

Lasers in Dentistry

Guide for Clinical Practice

Edited by

Patrícia M. de Freitas DDS, PhD

Associate Professor
Special Laboratory of Lasers in Dentistry (LELO)
Department of Restorative Dentistry
School of Dentistry
University of São Paulo (USP)
São Paulo, SP, Brazil

Alyne Simões DDS, PhD

Assistant Professor
Department of Biomaterials and Oral Biology
School of Dentistry
University of São Paulo (USP)
São Paulo, SP, Brazil

Foreword by Marcia Martins Marques DDS, PhD

Full Professor
Department of Restorative Dentistry
School of Dentistry
University of São Paulo (USP)
São Paulo, SP, Brazil

WILEY Blackwell

ЛАЗЕРЫ В СТОМАТОЛОГИИ

КЛИНИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

Под редакцией
Патрисии М. де Фрейтас, Алинэ Симозс

Перевод с английского под редакцией
профессора Л.А. Дмитриевой



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2018

Нарушения функций височно-нижнечелюстного сустава

Каролине Мария Гомес Дантас, Каролина Лапас Виван

Введение

ДВНЧС представляют собой группу заболеваний, которые влияют на жевательные мышцы, ВНЧС и связанные с ними структуры [1, 2]. Они являются наиболее распространенными клиническими проявлениями с вовлечением жевательного аппарата и основной причиной боли незубного происхождения в лицевой области [2, 3]. Пациент может иметь одно- или двусторонние симптомы в сочетании с другими расстройствами или без них.

ДВНЧС имеют многофакторные причины, такие как эмоциональные изменения, окклюзионные дисфункции и парафункциональные привычки. Основные функции стоматогнатической системы, такие как речь, жевание и глотание, могут быть затруднены [4], что приводит к непосредственному влиянию на качество жизни [4, 5], производительность труда, обучение и социальное взаимодействие [4–6]. Пациент должен получать междисциплинарное лечение, так как дисфункция имеет известную многофакторную этиологию. Правильное обследование пациента имеет большое значение для определения соответствующего плана лечения.

Могут быть использованы многочисленные нехирургические методы для лечения ДВНЧС с целью уменьшить симптомы и улучшить функцию жевательной системы. Среди них наиболее распространенными являются физическая терапия [7, 8], лекарственная терапия [9], окклюзионные шины [7, 9], окклюзионные коррективы [10], иглоукалывание [8, 9] и НИЛТ [8, 9, 11–13].

Несмотря на то что не существует единого мнения о механизме, с помощью которого НИЛТ уменьшает выраженность боли, связанной с ДВНЧС, известно, что биомодулирующее, анальгезирующее и противовоспалительное действия — некоторые из терапевтических эффектов, наблюдаемых в облученных тканях. Ожидается, таким образом, что прямое облучение симптоматических мест способствует ремиссии боли [7, 12, 13]. Н.И. Демиркол (Demirkol N.I.) и соавт. и А. Фуда (Fouda A.) доказали, что НИЛТ является эффективной при облегчении симптомов у пациентов с ДВНЧС [9, 14]. Кроме того, НИЛТ имеет высокую эффективность [12, 13] и минимальные противопоказания, клиническое лечение с ее помощью

легко осуществимо и, как правило, не несет особого дискомфорта для пациента [10].

В этой главе обсуждается НИЛТ в качестве вспомогательного средства при лечении ДВНЧС.

Анатомия височно-нижнечелюстного сустава

ВНЧС — сустав, соединяющий челюсть с черепом и регулирующий движения нижней челюсти. Это бикондильное соединение, в котором мышечки функционируют одновременно. Эти кости (мышечковый отросток и суставная ямка височной кости) окружены суставной капсулой, и между ними находится суставной диск, относящийся к волокнистой хрящевой ткани. Диск функционирует в качестве подушки, поглощая нагрузку и позволяя мышечку двигаться легко, в основном благодаря своей форме. Этот суставной комплекс заполнен синовиальной жидкостью, создаваемой синовиальной оболочкой, которая обеспечивает питание и смазку совместных структур. Задний край диска соединяется с суставной капсулой с помощью позадидисковой ткани, которая является источником иннервации и кровоснабжения всей конструкции [7, 15].

Мышцы, ответственные за функции ВНЧС, являются частью сложной системы, включающей глобальный баланс осанки. Таким образом, жевательные мышцы тесно связаны с положением тела через мышечные цепочки [16]. Было доказано, что, например, глобальное постуральное перевоспитание связано со значительным облегчением физических и психологических симптомов ДВНЧС, связанных с выравниванием осанки и симметрии тела [17].

Латеральная крыловидная мышца участвует в протрузии нижней челюсти, открывании рта и латеральном отведении; медиальная крыловидная и жевательная мышцы поднимают челюсть и осуществляют ретрузию; височная мышца поднимает челюсть и осуществляет экскурсионные движения (протрузионные и латеральные) [15]. Есть также связки, такие как височная, клиновидно-нижнечелюстная и шилонижнечелюстная, которые защищают эти структуры от чрезмерной подвижности нижней челюсти [5, 15].

Дисфункции височно-нижнечелюстного сустава

ДВНЧС часто приводят к анатомическим и функциональным повреждениям жевательной системы, вызываемых группой заболеваний, которые необязательно влияют только на ВНЧС, но также часто на жевательные мышцы и связанные с ними структуры. Как правило, присутствуют признаки и симптомы, такие как суставные звуки, боли в мышцах, боли в суставах, а также ограничение подвижности нижней челюсти [8, 18]. Часто это может сопровождаться болями в голове, ушах и шейном отделе позвоночника [8].

До сих пор нет окончательного консенсуса по классификации ДВНЧС, в основном потому, что их этиология неясна и клиническая картина может возникнуть в результате различных причин, в том числе психологических. Для того чтобы стандартизировать клиническое обследование пациентов с ДВНЧС, стали использовать критерии исследований для диагностики ДВНЧС [*Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD)*], и они стали одними из самых надежных и широко используемых [19].

Боль, основной симптом ДВНЧС, выходит далеко за рамки неправильной функции жевательной системы [5]. Хроническая боль может нарушать сон, вызывать усталость, изменять концентрацию внимания, настроение и поведение, а также препятствовать деятельности в повседневной жизни, ставя под угрозу качество жизни пациента [5].

А.С. Оливейра (Oliveira A.S.) и соавт. показали, что боль при ДВНЧС влияет на работу и школьную активность (59,09%), сон (68,18%) и аппетит/прием пищи (63,64%) [5]. Лацерда (Lacerda J.T.) и соавт. доказали, что орофациальная боль была основным одонтологическим фактором риска нарушения выполнения ежедневной деятельности среди взрослого населения [20].

В настоящее время цель состоит в том, чтобы восстановить опорно-двигательный аппарат с помощью мультифокального консервативного лечения, основанного на идеальной биомеханической модели ВНЧС и учитывающего многофакторную этиологию заболевания [3, 20]. В связи с разнообразием клинических проявлений и этиологии применяются, как правило, различные методы лечения: иглоукалывание, массаж, ультразвук, чрескожная электрическая стимуляция нервов, использование окклюзионных капп, а также НИЛТ и др. [8, 21]. Эти дополнительные способы лечения могут привести к снижению необходимости в инвазивных процедурах, таких как лекарственная терапия или хирургическое вмешательство [22].

Низкоинтенсивная лазерная терапия

Использование лазеров в медицине стало более распространенным, особенно в условиях, сопровождающихся хронической болью, таких как ДВНЧС. Пациенты, как правило, восприимчивы к НИЛТ, которая, кроме того, часто оказывает на них положительные психологические эффекты [23, 24].

Лечение ДВНЧС базируется прежде всего на контроле боли неинвазивными методами [7]. НИЛТ используется в качестве противовоспалительного, обезболивающего и биомодулирующего агента, воздействующего на физиологические, клеточные и системные реакции. Ее эффективность в снижении мышечной боли и напряжения вызывает большой интерес в современной литературе [12, 13, 25].

Стоит отметить, что успех НИЛТ опирается на соответствующие параметры оборудования и анатомическое положение во время облучения, так как каждая длина волны имеет свои собственные характеристики поглощения и механизм действия [12, 26–28].

Длины волн, используемые в стоматологии, в настоящее время находятся в диапазоне видимого красного (630–700 нм) и ближнего инфракрасного (700–904 нм) частей спектра, причем первая часть больше используется для восстановления тканей, а вторая — для нервной регенерации и анальгезии в зависимости от глубины ткани-мишени [27].

Механизм действия

Артроскопические исследования подтвердили концепцию, согласно которой капсульное, синовиальное воспаление [29] и воспаление позадискковой ткани являются основной причиной боли в суставном регионе при ДВНЧС. Кроме того, мышечные боли возникают из-за повышенной активности мышц, кровеносной системы, не поддерживающей дренаж метаболитов и снабжение кислородом областей с локальной гипоксией, что приводит к локальному накоплению токсинов и последующей воспалительной реакции [30].

Если используются подходящие параметры, НИЛТ может обеспечить обезболивающее и противовоспалительное действие с помощью различных механизмов, таких как стимулирование эндогенного высвобождения опиатов, уменьшение проницаемости нейрональных мембран клеток, уменьшение высвобождения болевых агентов в патологических участках, а также увеличение производства АТФ и местной оксигенации [31].

Механизм обезболивания уточнен не полностью. Наиболее общепринятая теория предполагает, что уменьшение выраженности боли обусловлено снижением уровня ПГЕ₂, одного из наиболее важных

медиаторов воспаления. Исследования с использованием различных доз энергии и мощности показали снижение уровня ПГЕ2 после НИЛТ в связочных клеточных культурах и суставах животных, вероятно, связанное с ингибированием фермента, который синтезирует ПГЕ2, а именно циклооксигеназы-2 [32, 33].

Еще одна распространенная теория подчеркивает действие НИЛТ на нервные клетки. Предполагается, что обезболивание происходит в результате селективного ингибирования ноцицептивных сигналов и регуляции микроциркуляции [34, 35], так как это предотвращает развитие боли [36]. Сообщалось об уменьшении отека и улучшении клеточного метаболизма [37]. Кроме того, было показано, что НИЛТ дает системный эффект, который может уменьшить ощущение боли путем изменения сенсорной импульсации, поступающей в центральную нервную систему пациента [26].

При применении НИЛТ в случаях мышечной боли при ДВНЧС исследования описывают ее обезболивающий эффект: она повышает уровень β -эндорфинов, уменьшает высвобождение гистамина и брадикинина, увеличивает приток лимфы, уменьшает выраженность отека и снижает высвобождение медиаторов боли, увеличивает кровоснабжение, уменьшает продолжительность воспаления и, следовательно, расслабляет мышцы [24, 26, 33, 35, 37].

НИЛТ имеет несколько применений в стоматологии, и важно иметь в виду, что ее последствия зависят от правильности подбора доз и отдельных системных условий [38].

Клинические исследования

Несмотря на то что признание пользы лечения не требует четкого понимания механизма, отсутствие понимания в отношении механизмов НИЛТ затрудняет оценку клинических исходов. Кроме того, лучшие параметры терапии (частота, выходная мощность, освещенность, плотность энергии, энергия на одну точку, время облучения, количество сеансов и др.) до сих пор не определены [22, 39].

Некоторые исследования показали высокую эффективность НИЛТ при ДВНЧС. Тем не менее разнородность стандартизации в отношении параметров лазера требует осторожности в интерпретации этих результатов.

В 1988 г. Беззур (Bezuir N.J.) и соавт. наблюдали улучшение у 80% пациентов с ДВНЧС, сопровождающейся болью, которые получали лечение с помощью НИЛТ в течение 6 дней [40]. Т.Л. Ханссон (Hansson T.L.) и соавт. продемонстрировали быстрое снижение выраженности внутрисуставного воспаления в ВНЧС у пациентов с дисфункцией этого сустава, лечившихся с помощью НИЛТ. Л.Э. Бертолуччи (Bertolucci L.E.) и соавт.

и Грей (Gray R.J.) и соавт. пришли к выводу, что НИЛТ способствует значительному облегчению боли у пациентов с ДВНЧС по сравнению с группой пациентов, проходивших лечение плацебо [24, 41, 42]. З. Симунович (Simunovic Z.) и соавт. наблюдали значительные улучшения у пациентов с орофациальными болями, связанными с ДВНЧС, которые получали НИЛТ [43]. С. Кулекциглу (Kulekcioglu S.) и соавт. показали, что у пациентов с ДВНЧС, получавших 15 сеансов НИЛТ, а также у группы плацебо было отмечено снижение боли. Тем не менее только в облученной группе было отмечено улучшение диапазона открытия рта, бокового движения и количества триггерных точек [44]. С. Четинер (Çetiner S.) и соавт. привели статистически значимые различия в степени открывания рта между пациентами, перенесшими НИЛТ, и группой плацебо сразу после облучения и через 1 мес наблюдения [45].

Как и при любой терапии, пациенты могут по-разному реагировать на один и тот же стимул. Важно, чтобы при определении идеального протокола для НИЛТ рассматривались используемый лазер, ткани-мишени, а также системное состояние пациента. Сообщения о неудовлетворительных результатах могут быть обусловлены использованием очень низких или очень высоких доз, неправильной диагностикой или недостаточным количеством сеансов среди прочих факторов [22, 39].

М.Л. Майа (Maia M.L.) и соавт. провели систематический обзор и показали, что в 14 исследованиях, в которых установлены определенные критерии, было представлено большое разнообразие параметров. Используемая плотность энергии была в диапазоне от 0,9 до 105 Дж/см², плотность мощности — от 9,8 до 500 мВт, количество сеансов — от 1 до 20 и частота применения — от ежедневного в течение 10 дней до 1 раза в неделю в течение 4 нед [22].

А. Петруччи (Petrucci A.) и соавт. рассмотрели испытания, которые соответствовали оптимальным дозам от 0,5 до 15 Дж для инфракрасного облучения 780, 830 и 1060 нм; 0,2–1,4 Дж для инфракрасного облучения 904 нм; 6–30 Дж при облучении He-Ne-лазером (632,8 нм). Описано, что оптимальная освещенность составляла 15–105, 6–42 и 30–210 мВт/см² соответственно [11].

Ни одно из указанных выше исследований не выявило нежелательных реакций или побочных эффектов, связанных с воздействием лазера во время или после лечения. Тем не менее Х. Бекерман (Beckerman H.) и соавт. сообщили о нежелательных эффектах НИЛТ, таких как преходящее покалывание, легкая эритема, жжение, усиление боли и экзантема [28].

Оценка результатов лечения НИЛТ при ДВНЧС не так легка, что приводит к возможным завышениям или занижениям при интерпретации резуль-

татов. Некоторые авторы описали эффект плацебо, не зная, было ли облегчение боли реальным исходом терапии или циклической спонтанной ремиссией симптомов [46]. Тем не менее стоит продолжать проверять эффективность НИЛТ при ДВНЧС, потому что это быстрый, неинвазивный асептический метод лечения, который не причиняет вреда пациенту.

Предлагаемые параметры

Параметры НИЛТ для лечения ДВНЧС должны быть определены в соответствии с уровнем вовлечения суставных или мышечных структур, с клиническими признаками и симптомами, временем развития заболевания, а также с отдельными физическими аспектами [47].

Научно-исследовательские группы добились хороших результатов со следующими параметрами для случаев ДВНЧС: инфракрасный диодный лазер малой мощности (GaAlAs, 808 нм, размер пятна 0,028 см²), 100 Дж/см², 2,8 Дж на точку, 28 с, 100 мВт, пунктуальный, непрерывный режим, перпендикулярно к плоскости приложения. В табл. 27.1 показан протокол для суставных симптомов и в табл. 27.2 — для мышечных симптомов.

Таблица 27.1. Протокол лечения суставных симптомов

Активная среда	Диодный лазер (AsGaAl)
Длина волны	808 нм (ИК)
Выходная мощность	100 мВт
Размер пятна	0,028 см ²
Интенсивность излучения	3,5 Вт/см ²
Энергия на одну точку	2,8 Дж
Плотность энергии	100 Дж/см ²
Время	28 с
Кол-во пунктов	4
Частота	Непрерывная
Режим	Контактный
Количество сеансов	12 (три недели)

Таблица 27.2. Протокол лечения мышечных симптомов

Активная среда	Диодный лазер (AsGaAl)
Длина волны	808 нм (ИК)
Выходная мощность	100 мВт
Размер пятна	0,028 см ²
Интенсивность излучения	3,5 Вт/см ²
Энергия на одну точку	2,8 Дж
Плотность энергии	100 Дж/см ²
Время	28 с
Кол-во пунктов	1 на 1,5 см ² болезненной мышцы
Частота	Непрерывная
Режим	Контактный
Количество сеансов	12 (три недели)

ВНЧС расположен впереди от козелка и рядом с наружным слуховым проходом. В соответствии с предыдущими исследованиями НИЛТ при ДВНЧС были предложены точки лазерного применения, показанные на рис. 27.1.

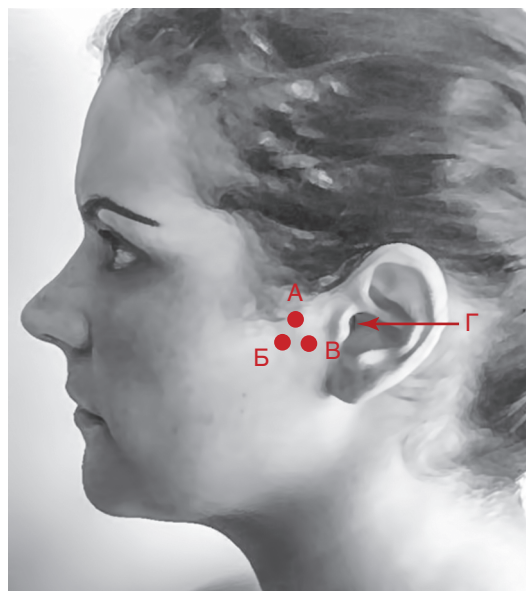


Рис. 27.1. Точки лазерного применения для височно-нижнечелюстного сустава: А — верхняя; Б — передняя; В — задняя от мыщелкового отростка; Г — внутриушная точка, прилежащая к суставу

НИЛТ следует применять вокруг суставной капсулы с учетом наличия многочисленных ноцицепторов в тканях околоушной зоны (диск, капсульные связки и позадидисковые ткани), которые являются высокосвязанными с процессом боли структурами при ДВНЧС. Подобные точки облучения были описаны в нескольких работах [43, 48, 49]. Внутренние расстройства ВНЧС часто сопровождаются болью из-за воспалительного процесса растяжения или срыва коллатеральной связки ВНЧС. Наиболее распространенные области, страдающие от мышечной боли при ДВНЧС, — жевательные мышцы и передние волокна височной мышцы. Таким образом, каждое движение нижней челюсти приводит к боли, которая может быть вызвана пальпацией мышц и ВНЧС.

Точные точки приложения должны быть определены в соответствии с жалобами и анатомией каждого пациента. НИЛТ может быть применена к мышцам, которые пациент указывает как болезненные при сжатии, или к триггерным точкам, а также к акупунктурным точкам. Обычно облучение применяется между точками начала, тела или прикрепления жевательных мышц (до трех точек облучения) и передней, средней и задней точками височной мышцы (до двух точек в каждой) (рис. 27.2). На основании картины рассеяния инфракрасных лазеров малой мощности точки приложения должны быть на расстоянии 1,5 см² друг от друга, чтобы избежать перекрытия областей приложения энергии.



Рис. 27.2. Возможные точки лазерного облучения для жевательных и височных мышц

Всемирная ассоциация лазерной терапии рекомендует проведение от двух до трех сеансов НИЛТ в неделю в течение 3–5 нед. Кроме того, важно, чтобы лечение было последовательным, чтобы мог быть достигнут кумулятивный эффект НИЛТ [50].

Клинический случай 27.1

Пациентка, 48 лет, сообщила об орофациальной боли после пробуждения и во время открывания рта в течение 3 мес. После сбора анамнеза и физического обследования был поставлен диагноз двустороннего капсулита и двустороннего миозита жевательных мышц, возможно, вызванных парафункциями. Она получила информацию о развитии у нее ДВНЧС и консультировалась насчет изменения привычек. Во время ожидания изготовления межокклюзионной шины ей был проведен курс НИЛТ.

Пациентке было проведено три сеанса НИЛТ в неделю в течение 2 нед инфракрасным диодным лазером малой мощности (GaAlAs, 808 нм, размер пятна 0,028 см²), 100 Дж/см², 2,8 Дж на каждое пятно, 28 с, 100 мВт, точечный непрерывный режим, перпендикулярно к плоскости приложения. Облученные точки были выбраны в соответствии с указанными болезненными областями во время обследования по схеме RDC/TMD (рис. 27.3).

Первоначально пациентка имела диапазон пассивного открытия рта 26 мм и сильную боль (3 балла по шкале 0–3 в анкете RDC/TMD) при пальпации ВНЧС и жевательных мышц. После шести сеансов НИЛТ диапазон пассивного открытия рта составил 31 мм и боль при пальпации была легкой (1 балл) в ВНЧС и умеренной (оценка 2) — в жевательных мышцах.



Рис. 27.3. Клинический случай: облученные точки

После начала терапии межокклюзионной шиной НИЛТ проводилась еще в течение 2 нед. В конце 12 сеансов (1 мес лечения) диапазон пассивного открытия рта достигал 36 мм, не было никакой боли при пальпации ВНЧС и только умеренная боль (оценка 1) — в жевательных мышцах.

Заключение

Лечение ДВНЧС является сложным процессом из-за многофакторной этиологии этого состояния. НИЛТ считается хорошей адъювантной терапией для контроля за болью и уменьшением функциональных ограничений.

Необходимы дальнейшие исследования, чтобы определить точную роль НИЛТ в облегчении боли и воспалительного процесса в случаях ДВНЧС. Будущие исследования должны быть основаны на широких выборках, а их дизайн должен быть продольным, рандомизированным и двойным слепым с контрольными группами. Они необходимы для того, чтобы добиться консенсуса в отношении наилучшего протокола использования и наилучших результатов при использовании этой терапии.

Список литературы

1. di Fabio R.P. Physical therapy for patients with TMD: a descriptive study of treatment, disability, and health status. *J Orofac Pain* 1998; 12(2): 124–135.
2. de Leeuw R., ed. Orofacial pain; guidelines for assessment, diagnosis, and management. 4th edn. Chicago: Quintessence, 2008: 129–204.
3. McNeil C. History and evolution of TMD concepts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997; 83: 51–60.

4. Murray H., Locker D., Mock D., Tenenbaum H. Pain and the quality of life in patients referred to a craniofacial pain unit. *J Orofac Pain* 1996; 10(4): 316–323.
5. Oliveira A.S., Bermudez C.C., Souza R.A. et al. Pain impact on life of patients with temporomandibular disorder. *J Appl Oral Sci* 2003; 11(2): 138–143.
6. Okeson J.P. Diagnostico diferencial e consideracoes sobre o tratamento das desordens temporomandibulares: In: Okeson J.P., ed. *Dor Orofacial: Guia de Avaliacao, Diagnostico e Tratamento*, 3rd edn. Sao Paulo: Quintessence Editora Ltd, 1998: 113–183.
7. Ingawale S., Goswami T. Temporomandibular joint: disorders, treatments, and biomechanics. *Ann Biomed Eng* 2009; 37(5): 976–996.
8. McNeely M.L., Armijo Olivo S., Magee D.J. A systematic review of the effectiveness of physical therapy interventions for temporomandibular disorders. *Phys Ther* 2006; 86(5): 710–725.
9. Demirkol N.I., Sari F., Bulbul M. et al. Effectiveness of occlusal splints and low-level laser therapy on myofascial pain. *Lasers Med Sci* 2014 Feb 7 [Epub ahead of print].
10. Koh H., Robinson P.G. Occlusal adjustment for treating and preventing temporomandibular joint disorders [systematic review]. *Cochrane Database Syst Rev* 2003; (1): 003812.
11. Petrucci A., Sgolastra F., Gatto R. et al. Effectiveness of low-level laser therapy in temporomandibular disorders: a systematic review and meta-analysis. *J Orofac Pain* 2011; 25(4): 298–307.
12. Bjordal J.M., Couppe C., Chow R.T. et al. A systematic review of low level laser therapy with location-specific doses for pain from joint disorders. *Aust J Physiother* 2003; 49(2): 107–116.
13. Santos T. de S., Piva M.R., Ribeiro M.H. et al. Laser therapy efficacy in temporomandibular disorders: control study. *Braz J Otorhinolaryngol* 2010; 76(3): 294–249.
14. Fouda A. Comparison between four treatment modalities for active myofascial triggers points. *Plast Aesthetic Res* 2014; 1: 21–28.
15. Fehrenbach M.J., Herring S.W., Thomas P. A articulação temporomandibular: Anatomia da articulação temporomandibular. Tradução: Edson A. Liberti. Anatomia ilustrada da cabeça e do pescoço, 2nd edn. Sao Paulo: Manole, 2005: 135–143.
16. Myers T.W. Meridianos Miofasciais para terapeutas manuais e do movimento. Trilhos anômicos. Tradução: Edson A. Liberti. Sao Paulo: Manole, 2003.
17. Basso D., Correa E., da Silva A.N. Efeito da reeducação postural global no alinhamento corporal e nas condições clínicas de indivíduos com disfunção temporomandibular associada a desvios posturais. *Fisioterapia e Pesquisa* 2010; 17(1): 63–68.
18. Benoit P. History and physical examination for TMD. In: Kraus S.L., ed. *Clinics in Physical Therapy: Temporomandibular Disorders*, 2nd edn. New York: Churchill Livingstone, 1994: 71–98.
19. Dworkin S.F., LeResche L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomandib Disord* 1992; 6(4): 301–355.
20. Lacerda J.T., Simionato E.M. et al. Dental pain as the reason for visiting a dentist in a Brazilian adult population. *Rev Saúde Pública* 2004; 38(3): 453–458.
21. Fikáciová H., Dostálová T., Vosická R. et al. Arthralgia of the temporomandibular joint and low-level laser therapy. *Photomed Laser Surg* 2006; 24(4): 522–527.
22. Maia M.L.I., Bonjardim L.R., Quintans Jde S. et al. Effect of low-level laser therapy on pain levels in patients with temporomandibular disorders: a systematic review. *J Appl Oral Sci* 2012; 20(6): 594–602.
23. Carlsson G.E. Epidemiology and treatment need for temporomandibular disorders. *J Orofac Pain* 1999; 13(4): 232–237.
24. Bertolucci L.E., Grey T. Clinical analysis of mid-laser vs placebo treatment of arthralgic TMJ degenerative joints. *Cranio* 1995; 13(1): 26–29.
25. Pinheiro A.L.B., Cavalcanti E.T., Pinheiro T.I. et al. Low-level laser therapy is an important tool to treat disorders of the maxillofacial region. *J Clin Laser Med Surg* 1998; 16(4): 223–226.
26. Mazzetto M.O., Carrasco T.G., Bidinelo E.F. et al. Low intensity laser application in temporomandibular disorders: a phase I double-blind study. *Cranio* 2007; 25(3): 186–192.
27. Lizarelli R. Protocollos clínicos odontológicos: Uso do laser de baixa intensidade, 2nd edn. Sao Carlos: Bons Negocios Editora Ltd, 2005.
28. Beckerman H., de Bie R.A., Bouter L.M. et al. The efficacy of laser therapy for musculoskeletal and skin disorders: a criteria-based meta-analysis of randomized clinical trials. *Phys Ther* 1992; 72(7): 483–491.
29. Israel H.A., Diamond B., Saed-Nejad F., Ratcliffe A. Osteoarthritis and synovitis as major pathoses of the temporomandibular joint: comparison of clinical diagnosis with arthroscopic morphology. *J Oral Maxillofac Surg* 1998; 56(9): 1023–1027.
30. Farias V.H.A. Análise da ação do laser de baixa potência em pacientes com dor muscular portadores de desordens temporomandibulares empregando a eletromiografia. (Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em engenharia biomédica do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba.) São José dos Campos: UNIVAP, 2005.
31. Walker J. Relief from chronic pain by low-power laser irradiation. *Neurosci Lett* 1983; 43(2–3): 339–344.
32. Shimizu N., Yamaguchi M., Goseki T. et al. Inhibition of prostaglandin E₂ and interleukin 1-beta production by low-power laser irradiation in stretched human periodontal ligament cells. *J Dent Res* 1995; 74(7): 1382–1388.
33. Sandoval M.C., Mattiello-Rosa S.M., Soares E.G., Parizotto N.A. Effects of laser on the synovial fluid in the inflammatory process of the knee joint of the rabbit. *Photomed Laser Surg* 2009; 27(1): 63–69.
34. Jarvis D., MacIver M.B., Tanelian D.L. Electrophysiologic recording and thermodynamic modeling demonstrate that helium-neon laser irradiation does not affect peripheral A-delta or C-fiber nociceptors. *Pain* 1990; 43(2): 235–242.
35. Makihaara E., Masumi S. Blood flow changes of a superficial temporal artery before and after low-level laser irradiation applied to the temporomandibular joint area. *Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi* 2008; 52(2): 167–170.
36. Koes B.W., Assendelft W.J., Van der Heijden G.J., Bouter L.M. Spinal manipulation for low back pain. An updated systematic review of randomized clinical trials. *Spine* 1996; 21(24): 2860–2871.

37. Wilder-Smith P. The soft laser: therapeutic tool or popular placebo? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988; 66(6): 654–658.
38. Kubota J., Ohshiro T. The effects of diode laser low reactive level laser therapy (LLLT) on flap survival in a rat model. *Laser Ther* 1989; 1: 127–135.
39. Melis M., di Giosia M., Zawawi K.H. Low level laser therapy for the treatment of temporomandibular disorders: A systematic review of the literature. *Cranio* 2012; 30(4): 304–312.
40. Bezuur N.J., Habets L.L., Hansson T.L. The effect of therapeutic laser treatment on patients with craniomandibular disorders. *J Craniomandib Disord* 1998; 2(2): 83–86.
41. Bertolucci L.E., Grey T. Clinical comparative study of microcurrent electrical stimulation to mid-laser and placebo treatment in degenerative joint disease of the temporomandibular joint. *Cranio* 1995; 13(2): 116–120.
42. Gray R.J., Quayle A.A., Hall C.A., Schofield M.A. Physiotherapy in the treatment of temporomandibular joint disorders: a comparative study of four treatment methods. *Br Dent J* 1994; 176(7): 257–261.
43. Simunovic Z. Low level laser therapy with trigger points technique: A clinical study on 243 patients. *J Clin Laser Med Surg* 1996; 14(4): 163–167.
44. Kulekcioglu S., Sivrioglu K., Ozcan O., Parlak M. Effectiveness of low-level laser therapy in temporomandibular disorder. *Scand J Rheumatol* 2003; 32(2): 114–118.
45. Çetiner S., Kahraman S.A., Yüçetas S. Evaluation of low-level laser therapy in the treatment of temporomandibular disorders. *Photomed Laser Surg* 2006; 24(5): 637–641.
46. Salmos-Brito J.A., de Menezes R.F., Teixeira C.E. et al. Evaluation of low-level laser therapy in patients with acute and chronic temporomandibular disorders. *Lasers Med Sci* 2013; 28(1): 57–64.
47. Venancio Rde A., Camparis C., Lizarelli Rde F. Low intensity level therapy in the treatment of temporomandibular disorders: a double-blind study. *J Oral Rehab* 2005; 32(11): 800–807.
48. Mazzetto M.O., Hotta T.H., Pizzo R.C. Measurements of jaw movements and TMJ pain intensity in patients treated with GaAlAs laser. *Braz Dent J* 2010; 21(4): 356–360.
49. Carrasco T.G., Mazzetto M.O., Mazzetto R.G., Mestriner W. Jr. Low intensity laser therapy in temporomandibular disorder: a phase II double-blind study. *Cranio* 2008; 26(4): 274–281.
50. Conti P.C. Low level laser therapy in the treatment of temporomandibular disorders (TMD): a double blind pilot study. *Cranio*. 1997; 15(2): 144–149.

Низкоинтенсивные лазеры в ортодонтии

Маринес Виейра С. Суса

Введение: принципы ортодонтического передвижения

Передвижение зубов тесно связано с процессом ремоделирования костной ткани, может происходить быстро или медленно в зависимости от физической силы и биологической реакции периодонтальной связки [1].

Биологические результаты применения силы к зубам — резорбция кости остеокластами на стороне давления и формирование кости с помощью остеобластов на стороне натяжения альвеолярной кости. Рассасывание и регенерация кости происходят одновременно вокруг корней (рис. 28.1) [1–4].

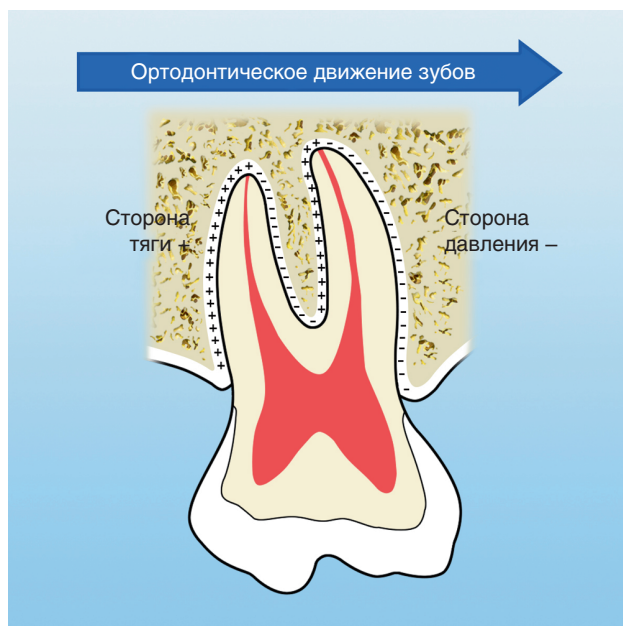


Рис. 28.1. Ортодонтическое передвижение: —, сторона давления — активация остеокластов; +, сторона натяжения — активация остеобластов

Движение зуба возникает из-за применения сил различной величины, частоты и длительности применения, вызывает обширные микро- и макроскопические изменения в зубных тканях и тканях периодонта, в том числе в пульпе зуба, периодонтальной связке, альвеолярной кости и десне [5].

Острый воспалительный процесс, который определяет начальный этап ортодонтического перемещения зубов, имеет преимущественно экссудативный характер. При нем плазма и лейкоциты выходят из капилляров и пропитывают периодонтальную связку. Один или два дня спустя острая стадия воспаления сменяется в основном пролиферативным хроническим процессом с участием фибробластов, эндотелиальных клеток, остеобластов и предшественников костных клеток [6, 7]. В течение этого периода лейкоциты продолжают мигрировать в ткани периодонта и обеспечивают процесс ремоделирования [7].

Изменения при ремоделировании тканей пародонта считаются необходимыми для ортодонтического перемещения зубов. Растяжение ткани вызывает локальные изменения в кровоснабжении и организации клеточного и внеклеточного матрикса, что приводит к синтезу и высвобождению различных медиаторов, цитокинов (прежде всего, брадикинина), факторов роста, колониестимулирующих факторов (гранулоцитов, макрофагов и других типов клеток, связанных с ремоделированием костной ткани) и метаболитов арахидоновой кислоты. Эти клеточные и молекулярные реакции в ответ на ортодонтические силы являются биологической основой для перемещения зубов [8, 9].

Процесс ортодонтического перемещения зубов вызывает боль и дискомфорт. Время, необходимое для надежного ортодонтического лечения, составляет около 2–3 лет, и пациент будет испытывать боль в течение всего этого срока. Другими недостатками долгосрочного ортодонтического лечения являются повышенный риск воспаления десен, кариеса зубов и резорбции корня [10].

Несмотря на то что некоторые аспекты ортодонтии получили значительное развитие в последние десятилетия, боль и необходимость длительного лечения остаются проблемами для специалистов и пациентов, проходящих ортодонтическое лечение. НИЛТ доказала свою эффективность в решении этих двух основных проблем.

В ортодонтии НИЛТ можно использовать для уменьшения боли [11–17], регенерации костной ткани в зоне срединного нёбного шва после быстрого расширения верхней челюсти [18] и для ускорения движения зубов [14, 19–22].

Влияние низкоинтенсивной лазерной терапии на скорость ортодонтического передвижения

Использование НИЛТ в ортодонтии эффективно для осуществления биомодуляции при стимуляции восстановления тканей [18, 23, 24]. Этот стимулирующий эффект обусловлен способностью НИЛТ ускорять метаболические процессы [25–27] и (в отношении костной ткани) способствовать более быстрой резорбции кости и ее новообразованию, так как обе необходимы для ортодонтически индуцированного движения зубов.

В ранних исследованиях проверили другие методы по поводу их эффективности с точки зрения увеличения скорости движения зубов без повреждения зубов и периодонта. В нескольких исследованиях показано, что ускорение движения зубов может быть достигнуто путем локальной инъекции простагландинов [28], 1,25(ОН)_{2,3} (активная форма витамина D) [29] или остеокальцина [30], который представляет собой белок, продуцируемый исключительно остеокластами в процессе синтеза костной матрицы. Несмотря на то что эти инъекции позволили увеличить скорость передвижения зубов, они также вызвали побочные эффекты, такие как боль и дискомфорт.

В противоположность этому на сегодняшний день НИЛТ показала благотворное воздействие без отрицательных побочных эффектов для пациента.

Точный механизм биостимуляции, осуществляемой НИЛТ, до сих пор неизвестен, но, по некоторым данным, он способствует появлению внутриклеточных АФК [31–34], которые увеличивают образование АТФ в облученных местах [35–38] и ускоряют клеточный метаболизм. Кроме того, при НИЛТ увеличивается концентрация Ca^{2+} в цитоплазме [39–41] (длина волны в инфракрасном диапазоне), действующего на Na^+/K^+ -насосы в клеточной мембране [42–44]. Это способствует более быстрому синтезу белка и ускоряет дублирование ДНК и репликацию рибонуклеиновой кислоты, ускоряя клеточный метаболизм [45].

Тип лазерного устройства выбирается в соответствии с целевой тканью и желаемым эффектом. Наилучшая длина волны для биостимуляции находится в диапазоне от 550 до 950 нм. Поскольку поглощение гемоглобином инфракрасного света ниже, чем видимого красного, лазеры, которые излучают инфракрасный свет (780–820 нм), являются лучшими для стимулирования костных клеток, потому что их длины волн проникают в мягкие ткани более глубоко, достигая костной ткани [46].

Исследования в условиях *in vitro* [47–50] и *in vivo* (на животных) [51–56] показали эффективность НИЛТ в качестве средства стимулирования ортодонтического движения, но лишь немногие клинические испытания подтвердили это [10, 14, 19–22].

В табл. 28.1 приведены параметры, представленные в научной литературе для НИЛТ в условиях организма человека, которые ускоряют скорость ортодонтического перемещения зубов. Точки применения лазеров, используемых в исследованиях, приведенных в табл. 28.1, показаны на рис. 28.2. Несмотря на различные параметры, используемые во всех исследованиях, за исключением У. Лимпаничкула (Limpanichkul W.) и соавт. [10], описываются одни и те же выводы, согласно которым большая стимуляция ортодонтического перемещения зубов достигается с применением лазера. Эти данные подтверждают предыдущие исследования, показывающие, что эффективность НИЛТ зависит от дозы.

Следует также отметить, что при необходимости перемещения только одного зуба, как в случае с первоначальной ретракцией клыков, плотность энергии — в пределах от 0,71 до 8 Дж/см², что соответствует 0,2–2 Дж на точку и 2–8 Дж на зуб в течение 3–6 мес применения, является достаточной для эффективного ускорения ортодонтического передвижения. Эффективность всего этого диапазона плотности энергии связана с различиями в области конца наконечника лазерного оборудования (размера пятна).

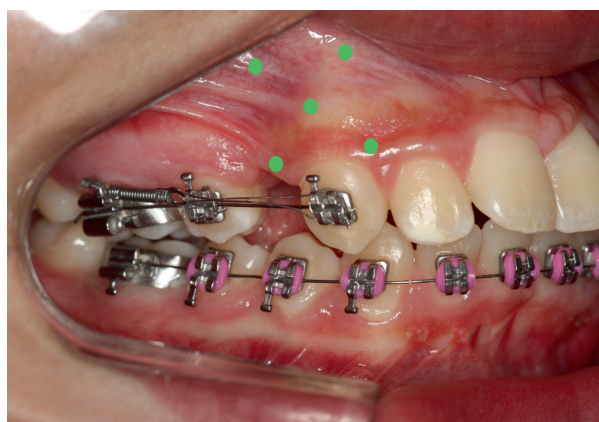
Когда стимулируется движение всех зубов, как в исследовании А.Д. Камачо (Camacho A.D.) и С.А.В. Куяра (Cujar S.A.V.) [21], достаточно плотности энергии около 80 Дж/см², что соответствует 4,4 Дж на зуб или приблизительно 52,8 Дж на дугу.

Предположение о том, что эффект НИЛТ пропорционален количеству энергии, попадающей на облученную ткань, не соответствует действительности, так как данные в литературе говорят о том, что более высокие дозы НИЛТ могут оказывать ингибирующее действие на ортодонтическое перемещение зубов [57, 58]. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы подтвердить это.

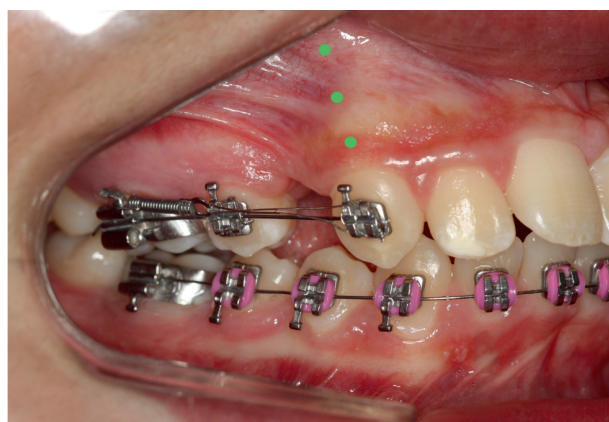
В дополнение к дозировке другой переменной является количество пигментации кожи в различных этнических группах [59]. Лица африканского происхождения, например, имеют больше пигмента меланина в коже или слизистой оболочке, и по этой причине при облучении этих тканей параметры лазера должны быть скорректированы, чтобы увеличить дозировку примерно на 20%, чтобы компенсировать большее количество энергии, поглощаемой пигментом меланином, и для обеспечения более глубоких тканей достаточным количеством энергии.

Таблица 28.1. Дозы лазерного излучения низкого уровня и их влияние на скорость ортодонтического передвижения в клинических исследованиях, упорядоченные по энергии в точке (уменьшение значения): обзор литературы

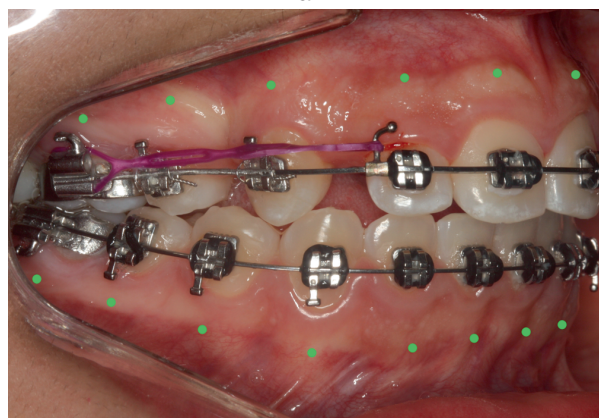
Авторы	Длина волны (нм) / площадь пятна	Плотность энергии в точке (Дж/см ²)	Выходная мощность (мВт)	Энергия на одну точку (Дж)	Количество точек на зуб	Общее количество энергии в сутки (Дж)	Время на точке (с)	Полная энергия в месяц (Дж)	Частота применения	Ускорение движения зубов
Limpanichkul et al.	860 0,09 см ²	25	100	2,3	8 точек: 4 щечных, 4 лингвальных	18,4	23	55,2	Дни 1, 2 и 3 после активации	Нет
Youssef et al.	809	8	100	1 (x2) 2	6 точек: 3 щечных, 3 лингвальных	8	2 точки: 10 4 точки: 20	32	Дни 0, 3, 7 и 14 после активации	Да
Doshi-Mehta, Bhard-Patil	800 4 мм ²	5 0,25	100	0,8	10 точек: 5 щечных, 5 лингвальных	8	40 10	32	Дни 0, 3, 7 и 14 после активации (первый месяц), а затем через каждые 15 дней до полного втягивания	Да
Genc et al.	808 0,28 см ²	0,71	20	0,2	10 точек: 5 щечных, 5 лингвальных	2	10	12	Дни 0, 3, 7, 14, 21 и 28 после активации	Да
Cruz et al.	780 0,04 см ²	5	20	0,2	10 точек: 5 щечных, 5 лингвальных	2	10	8	Дни 0, 3, 7 и 14 после активации	Да
Sousa et al.	780 0,04 см ²	5	20	0,2	10 точек: 5 щечных, 5 лингвальных	2	10	6	Дни 0, 3, 7 и после активации	Да
Samacho, Cujar	830 0,028 см ²	78,57	100	2,2	2 точки: 1 щечная, 1 лингвальная	4,4x12 зубов на зубной дуге (приблизительно)	22	52,8 на зубной дуге (приблизительно)	Первый день после активации	Да



а



б



в



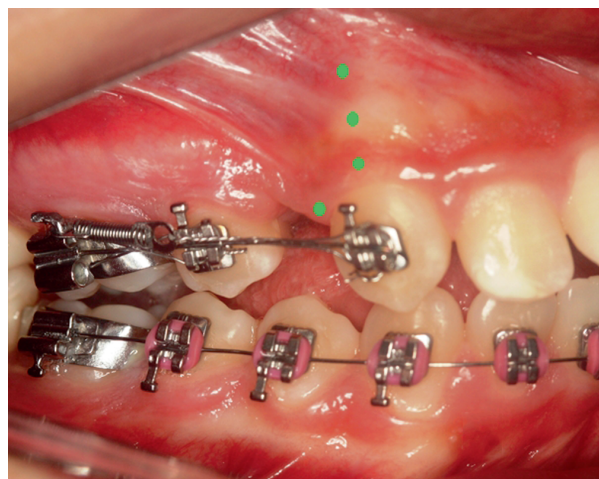
г



д



е



ж

Рис. 28.2. Точки лазерного применения. Такие же точки были сделаны на язычной стороне, кроме исследования Х.М. Лима (Lim H.M.) и соавт., в котором лазер был применен только в щечных точках: а — Д.Р. Круз (Cruz D.R.) и соавт., М.В.С. Соуза (Sousa M.V.S.) и соавт., Ф. Ангелери (Angelieri F.) и соавт., А. Торгамано (Tortamano A.) и соавт., Г. Генк (Genc G.) и соавт., а также Г. Доши-Мехта (Doshi-Mehta G.) и У.А. Бад-Патил (Bhad-Patil W.A.); б — М. Юсеф (Youssef M.) и соавт.; в — А.Д. Камачо (Camacho A.D.) и С.А.В. Куяр (Cujar S.A.V.) и Д. Турани (Turhani D.) и соавт.; г — Х.М. Лим (Lim H.M.) и соавт.; д — М. Артес-Рибас (Artes-Ribas M.) и соавт.; е — А.А. Бикакчи (Bicakci A.A.) и соавт. и М.А. Эспер (Esper M.A.) и соавт.; ж — Лимпаничкул (Limpanichkul W.) и соавт.

Влияние низкоинтенсивной лазерной терапии на боли после активации ортодонтических аппаратов

По данным научной литературы, 90–95% ортодонтических пациентов жалуются на боль и 8–30% этих пациентов прерывают лечение по этой причине [60–62].

Вследствие большого дискомфорта, вызванного болью при ортодонтическом лечении, было предложено несколько методов лечения, позволяющих минимизировать его проявления. Основным лечением являются препараты, такие как противовоспалительные средства или анальгетики. Тем не менее исследования показали, что, помимо побочных эффектов этих препаратов, движение зубов также может быть подавлено путем введения НПВС [63–67]. Кроме того, в настоящее время существует тенденция к использованию природных методов лечения, а не фармакологических препаратов.

В клинической практике считается, что НИЛТ дает анальгезирующий эффект [11–13, 15–17, 68–70]. Тем не менее есть еще некоторые противоречия, поскольку представленные прикладные протоколы различаются в дозах облучения при одних и тех же процедурах, а обезболивающий эффект в некоторых протоколах не описывается [71, 72].

НИЛТ уменьшает болевые ощущения с помощью различных механизмов, начиная от тех, которые вовлечены в передвижение: стимулирования выработки β -эндорфина, естественного медиатора облегчения боли [73], и ингибирования высвобождения арахидоновой кислоты поврежденными клетками, которая будет генерировать метаболиты, взаимодействующие с рецепторами боли (ПГЕ2 и интерлейкином-1 β) [68, 74–76]. В то время как арахидоновая кислота дает локальный эффект, β -эндорфин оказывает анальгезирующее действие по всему телу.

Лазерное облучение также подавляет проводимость нервных импульсов в периферических нервных окончаниях, воздействуя на Na^+/K^+ -насосы [25, 77] или сенсibiliзируя ноцицептивные передатчики, такие как брадикинин, гистамин, серотонин и др. Вследствие этого ингибируется передача локального болевого импульса после лазерного облучения низкого уровня [78, 79].

Некоторые клинические исследования показали эффективность НИЛТ при подавлении боли. Большинство из зарегистрированных исследований оценивали влияние НИЛТ на подавление боли в одном зубе по сравнению с необлученным зубом на противоположной стороне (плацебо) или

в моляре/премоляре [12, 72], отделенном с помощью эластомеров или клыков в начальной фазе ретракции [14, 71] (табл. 28.2). Другие исследования оценивали влияние НИЛТ на подавление боли во всех зубах в зубной дуге после размещения первой дуги (экспериментальная группа) по сравнению с контрольной группой (табл. 28.3).

Точки применения лазера для анальгезии после ортодонтической активации разнятся, и в литературе представлено несколько их вариантов (см. рис. 28.2).

Способность фототерапии способствовать облегчению боли зависит от дозы. В табл. 28.2 показано, что, когда облучается только один зуб, энергия, рекомендуемая для каждой точки, находится в интервале от 0,9 Дж до 2 Дж и плотность энергии составляет от 0,9 до 10 Дж/см². Когда облучаются все зубы зубной дуги (см. табл. 28.3), рекомендуемая энергия находится в диапазоне от 0,5 до 2,25 Дж на точку, а плотность энергии — от 4,25 до 16 Дж/см².

Положительный обезболивающий эффект достигается в том случае, когда вся зубная дуга облучена низкими дозами энергии, приходящимися на точку, как это продемонстрировано А. Тортамано (Tortamano A.) и соавт. [15]. Это, вероятно, происходит из-за эффектов облучения иннервации зубного ряда и клеток периодонтальной связки [5].

Во всех исследованиях, приведенных в табл. 28.2, 28.3, лазерный луч испускает непрерывную волну, за исключением исследования К. Фуджияма (Fujiyama K.) и соавт., которые использовали импульсную волну [11]. Они пришли к выводу, что импульсная НИЛТ видится более эффективной для обезболивания в течение первых 4 дней после применения силы, и применили 20 импульсов мощности 2 Вт и 5 импульсов за 1000 с на 2-мм расфокусировке, через 30 с после размещения сепаратора и на период 30 с [11].

Влияние низкоинтенсивной лазерной терапии на быстрое расширение верхней челюсти

Быстрое расширение верхней челюсти является методом выбора для коррекции суженной верхнечелюстной зубной дуги [80–83]. Это лечение может быть хирургическим у молодых людей со скелетной зрелостью и называется хирургически-ассистированным быстрым расширением верхней челюсти. В качестве альтернативы могут быть использованы ортодонтические расширяющие приборы у растущих пациентов [84]. Рецидива после расширения следует избегать с помощью использования ретейнеров, что гарантирует успех терапии [83, 85].

Таблица 28.2. Дозы лазерного излучения низкого уровня и их влияние на ингибирование боли при облучении только одного зуба, упорядоченные по энергии в точке (уменьшение значения): обзор литературы

Авторы	Длина волны (нм) / площадь пятна (см²)	Плотность энергии в точке (Дж/см²)	Выходная мощность (мВт)	Энергия на одну точку (J)	Кол-во пунктов	Полная энергия (Дж)	Время на точке (с)	Частота применения	Ингибирование боли
Angellieri et al.	780 0,04	5	20	0,2	10 точек: 5 щечных, 5 язычных	2	10	Дни 0, 3, 7 и после активации	Нет
Bicakci et al.	820 0,0314	7,96	50	0,25	4 точки: 2 щечные, 2 язычные	1	30	Немедленно и через 24 часа после активации	Нет (сразу) Да (24 ч)
Lim et al.	830 0,53	0,9	30	0,45	1 точка	0,45	15	Дни 1, 2, 3, 4 и 5 после активации	Нет
Esper et al.	660 19	4	30	0,7	4 точки: 2 щечные, 2 язычные	2,8	25	В день после активации	Нет
Lim et al.	830 0,53	0,9	30	0,9	1 точка	0,9	30	Дни 1, 2, 3, 4 и 5 после активации	Да Н.С.
Lim et al.	830 0,53	0,9	30	1,8	1 точка	1,8	60	Дни 1, 2, 3, 4 и 5 после активации	Да Н.С.
Youssef et al.	809	10	100	1 (x2) 2	6 точек: 3 щечные, 3 язычные	8	2 точки: 10 1 точка: 20	Дни 0, 3, 7 и 14 после активации	Да
Artés-Ribas et al.	830 0,4	5	100	2	6 точек: 3 щечные, 3 язычные	12	20	Сразу после активации	Да

Н.С. — ингибирование боли было, но нет статистически значимых различий.

Таблица 28.3. Дозы лазерного излучения низкого уровня и их влияние на ингибирование боли, когда облучаются все зубы зубной дуги, упорядоченные в соответствии с энергией в точке (уменьшение значения): обзор литературы

Авторы	Длина волны (нм) / площадь пятна (см²)	Плотность энергии в точке (Дж/см²)	Выходная мощность (мВт)	Энергия на одну точку (J)	Количество точек на зуб	Время на точке (с)	Частота применения	Ингибирование боли
Tortamano et al.	830; 0,03	16	30	0,5	10 точек: 5 щечных, 5 язычных	16	День после активации	Да
Turhani et al.	670; 0,53	4,25	75	2,25	1 точка	30	День после активации	Да

Новую формацию шва и верхней челюсти следует сохранить в новом положении в течение определенного периода для достижения стабильности. Срок, необходимый для полного окостенения срединного нёбного шва, составляет около 1 мес, затем нужна поддержка с помощью эспандера в течение 3 мес, а затем 6 мес ретенции с помощью съемного прибора [80, 86, 87] для молодых пациентов и даже дольше для взрослых пациентов, перенесших хирургически-ассистированное быстрое расширение верхней челюсти [86].

Таким образом, ускорение регенерации костной ткани в области срединного нёбного шва после расширения будет полезным для сокращения сроков ретенции. Использование лазерного

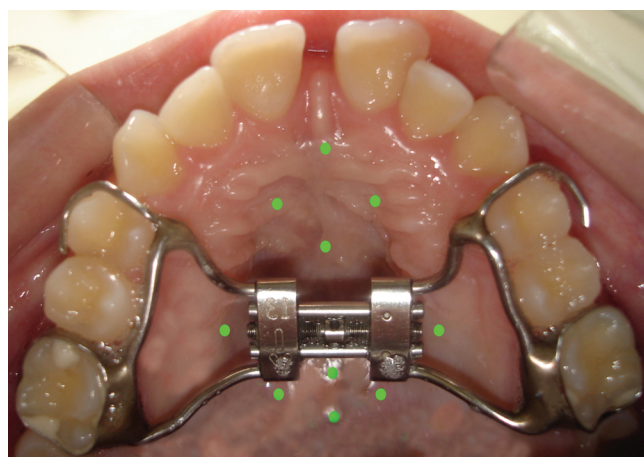
облучения для регенерации костной ткани оправдывается возможностью сокращения срока ретенции, обеспечивая при этом стабильность после лечения.

Есть несколько исследований о влиянии НИЛТ на скорость регенерации срединного нёбного шва [18, 89–92], но общее мнение гласит, что НИЛТ увеличивает скорость регенерации костной ткани.

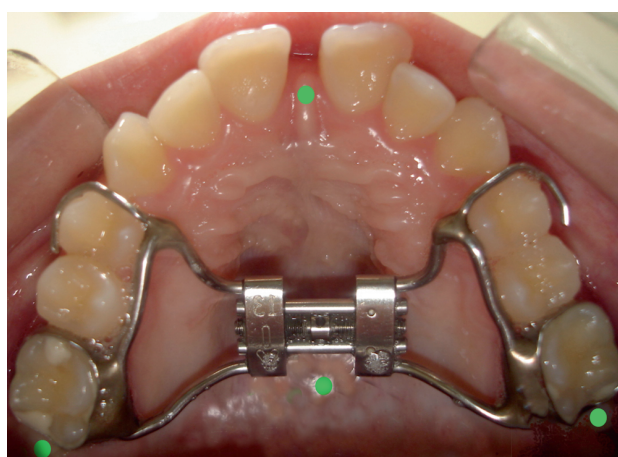
В табл. 28.4 показаны параметры, представленные в исследованиях НИЛТ в условиях организма человека для ускорения окостенения срединного нёбного шва, а на рис. 28.3 показаны точки лазерного применения для быстрого расширения верхней челюсти и хирургически-ассистированного быстрого расширения верхней челюсти.

Таблица 28.4. Дозы лазерного облучения низкого уровня у людей, подвергающихся быстрому расширению верхней челюсти или хирургически-ассистированному быстрому расширению верхней челюсти: обзор литературы

Авторы	Длина волны (нм) / площадь пятна (см ²)	Плотность энергии в точке (Дж/см ²)	Выходная мощность (мВт)	Энергия на одну точку (Дж)	Количество точек на зуб	Время на точку (с)	Частота применения
Serera et al. RME	780; 0,04	10	40	0,4	10	10	Дни 1, 2, 3, 4 и 5 от начала активации винта Дни 1, 2 и 3 сразу же после конца расширения Дни 11, 15, 19, 22, 27 и 29 с первого дня расширения с активацией винта
Abreu et al. SARME	824; 0,28	1,5	20	0,4	4	20	8 сеансов с 48-часовыми интервалами



а



б

Рис. 28.3. Точки применения лазерного излучения: а — Кепера (Serera С.) и соавт. для быстрого расширения верхней челюсти; б — М.Э.Р. Абреу (Abreu М.Е.Р.) и соавт. [92] для метода хирургического содействия при быстром расширении верхней челюсти

Будущие перспективы

Среди преимуществ НИЛТ называются просто-та ее применения и тот факт, что она снижает боль и не вызывает побочных эффектов, а также малое количество противопоказаний к ней.

Что касается клинических применений, то она используется для более быстрого передвижения зубов и сокращения времени удерживания после быстрого расширения верхней челюсти или хирургически-ассистированного быстрого расширения верхней челюсти, что особенно выгодно для взрослых,

когда требуется более длительный период времени лечения, что увеличивает риск резорбции альвеолярной кости и риск рецидива кариеса.

С помощью НИЛТ также может быть получено снижение чувствительности вследствие ортодонтического движения. Эффект зависит от примененной дозы.

Помимо всех этих фактов, НИЛТ может также стимулировать и облегчать перемещение зубов в сложных клинических ситуациях, таких как случаи непрорезавшихся зубов, которые будут подвергаться ортодонтической тракции, случаи дистализации моляров или ретракции передних зубов. Применение лазеров на стимулирующих параметрах, особенно на вышеупомянутых зубах, судя по всему, облегчает перемещение зубов и, следовательно, сокращает время лечения [19].

Существует ряд данных о том, что более высокие дозы НИЛТ дают противоположный эффект, то есть уменьшают скорость ортодонтического передвижения. Если это подтвердится, то это свойство может быть клинически ценным в случае зубов, которые требуют закрепления позиции. По-прежнему требуются дальнейшие исследования, но лазерная терапия в сочетании с ортодонтией, судя по всему, имеет перспективу.

Список литературы

- Consolaro A. Movimentação dentária induzida: biologia aplicada à prática clínica. In: Consolaro A, ed. Reabsorções Dentárias nas Especialidades Clínicas. Maringá: Dental Press Editora, 2002: 221–257.
- Burstone C.J. The biomechanics of tooth movement. In: Kraus B.S., Riedel R.A., eds. Vistas in Orthodontics. Philadelphia: Lea & Febiger, 1962: 197–213.
- Klein-Nulend J., Bacabac R.G., Mullender M.G. Mecanobiology of bone tissue. *Pathol Biol* 2005; 53(10): 576–580.
- Smith R.J., Burstone C.J. Mechanics of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984; 85(4): 294–307.
- Davidovitch Z., Finkelson M.D., Steigman S. et al. Electric currents, bone remodeling, and orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1980; 77(1): 14–31.
- Consolaro A. Biologia da movimentação dentária. In: Interlandi S, ed. Ortodontia: bases para iniciação, 4th edn. Sao Paulo: Artes Mídicas, 1999: 435–439.
- Krishnan V., Davidovitch Z. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129(4): 469e.1–e.32.
- Rody W.J. Jr., King G.J., Gu G. Osteoclast recruitment to sites of Compression in orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 120(5): 477–489.
- Sodek J., Mckee M.D. Molecular and cellular biology of alveolar bone. *Periodontology* 2000; 24: 99–126.
- Limpanichkul W., Godfrey K., Srisuk N., Rattanayatikul C. Effects of low-level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res* 2006; 9(1): 38–43.
- Fujiyama K., Deguchi T., Murakami T. et al. Clinical effect of CO₂ laser in reducing pain in orthodontics. *Angle Orthod* 2008; 78(2): 299–303.
- Lim H.M., Lew K.K.K., Tay D.K.L. A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic postadjustment pain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 108(6): 614–622.
- Turhani D., Scheriau M., Kapral D. et al. Pain relief by single low-level laser irradiation in orthodontic patients undergoing fixed appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 130(3): 371–377.
- Youssef M., Ashkar S., Hamade E. et al. The effect of low-level laser therapy during orthodontic movement: a preliminary study. *Lasers Med Sci* 2008; 23: 27–33.
- Tortamano A., Lenzi D.C., Haddad A.C.S.S. et al. Low-level laser therapy for pain caused by placement of the first orthodontic archwire: A randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136(5): 662–667.
- Bicakci A.A., Kocoglu-Altan B., Tokar H. et al. Efficiency of low-level laser therapy in reducing pain induced by orthodontic forces. *Photomed Laser Surg* 2012; 30(8): 460–465.
- Artés-Ribas M., Arnabat-Dominguez J., Puigdollers A. Analgesic effect of a low-level laser therapy (830 nm) in early orthodontic treatment. *Lasers Med Sci* 2013; 28(1): 335–341.
- Saito S., Shimizu N. Stimulatory effects of low-power laser irradiation on bone regeneration in mid palatal suture during expansion in the rat. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 111(5): 525–532.
- Sousa M.V.S., Scanavini M.A., Sannomiya E.K. et al. Influence of low-level laser on the speed of orthodontic movement. *Photomed Laser Surg* 2011; 29(3): 191–196.
- Cruz D.R., Kohara E.K., Ribeiro M.S., Wetter N.U. Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: a preliminary study. *Lasers Surg Med* 2004; 35(2): 614–622.
- Camacho A.D., Cujar S.A.V. Acceleration effect of orthodontic movement by application of low-intensity laser. *J Oral Laser Applications* 2010; 10: 99–105.
- Doshi-Mehta G., Bhad-Patil W.A. Efficacy of low-intensity laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: A clinical investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012; 141: 289–297.
- Dortbudak O., Hass R., Mailath-Pokorny G. Biostimulation of bone marrow cells with a diode soft laser. *Clin Oral Impl Res* 2000; 11: 540–545.
- Volpato L.E.R., Oliveira R.C., Espinosa M.M. et al. Viability of fibroblasts cultured under nutritional stress irradiated with red laser, infrared laser, and red light-emitting diode. *J Biomed Opt* 2011; 16(7): 075004.
- Kasai S., Kono T., Yamamoto Y. et al. Effect of low-power irradiation on impulse conduction in anesthetized rabbits. *J Clin Laser Med Surg* 1996; 14(3): 107–113.
- Karu T.I. Molecular mechanism of the therapeutic effect of lowintensity laser radiation. *Lasers Life Sci* 1988; 2(1): 53–74.
- Karu T.I., Kalendo G.S., Ketokhov V.S., Lobko V.V. Bioestimulation of HeLa cells by low intensity visible light. II Stimulation of DNA and RNA synthesis in a wide spectral range. *Ikvantovaya Elektronika* 1983; 10: 1138–1144.
- Yamasaki K., Shibata Y., Imai S. et al. Clinical application of prostaglandin E₁ (PGE1) upon orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984; 85: 508–510.

29. Collins M.K., Sinclair P.M. The local use of vitamin D to increase the rate of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988; 94(4): 278–284.
30. Kobayashi Y., Takagi H., Sakai H. et al. Effects of local administration of osteocalcin on experimental tooth movement. *Angle Orthod* 1998; 68(3): 259–266.
31. Callaghan G.A., Riordan C., Gilmore W.S. et al. Reactive oxygen species inducible by low-intensity laser irradiation alter DNA synthesis in the haemopoietic cell line U937. *Lasers Surg Med* 1996; 19: 201–206.
32. Grossman N., Schneid N., Reuveni H. et al. 780 nm low power diode laser irradiation stimulates proliferation of keratinocyte cultures: involvement of reactive oxygen species. *Lasers Surg Med* 1998; 22: 212–218.
33. Lavi R., Shainberg A., Friedmann H. et al. Low energy visible light induces reactive oxygen species generation and stimulates an increase of intracellular calcium concentration in cardiac cells. *J Biol Chem* 2003; 278: 40917–40922.
34. Zang J., Xing D., Gao X. Low-power laser irradiation activates Src tyrosine kinase through reactive oxygen species-mediated signaling pathway. *J Cell Physiol* 2008; 217: 518–528.
35. Benedicenti S., Pepe I.M., Angiero F., Benedicenti A. Intracellular ATP level increases in lymphocytes irradiated with infrared laser light of wavelength 904 nm. *Photomed Laser Surg* 2008; 26(5): 451–453.
36. Karu T.I., Pyatibrat L., Kalendo G. Irradiation with HeNe laser increases ATP level in cells cultivated *in vitro*. *J Photochem Photobiol* 1995; 27: 219–223.
37. Karu T.I. Mitochondrial mechanisms of photobiomodulation in Context of new data about multiple roles of ATP. *Photomed Laser Surg* 2010; 28(2): 159–160.
38. Oron U., Ilic S., de Taboada L., Streeter J. Ga-As (808 nm) laser Irradiation enhances ATP production in human neuronal cells in culture. *Photomed Laser Surg* 2007; 25: 180–182.
39. Wu Z.H., Zhou Y., Chen J.Y., Zhou L.W. Mitochondrial signaling for histamine releases in laser-irradiated RBL-2H3 mast cells. *Lasers Surg Med* 2010; 42: 503–509.
40. Zungu I.L., Evans D.H., Abrahamse H. Mitochondrial responses of normal and injured human skin fibroblasts following low level laser irradiation — an *in vitro* study. *Photochem Photobiol* 2009; 85: 987–996.
41. Karu T.I. Structure of mitochondria and activity of their respiratory chain in subsequent generations of yeast cells exposed to He-Ne laser light. *Izv Akad Nauk Ser Biol* 2005; 6: 672–683.
42. Kassák P., Sikurová L., Kvasnicka P., Bryszewska M. The response of Na⁺/K⁺-ATPase of human erythrocytes to green laser light treatment. *Physiol Res* 2006; 55: 189–194.
43. Konstantinović L., Cernak I., Prokić V. Influence of low level laser irradiation on biochemical processes in brainstem and cortex of intact rabbits. *Vojnosanit Pregl* 1997; 54(6): 533–540.
44. Kujawa J., Zavodnik L., Zavodnik I. et al. Effect of low-intensity (3.75–25 J/cm²) near-infrared (810 nm) laser radiation on red blood cell ATPase activities and membrane structure. *J Clin Laser Med Surg* 2004; 22(2): 111–117.
45. Karu T.I. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. *J Photochem Photobiol* 1999; 49: 1–17.
46. Gutknecht N., Franzen R. O laser: função, interação e segurança. In: Gutknecht N., Eduardo C.P., eds. *A odontologia e o laser*. Berlin: Quintessence Editora Ltd, 2004: 25–60.
47. Fujita S., Yamaguchi M., Utsunomiya T. et al. Lowenergy laser stimulates tooth movement velocity via expression of RANK and RANKL. *Orthod Craniofac Res* 2008; 11: 143–155.
48. Dominguez A., Castro P., Morales M. An *in vitro* study of the reaction of human osteoblasts to low-level laser irradiation. *J Oral Laser Appl* 2009; 9: 21–28.
49. Aihara N., Yamaguchi M., Kasai K. Low-energy irradiation stimulates formation of osteoclast-like cells via RANK expression *in vitro*. *Lasers Surg Med* 2006; 21: 24–33.
50. Coombe A.R., Ho C.T.G., Philips J.R. et al. The effects of low level laser irradiation on osteoblastic cells. *Clin Orthod Res* 2001; 4(1): 3–14.
51. Kawasaki K., Kawasaki K., Shimizu N. Effects of low-energy laser irradiation on bone remodeling during experimental tooth movement in rats. *Lasers Surg Med* 2000; 26(3): 282–291.
52. Kim Y.D., Kim S.S., Kim S.J. et al. Low-level laser irradiation facilitates fibronectin and collagen type I turnover during tooth movement in rats. *Lasers Med Sci* 2010; 25: 25–31.
53. Yamaguchi M., Fujita S., Yoshida N. et al. Low-energy laser irradiation stimulates the tooth movement velocity via expression of M-CSF and c-fms. *Orthodont Waves* 2007; 66: 139–148.
54. Yamaguchi M., Hayashi M., Fujita S. et al. Low-energy laser irradiation facilitates the velocity of tooth movement and the expressions of matrix metalloproteinase-9, cathepsin K, and alpha(v) beta(3) integrin in rats. *Eur J Orthod* 2010; 32: 131–139.
55. Yoshida T., Yamaguchi M., Utsunomiya T. et al. Low-energy laser irradiation accelerates the velocity of tooth movement via stimulation of the alveolar bone remodeling. *Orthodont Craniofac Res* 2009; 12: 289–298.
56. Altan B.A., Sokucu O., Ozkut M.M., Inan S. Metrical and histological investigation of the effects of low-level laser therapy on orthodontic tooth movement. *Lasers Med Sci* 2012; 27(1): 131–140.
57. Goulart C.S., Nouer P.R.A., Martins L.M. et al. Photoradiation and orthodontic movement: experimental study with canines. *Photomed Laser Surg* 2006; 24(2): 192–196.
58. Seifi M., Shafeei H.A., Daneshdoost S., Mir M. Effects of two types of low-level laser wave lengths (850 nm and 630 nm) on the orthodontic tooth movements in rabbits. *Lasers Med Sci* 2007; 22: 261–264.
59. Pinzan A., Pinzan-Vercelino C.R.M., Martins D.R. et al. Atlas de Crescimento craniofacial. Editora Santos, 2006: 88.
60. Krishnan V. Orthodontic pain: from causes to management — a review. *Eur J Orthod* 2007; 29: 170–179.
61. Bergius M., Kiliaridis S., Berggren U. Pain in orthodontics. *J Orofac Orthop* 2000; 61: 125–137.
62. Polat O., Karaman A. Pain control during fixed orthodontic Appliance therapy. *Angle Orthod* 2005; 75(2): 210–215.
63. Carlos F., Cobo J., Díaz-Esnal B. et al. Orthodontic tooth movement after inhibition of cyclooxygenase-2. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129: 402–406.
64. Gonzales C., Hotokezaka H., Matsuo K.I. et al. Effects of steroidal and nonsteroidal drugs on tooth movement and root resorption in the rat molar. *Angle Orthod* 2009; 79(4): 715–726.

65. Arias O.R., Marquez-Orozco M.C. Aspirin, acetaminophen, and ibuprofen: their effects on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 130(3): 364–370.
66. Bernhardt M.K., Southard K.A., Batterson K.D. et al. The effect of preemptive and/or postoperative Ibuprofen therapy for orthodontic pain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 120(1): 20–27.
67. Chumbley A.B., Tuncay O.C. The effect of indomethacin (an aspirinlike drug) on the rate of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 89(4): 312–314.
68. Shimizu N., Yamaguchi T., Goseki T. et al. Inhibition of prostaglandin E_2 and interleukin 1- β production by low-power laser irradiation in stretched human periodontal ligament cells. *J Dent Res* 1995; 74(7): 1382–1388.
69. Harazaki M., Takahashi H., Ito A., Isshiki Y. Soft laser irradiation induced pain reduction in orthodontic treatment. *Bull Tokyo Dent Coll* 1998; 39(2): 95–101.
70. Saito S., Mikikawa Y., Usui M. et al. Clinical application of a pressuresensitive occlusal sheet for tooth pain — time-dependent pain associated with a multi-bracket system and the inhibition of pain by laser irradiation. *Orthod Waves* 2002; 61: 31–9.
71. Angelieri F., Sousa M.V.S., Kanashiro L.K. et al. Efeitos do laser de baixa intensidade na sensibilidade dolorosa durante a movimentação ortodôntica. *Dental Press J Orthod* 2011; 16(4): 95–102.
72. Esper M.A.L.R., Nicolau R.A., Arisawa E.A.L.S. The effect of two Phototherapy protocols on pain control in orthodontic procedure — a preliminary clinical study. *Lasers Med Sci* 2011; 26: 657–663.
73. Benedicenti A. *Manuale di laser del cavo orale*. Gênova: Castelo Maggioli, 1982.
74. Mizutani K., Musya Y., Wakae K. et al. A clinical study on serum prostaglandin E_2 with low-level laser therapy. *Photomed Laser Surg* 2004; 22(6): 537–539.
75. Iwatsuki K., Yoshimine T., Sasaki M. et al. The effect of laser irradiation for nucleus pulposus: an experimental study. *Neurol Res* 2005; 27(3): 319–323.
76. Ferreira D.M., Zângaro R.A., Balbin Villaverde A. et al. Analgesic effect of He-Ne (632.8 nm) low-level laser therapy on acute inflammatory pain. *Photomed Laser Surg* 2005; 23(2): 177–181.
77. Tsuchiya K., Kawatani M., Takeshige C. et al. Diode laser irradiation selectively diminishes slow component of axonal volleys to dorsal roots from the saphenous nerve in the rat. *Neurosci Lett* 1993; 161: 65–68.
78. Ataka I. Studies of Nd:YAG low power laser irradiation on stellate ganglion. In: Ataka I., ed. *Laser in Dentistry*. Amsterdam: Elsevier, 1989: 271.
79. Jimbo K., Noda K., Suzuki K., Yoda K. Suppressive effects of low-Power laser irradiation on bradykinin evoked action potentials in cultured murine dorsal root ganglion cells. *Neurosci Lett* 1998; 240: 93–96.
80. Bell R.A. A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1982; 81: 32–37.
81. Atac A.T.A., Karasu H.A., Aytac D. Surgically assisted rapid maxillary expansion compared with orthopedic rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 2006; 76: 353–359.
82. Babacan H., Sokucu O., Doruk C., Ay S. Rapid maxillary expansion and surgically assisted rapid maxillary expansion effects on nasal volume. *Angle Orthod* 2006; 76: 66–71.
83. Hass A.J. Palatal expansion: just the beginning of dento-facial orthopedics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1970; 57: 219–255.
84. Proffit W.R., Turvey T.A., Phillips C. Orthognathic surgery: a Hierarchy of stability. *Int J Orthognathic Surg* 1996; 11: 191–204.
85. Nicholson P.T., Plint D.A. A long term study of rapid maxillary expansion and bone grafting in cleft lip palate patients. *Eur J Orthod* 1989; 11: 186–192.
86. Bishara S.E., Staley R. Maxillary expansion: clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987; 91: 3–14.
87. Betts N.J., Vanarsdall R.L., Barber H.D. et al. Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1995; 10: 75–96.
88. Gurgel J.A., Malmstrom M.F.V., Pinzan-Vercelino C.R.M. Ossification of the midpalatal suture after surgically assisted rapid maxillary expansion. *Eur J Orthod* 2011; 34: 39–43.
89. Cepera C., Torres F.C., Scanavini M.A. et al. Effect of a low-level laser on bone regeneration after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012; 141: 444–450.
90. Silva A.P.R.B., Petri A.D., Crippa G.E. et al. Effect of low-level laser therapy after rapid maxillary expansion on proliferation and differentiation of osteoblastic cells. *Lasers Med Sci* 2011.
91. Angeletti P., Pereira M.D., Gomes H.C. et al. Effect of low-level laser therapy (GaAlAs) on bone regeneration in midpalatal anterior suture after surgically assisted rapid maxillary expansion. *Oral Surg* 2010; 109(3): e38–e46.
92. Abreu M.E.R., Viegas V.N., Pagnoncelli R.M. et al. Infrared laser therapy after surgically assisted rapid palatal expansion to diminish pain and accelerate bone healing. *World J Orthod* 2010; 11: 273–277.
93. Genc G., Kocadereli I., Tasar F. et al. Effect of low-level laser therapy (LLLT) on orthodontic tooth movement. *Lasers Med Sci* 2013; 28(1): 41–47.