторы смогли доказать и другой не менее значимый факт: использование лазерного излучения в условиях контроля его выходных параметров и соответствия конкретному биологического диапазона не вызывает никаких негативных изменений ни непосредственно в области воздействия лазера, ни в организме исследуемых животных в целом. Однако, вопрос подбора соответствующих характеристик лазерного излучения и разработка новых модифицированных подходов с целью совершенствования современных технологий в стоматологической практике остается актуальным научно-практическим аспектом данной отрасли, что требует дальнейшего исследования.

Цель исследования. Провести анализ эффективности использования лазера в процессе ортодонтического перемещения зубов и выделить перспективные аспекты совершенствования существующих систем низкоинтенсивного лазерного излучения для разработки более клинически эффективного и конструктивно-мобильного аналога.

Материалы и методы исследования. В ходе исследования был проведен анализ научных публикаций, посвященных вопросу целесообразности и эффективности использования лазерных технологий в стоматологической, а конкретно – в ортодонтической практике с целью оптимизации процесса ортодонтического перемещения зубов. Поиск материала осуществлялся в системе поиска Google по ключевым словам. В ходе проведения контент-анализа были выделены те научные работы, которые наиболее полно раскрывали аспекты, касающиеся основной цели исследования, то есть, вопрос выходных параметров лазера для ортодонтического перемещения, клинические признаки и биологические маркеры, которые подтверждают эффективность использования данной технологии в конкретных клинических условиях, и аспекты перспективы совершенствования существующих систем низкоинтенсивного лазерного излучения. Регистрация выходных параметров лазерного излучения в ряде исследований позволили выделить те из них, которые были наиболее переменными, а потому могли повлиять на достижение того или иного клинического результата. На основе проведенного анализа был предложен ряд собственных рекомендаций, которые в дальнейшем могут служить основой для совершенствования систем лазерного излучения и разработки более клинически эффективного и конструктивно-мобильного аналога. Категоризация и группировка численных параметров, полученных в ходе анализа предыдущих публикаций проводилась в табличном редакторе Microsoft Excel 2016 (Microsoft Office 2016).

Результаты исследования и их обсуждение. Динамичность ортодонтического перемещения зубов зависит от скорости ремоделирования костной ткани [1, 4, 5, 8, 10]. Активация данного процесса не наступает непосредственно в первый же день приложения направленного механической нагрузки на зуб, а связана в свою очередь с фазами активации клеток остеокластов и остеобластов. Именно поэтому по мнению Kawasaki и Shimizu лазерное излучение способствует процессу перемещения зубов больше всего в ранний период ортодонтического вмешательства. Такой эффект, по мнению авторов, наблюдается потому, что действие лазера способствует слиянию мононуклеарных макрофагов для созревания клеток остеокластов [8]. Аналогичный эффект наблюдается при локальном введении витамина 1.25-(OH)2D3, что также вызывает значительный рост количества многоядерных клеток костной ткани. Между тем, Kawasaki и Shimizu обнаружили, что лазерное излучение способствует не только более быстрой активации остеокластов, но и вызывает в 1,7 раза более быстрое формирование минерализованной костной ткани в зоне растяжения. Данный эффект вызван воздействием излучения на рост количества более дифференцированных клеток остеобластов и формирование центров костеобразования. Следует отметить, что у многих предварительно проведенных исследованиях, посвященных вопросу влияния лазера на процессы, ассоциированные с ортодонтическим перемещением зубов протокол использования имитировал такой, первично описан в Kawasaki и Shimizu, что предусматривает контактную аппликацию световода на область мягких тканей непосредственно вокруг зубов, подвергающихся направленной диспозиции [2, 5, 10, 12]. Отдельные исследования, посвященные применению лазерного излучения низкой мощности, указывают на то, что данный метод способствует не только ускорению процесса регенерации костной ткани, но и повышению уровня синтеза коллагена, который в свою очередь является основным матричным протеином в структуре кости. В частности, данное влияние было зарегистрировано при использовании лазера в условиях расширения области палатинального шва. Fujita S. (2008) со своей стороны пояснил эффективное влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на скорость ортодонтического перемещения через индукцию им RANK и RANKL, что было подтверждено соответствующими положительными результатами иммунореакций [5]. Yamaguchi M., дополнил результаты исследования Fujita S. (2008), обнаружив, что лазер низкой интенсивности также положительно влияет на экспрессию металлотейнази-9, катепсина К и альфа(v)бета(3) интегрину. Все вышеперечисленные факторы являются обходными для процесса остеокластогенезу [13]. В ходе

исследований, проведенных японскими учеными, удалось подтвердить не только стимуляцию экспрессии соответствующих костных маркеров с помощью лазера, но и положительное влияние на сохранение исходных параметров минеральной плотности костной ткани в ходе ортодонтического перемещения. Используя лазер с выходными параметрами 780 нм, 20 мВ, 10 секунд действия, 5 Дж/см² da Sousa Silva M.V и коллеги (2012) обнаружили статистически значимую разницу в динамике перемещения клыков на протяжении 4 месяцев наблюдения [3]. При этом уровне резорбции костной ткани и корня зубов, подвергавшихся воздействию механических сил, почти не отличались в зависимости от факта или отсутствия использования лазера.

Однако в результате проведения двойного слепого рандомизированного плацебо-контролируемого парного клинического исследования Limpanichkul W. и коллеги (2006) не смогли довести влияния низкоуровневой лазерной терапии на процесс ортодонтического перемещения зубов, но при этом исследователи отметили, что очевидно показатель плотности энергии в 25 Дж/см², который использовался в ходе эксперимента, оказался слишком малым, чтобы спровоцировать возникновение ингибиторного или, наоборот, ожидаемого стимулятивного эффекта [10]. Для контроля процесса ортодонтического перемещения клыка исследователи использовали GaAlAs-лазере с длиной волны 860 нм, при исходных параметрах 100 мВ, спектральной площади 0.09 см², мощности 1,11/см², дозе энергии 2,3 Дж/точку и плотностью энергии 25 Дж/см² /область. Marquezan M. (2010) также отметил отсутствие значимой клинической эффективности при использовании лазера в процессе ортодонтического перемещения зубов. В ходе использования двух протоколов процедуры (при ежедневном воздействии и только на ранних стадиях) авторы отметили прогрессивный рост количества остеокластов и незрелого коллагена на раннем этапе ортодонтического лечения, однако данный эффект нивелировался в ходе дальнейшего периода наблюдения за счет того, что процесс репарации в зоне натяжения зуба становился медленнее [11].

В отличие от Limpanichkul W. и коллег, Cruz и соавторы (2004) подтвердили влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на процесс контролируемого ортодонтического перемещения зубов, выражавшийся в акселерации такой диспозиции, и таким образом способствовал сокращению сроков лечения [2]. При этом исследователи использовали аппарат даже с более низкими исходными параметрами, но по модифицированному алгоритмом самой процедуры воздействия. Genc и коллеги (2012) отметили значительно более высокие показатели ортодонтического движения зубов в группе исследования с использованием низкоинтенсивного лазерного излучения на 7, 14, 21, 28 и 35 дни мониторинга, в сравнении с группой контроля. Таким образом, удалось подтвердить предварительные результаты полученные в ходе исследований Saito и Shimizu, Youssef и коллег, Kawasaki и Shimizu, в которых средний диапазон повышения скорости движения зубов под действием механических сил в ходе ортодонтического лечения достигал 20-40%. Важно также отметить, что Genc и коллеги (2012) отметили также результаты предыдущих исследований, проведенных Limpanichkul W., которые указывали на отсутствие влияния лазерного излучения на эффект ортодонтического перемещения. Такую разницу в регистрации воздействия лазерного излучения авторы интерпретировали через зависимость желаемого клинического эффекта от дозы излучения и времени действия физического фактора [7]. Между тем Genc также отметил значимость регистрации уровня оксида азота, как маркера реакции пародонтальных тканей на действие ортодонтических сил. В авторском исследовании никакой статистической разницы между показателями уровня нитрита в группе исследования и контроля обнаружить не удалось. Даже в условиях уже предварительно доказанного факта, что использование лазерного излучения способствует репарации костной ткани в области воздействия, до сих пор нерешенным остается аспект необходимой дозы используемого излучения, и которая из них наиболее влияет на соответствующие линейки клеток, стимулируя таким образом эффект заживления. При этом важно также экспериментально проверить, установлены выходные параметры лазера не могут провоцировать поражения окружающих тканей и развитие токсического эффекта.

Abi-Ramia L. (2012) подтвердила тот факт, что ортодонтическое перемещение зубов провоцирует возникновение обратной гиперемии пульпы вследствие действия механических сил, однако использование низкоинтенсивного лазерного излучения способствует процессу быстрой репарации тканей пульпы, и таким образом минимизирует риск развития необратимых осложнений [1]. В группе исследования эффекта механической диспозиции без дополнительного использования лазера было зарегистрировано, что одонтобластичный слой внутри структуры зубов был более дезорганизован, при этом в поле зрения наблюдались недифференцированные клетки и переполненность капилляров кровью. Doshi-Mehta G. и Bhad-Patil W.A. (2013) смогли не только подтвердить повышение динамичности движения зубов в среднем на 30% (29% на верхней челюсти и 31% на нижней), но и значительное снижение болевых ощущений по визуальной аналоговой шкале на третий день действия ортодонтической конструкции [4]. При этом по сравнению с 3 и 30 днями наблюдения изменения показателей боли в экспериментальной группе без применения лазера снизились с 2,15 до 1,5, а в контрольной группе изменились от 0,25 до 0,5. В результате систематический обзор и мета-анализа,

проведенного Ge М.К. и коллегами (2014), в котором удалось проанализировать 173 исследования с суммарным участием 211 пациентов, удалось обнаружить, что ускорение ортодонтического движения зубов при дополнительном использовании лазера наблюдается в период 7 дней и 2 месяцев, при этом авторы отметили высокую клиническую эффективность более низких показателей плотности энергии, по сравнению с теми, что превышали 20 Дж/см² [6].

Проведенный анализ литературных публикаций, посвященных тематике использования лазерных технологий в стоматологической практике, и частое практическое применение данного подхода в личной клинической работе автора, позволил выделить аспекты, учет которых может стать аргументированным для разработки новой модели лазерного аппарата низкой интенсивности. Неконтролируемое использование лазерного излучения может спровоцировать его травматическое действие на окружающие ткани. Профилактика данного эффекта может реализовываться за счет использования люминофоров в структуре лазера – таким образом, феномен излучения приобретает вторичный характер, а также формируются условия, в которых врач может легко корректировать как спектр, так и интенсивность излучения. Такие возможности настройки аппарата, а вернее – подбор рабочих наконечников с различными выходными параметрами в зависимости от комбинации и состав люминофоров, позволяют использовать его в различных клинических ситуациях. Чтобы обеспечить высокую эффективность новой предложенной системы, в разработке такого необходимо учитывать потребность максимально эффективного охлаждения. Для такой цели предложено использовать технологию выборочного размерного протравливания металлических плат, для моделирования их типологии и нужной иерархии. Комбинации такой технологии с методами ускоренной электролитической металлизации позволяет минимизировать общую толщину платы до 200 микрон, таким образом обеспечив максимальное быстроедействие системы охлаждения при минимальных затратах энергии. Учитывая динамичность современного технологического развития, а также постоянные модификации и усовершенствования аппаратов, используемых в стоматологической практике в частности, логичным является формирование таких лазерных систем, которые бы носили характер разборных. То есть, возможность замены элементов лазерного аппарата – оптического кабеля, системы люминофоров, основного рабочего блока системы – значительно облегчает задачу адаптации лазерных технологий в различных клинических ситуациях, а с другой стороны – делает аппарат готовым к дальнейшему совершенствованию путем использования модифицированного состава люминофоров, проводниковой ветви оптического кабеля. Кроме того, именно такой дизайн системы является наиболее удобным и с точки зрения замены устаревших элементов, позволяя кроме того реализовать массовое производство каждого из них. Исходя из имеющегося опыта, длина волны экспериментальной системы лазера должна составлять 810 нм, учитывая, что системы с приближенными к такой длине волны, характеризовались высокой клинической эффективностью в проведенных ранее исследованиях. То есть, учет всех вышеперечисленных предложений позволит разработать лазерный аппарат для стоматологической практики, который будет характеризоваться более высокой эффективностью и мобильностью по сравнению с существующими системами, при этом обеспечивая решение трех важных аспектов ортодонтического лечения:

- 1) ускорение процесса ортодонтического перемещения зубов за счет влияния на процесс ремоделирования костной ткани;
- 2) сокращение сроков стоматологического лечения за счет акселерационной диспозиции зубов в структуре челюстей;
- 3) уменьшение выраженности признаков воспаления и болевых ощущений за счет биостимулирующего воздействия на окружающие ткани ротовой полости в области непосредственного действия излучения.

Вывод. Проведен анализ результатов опубликованных исследований, посвященных вопросу целесообразности использованием низкоинтенсивного лазерного излучения в ходе ортодонтического перемещения зубов позволил подтвердить положительное влияние лазера на процессы ремоделирования костной ткани, минимизацию признаков воспаления в области зубов, подвергающихся диспозиции, и сокращение сроков лечения. Предложения, приведенные автором относительно усовершенствования лазерного аппарата, могут стать основой для разработки более клинически эффективной и конструктивно-мобильной системы, которая позволит расширить спектр использования лазерного излучения в различных клинических ситуациях. Кроме того, возможность замены и модификации системы люминофоров на конце оптического кабеля предложенной системы будет способствовать реализации возможностей постоянно модификации аппарата параллельно новым внедрением научно-технических разработок, касающихся стоматологической практики. Для установления механизма влияния лазерного излучения на эффект ортодонтического перемещения зубов необходимо обеспечить проведение дополнительных морфометрических, рентгенологических, гистологических и клинических исследований, реализация которых позволит выделить аспекты специфики воздействия лазера на клетки области периодонтальной связки при ортодонтической диспозиции, проанализировать уровень изменения архитектоники и показателей плотности костной ткани, уровень потери альвеолярного гребня

в результате воздействия механических сил, и насколько данный показатель подлежит прогнозу в условиях воздействия низкоинтенсивного излучения, а также воздействие лазера на процесс воспаления в области вмешательства исходя из изменений концентрации клеточных маркеров и внешних клинических проявлений.

Список литературы / References

1. *Abi-Ramia L.B.P., Sasso Stuani A., Sasso Stuani A., Sasso Stuani M.B. & de Moraes Mendes A., 2010.* Влияния низкоуровневой терапии лазера и ортодонтического движения зуба у крыс. Угол Зрения Ортодонта. 80 (1). 116-122.
2. *Cruz D.R., Kohara E.K., Ribeiro M.S. & Wetter N.U., 2004.* Влияние низкоинтенсивной лазерной терапии на скорость ортодонтического движения зубов человека: предварительное исследование. Лазеры в хирургии и медицине. 35 (2). 117-120.
3. *Da Silva Sousa M.V., Scanavini M.A., Sannomiya E.K., Velasco L.G. & Angelieri F., 2011.* Влияние низкоуровневого лазера на скорость ортодонтического движения. Фото- и лазерная хирургия. 29 (3). 191-196.
4. *Doshi-Mehta G. & Bhad-Patil W.A., 2012.* Эффективность низкоинтенсивной лазерной терапии в сокращении времени лечения и ортодонтической боли: клиническое исследование. Американский журнал Ортодонтии и челюстно-лицевой ортопедии. 141 (3). 289-297.
5. *Fujita S., Yamaguchi M., Utsunomiya T., Yamamoto H. & Kasai K., 2008.* Низкоуровневый лазер стимулирует скорость движения зуба через выражение ранга и РАНКЛ. Ортодонтия и краниофациальные исследования. 11 (3). 143-155.
6. *Ge M.K., He W.L., Chen J., Wen C., Yin X., Hu Z.A., ... & Zou S.J., 2015.* Эффективность низкоинтенсивной лазерной терапии для ускорения перемещения зубов при ортодонтическом лечении: систематический обзор и Мета-анализ. Лазеры в медицине. 30 (5). 1609-1618.
7. *Genc G., Kocadereli I., Tasar F., Kilinc K., El S. & Sarkarati B., 2013.* Влияние низкоуровневой лазерной терапии (LLLT) на ортодонтическое движение зубов. Лазеры в медицине. 28 (1). 41-47.
8. *Kawasaki K. & Shimizu N., 2000.* Влияние низкоуровневого лазерного облучения на ремоделирование кости при экспериментальном движении зубов у крыс. Лазеры в хирургии и медицине. 26 (3). 282-291.
9. *Kim S.J., Moon S.U., Kang S.G. & Park Y.G., 2009.* Последствия использования низкоуровневой лазерной терапии на передвижение зуба. Лазеры в хирургии и медицине. 41 (7). 524-533.
10. *Limpanichkul W., Godfrey K., Srisuk N. & Rattanayatikul C., 2006.* Влияние низкоинтенсивной лазерной терапии на скорость ортодонтического перемещения зубов. Ортодонтия и краниофациальные исследования. 9 (1). 38-43.
11. *Marquezan M., Bolognese A.M. & de Souza Araújo M.T., 2010.* Влияние двух низкоинтенсивных протоколов лазерной терапии на экспериментальное движение зубов. Фото и лазерная хирургия. 28 (6). 757-762.
12. *Seifi M., Shafeei H.A., Daneshdoost S. & Mir M., 2007.* Влияние двух типов лазерных волн низкого уровня (850 и 630 нм) на ортодонтические движения зубов у кроликов. Лазеры в медицине. 22 (4). 261-264.
13. *Yamaguchi M., Hayashi M., Fujita S., Yoshida T., Utsunomiya T., Yamamoto H. & Kasai K., 2010.* Низкоэнергетическое лазерное облучение способствует ускорению движения зуба у крыс. Европейский журнал Ортодонтии. 32 (2). 131-139.
14. *Yoshida T., Yamaguchi M., Utsunomiya T., Kato M., Arai Y., Kaneda T., ... & Kasai K., 2009.* Низкоэнергетическое лазерное облучение ускоряет скорость движения зуба за счет стимуляции ремоделирования альвеолярной кости. Ортодонтия и краниофациальные исследования. 12 (4). 289-298.