

DOI: 10.15593/RZhBiomech/2018.4.07

УДК 531/534: [57+61]



**Российский
Журнал
Биомеханики**
www.biomech.ru

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАБИЛЬНОСТИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ (*ISQ*) ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

О.С. Гилева¹, М.А. Чупраков², Т.В. Либик¹, Е.С. Сюткина¹, Ф.З. Мирсаева³

¹ Кафедра терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний Пермского государственного медицинского университета имени академика Е.А. Вагнера Минздрава России, Россия, 614990, Пермь, ул. Петропавловская, 26, e-mail: o.s.gileva@yandex.ru

² Городская стоматологическая поликлиника № 2, Россия, 614070, Пермь, ул. Студенческая, 32

³ Кафедра хирургической стоматологии Башкирского государственного медицинского университета, Россия, 450008, Уфа, ул. Ленина, 3

Аннотация. Целью настоящей работы явилось исследование первичной и вторичной стабильности дентальных имплантатов, установленных с помощью пред- и послеоперационной лазеротерапии аппаратом *B-CureLaserDentalPro* методом частотно-резонансного анализа. Фотобиостимулирующие эффекты низкоинтенсивного лазерного излучения аппаратом *B-CureLaserDentalPro* продемонстрированы на примере гармонизации формирования костно-имплантационного комплекса. В слепом рандомизированном сравнительном плацебоконтролируемом проспективном исследовании определено, что профессиональное и индивидуальное использование диодного лазера 5-го поколения с длиной волны 808 нм, мощностью 250 мВт, частотой импульсов 14 кГц, расфокусированным лучом 4,5 × 1,0 см, плотностью потока энергии 14,4 Дж/мин на пике (3,2 Дж/см² в мин) на этапах предоперационной подготовки и послеоперационного сопровождения дентальной имплантации обеспечивает полноценную остеоинтеграцию имплантатов по показателям вторичной стабильности, *ISQ₂*, определяемым частотно-резонансным методом (*Osstell/ISQ*), своевременное функциональное нагружение имплантата постоянной ортопедической конструкцией с долгосрочным благоприятным прогнозом лечения. По результатам исследования внутригрупповые, а также индивидуальные показатели вторичной стабильности имплантатов при включении в комплекс дентальной имплантации лазеротерапии в профилактическом и лечебно-реабилитационном режимах соответствовали критерию «превосходные» и превышали показатели первичной стабильности в среднем на 14,6%. В группе сравнения полноценная остеоинтеграция отмечена у 96,5% пациентов и достоверно ($p < 0,001$) меньшим (на 5,9%) приростом значения *ISQ*; неуспех лечения фиксировали в 3,5% наблюдений (дезинтеграция и утрата имплантата).

Ключевые слова: дентальная имплантация, остеоинтеграция, стабильность имплантата, низкоинтенсивное лазерное излучение, лазеротерапия.

© Гилева О.С., Чупраков М.А., Сюткина Е.С., Либик Т.В., Мирсаева Ф.З., 2018

Гилева Ольга Сергеевна, д.м.н., проф., заведующий кафедрой, Пермь

Чупраков Михаил Андреевич, врач-стоматолог, аспирант, Пермь

Либик Татьяна Владимировна, к.м.н., доцент, Пермь

Сюткина Евгения Сергеевна, к.м.н., ассистент, Пермь

Мирсаева Фания Зартидиновна, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой, Уфа

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия для стоматологической реабилитации пациентов с отсутствием зубов широко используется протезирование (съёмное, несъёмное, комбинированное) с опорой на дентальные имплантаты [8, 14, 18, 33]. У лиц с сохранным или компенсированным системным статусом, при наличии в полости рта благоприятных условий для установки имплантатов (достаточное количество костной ткани, тип костной ткани и др.), при успешно проведенной операции и рациональном протезировании возможен предсказуемо положительный и долгосрочный результат комплексного лечения с полным восстановлением эстетики лица, жевательных и речевых функций и, как следствие, с улучшением качества жизни стоматологического пациента [4, 12].

Однако нередко констатируется, что протетическое лечение с использованием дентальных имплантатов в качестве опоры не всегда завершается положительным результатом и сохраняет его в отдаленные сроки в силу многих труднопрогнозируемых факторов (индивидуальные общие реакции организма, изменения системного здоровья пациента, местные реакции тканей в зоне имплантации и др.) [6, 7, 15, 29]. Эффективность имплантационного лечения зависит от сроков выявления и адекватной коррекции воспалительных изменений в зоне имплантации и связанных с ними нарушений стабильности имплантата [1, 24].

Известно, что организация тканей на поверхности «имплантат – кость» может происходить как костная интеграция (остеоинтеграция), фиброзно-костная интеграция (фиброостеоинтеграция) или соединительнотканная интеграция. Именно остеоинтеграция признается единственным условием долгосрочного успеха протезирования с опорой на дентальные имплантаты [1, 17]. Для прогнозирования исходов дентальной имплантации предложен ряд методов, косвенно оценивающих степень остеоинтеграции, в том числе по показателям (признакам) стабильности имплантатов: клиническим (перкутирование, мануальный контроль устойчивости); рентгенологическим; торк-тесту; периотестометрии; частотно- (или магнито-) резонансному анализу. К числу надежных и точных методов оценки стабильности дентальных имплантатов относится метод частотно-резонансного анализа (*Resonance Frequency Analysis, RFA*) [2, 20, 49]. В настоящее время *RFA*-метод активно используется в клинической имплантологии для прогнозирования исходов дентальной имплантации [9, 31, 55], определения показаний к началу ортопедического этапа лечения. Так, конкретные значения (<50 ед.) коэффициента стабильности имплантата (*Implant Stability Quotient, ISQ*) считаются критерием исключения из протокола немедленной нагрузки имплантата [47]. Динамическая оценка коэффициентов *ISQ* на этапах имплантационного лечения с последующей фиксацией данных в амбулаторной карте конкретного пациента созвучна идее персонафицированной терапии и оправдана с юридической точки зрения [30].

Специалисты сходятся во мнении, что в сравнении с другими методами оценки степени остеоинтеграции имплантатов метод *RFA* отличается эргономичностью (простотой воспроизведения, скоростью получения результатов, компактностью прибора и др.), безопасностью, валидностью получаемых результатов, их высокой прогностической и диагностической ценностью [21, 26, 34–36, 47]. Метод *RFA* успешно используется в исследованиях *in vivo* и *in vitro* для: оценки качества остеоинтеграции имплантатов при определенных анатомо-физиологических условиях [25, 40, 45]; поиска наиболее эффективных фармакологических [27], в том числе клеточных, технологий [42, 50]; определения наиболее перспективных физиотерапевтических [10, 16] и инструментально-технологических [19, 41, 46, 51, 53] подходов к оптимизации остеоинтеграции при дентальной имплантации.

Признано, что одним из перспективных направлений улучшения и гармонизации репаративных процессов в мягких тканях (ранозаживления) и костных структурах челюстей (остеоинтеграции) после установки дентальных имплантатов является использование низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) [13, 22, 23, 28, 37, 38, 43, 48, 52, 54]. Аппараты последнего поколения, генерирующие НИЛИ необходимой плотности и мощности, могут быть использованы врачом-стоматологом в профессиональных условиях и пациентом в качестве домашнего лечения, причем последнее весьма актуально с позиций повышения комплаентности пациента к проводимому стоматологическому лечению и поддержания полученных результатов. Спектр применения в стоматологической практике портативного диодного лазерного аппарата на основе *Ga-Al-As* с инфракрасным диапазоном излучения расфокусированным лучом (длина волны – 808 нм, мощность – 250 мВт) *B-CureLaserDentalPro* (*GoodEnergies* ®, *Israel*) на сегодняшний день до конца не определен. Пилотные исследования обосновывают целесообразность его использования в комплексе стоматологического лечения с дентальной имплантацией [5, 29]. Однако клиническая эффективность лазеротерапии аппаратом *B-CureLaserDentalPro* не подтверждена динамикой объективных показателей стабильности дентальных имплантатов, отражающей эволюцию и состоятельность процессов остеоинтеграции.

Цель – методом частотно-резонансного анализа исследовать первичную и вторичную стабильность дентальных имплантатов, установленных с использованием пред- и послеоперационной лазеротерапии аппаратом *B-CureLaserDentalPro*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Клинико-функциональные и биомеханические исследования проведены на кафедре терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний Пермского государственного медицинского университета им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России (г. Пермь), кафедре хирургической стоматологии Башкирского государственного медицинского университета Минздрава России (г. Уфа), в хирургическом и ортопедическом отделении Городской стоматологической поликлиники № 2 (г. Пермь) с июня 2016 по февраль 2017 г. План, структура и методология исследования утверждены локальным этическим комитетом Пермского государственного медицинского университета им. академика Е.А. Вагнера.

В простом слепом рандомизированном проспективном многоцентровом сравнительном плацебоконтролируемом исследовании приняли участие 30 пациентов с частичным отсутствием зубов, комплексное стоматологическое лечение которых включало в себя следующие этапы: подготовительный (санация полости рта); традиционная предоперационная подготовка пациента с дополнительным облучением зоны планируемой имплантации аппаратом *B-CureLaserDentalPro*; операция дентальной имплантации в соответствии с традиционным протоколом; послеоперационное ведение пациента с использованием лазеротерапии *B-CureLaserDentalPro* в лечебно-реабилитационном режиме; ортопедический этап с нагружением дентальных имплантатов.

Критерии включения пациентов с исследованием: возраст – 25–60 лет; санированная полость рта и удовлетворительная гигиена полости рта; отсутствие системных противопоказаний к дентальной имплантации и лазеротерапии; наличие достаточного объема и необходимого качества челюстной кости в месте имплантации; наличие дефектов зубных рядов (частичное отсутствие зубов; К.08.1 по МКБ-10); наличие информированного согласия на лечение, а также на участие в исследовании.

Критерии исключения: наличие системных, местных или иных противопоказаний к используемым методам лечения; возраст – моложе 25 и старше 60 лет; отсутствие согласия на протезирование с опорой на имплантаты и на участие в настоящем исследовании.

Предмет исследования – первичная и вторичная стабильность имплантата по показателям *ISQ*, получаемым по результатам *RFA*.

Единица наблюдения – денальный имплантат (136 шт.), установленный в кость верхней/нижней челюсти в соответствии с протоколом денальной имплантации (с использованием / без использования лазеротерапии в лечебно-профилактическом режиме).

Объекты исследования – 30 пациентов (13 мужчин и 17 женщин в возрасте от 28 до 57 лет) с частичным отсутствием зубов, имеющих показания и намерения к лечению с использованием денальной имплантации, не имеющие противопоказаний к лазеротерапии. Для оценки роли НИЛИ как фактора оптимизации денальной имплантации методом ограниченной рандомизации были сформированы две группы наблюдения: основная – 7 мужчин и 8 женщин в возрасте от 31 до 54 лет, которые в комплексе мероприятий по денальной имплантации получали лазеротерапию активным, генерирующим инфракрасное лазерное излучение аппаратом *B-CureLaserDentalPro*, и группа сравнения – 6 мужчин и 9 женщин в возрасте от 28 до 57 лет, которые для лечения получали неактивный плацебоаппарат *B-CureLaserDentalPro*, имитирующий генерацию НИЛИ, имеющий идентичный внешний дизайн.

При планировании денальной имплантации, проводимой хирургом-стоматологом и врачом-ортопедом, использовали стандартные методы клинико-функционального обследования пациентов. Состояние костной ткани челюстей оценивали по данным конусно-лучевой компьютерной томографии (*PlanmecaProMax 3D, PLANMECA, Finland*) с оценкой качества, архитектоники, плотности (методом динамической денситометрии) и атрофии костной ткани челюстей (I–II тип кости по *Lekholm U. и Zarb G., D2-D3* по *Misch C.E. et al.*) По итогам комплексного обследования формулировали диагноз частичного отсутствия зубов по МКБ-10 и классификации *Kennedy E. (1923)*.

По итогам первичного обследования пациенты сравниваемых групп в целом были сопоставимы по возрастно-половым характеристикам, уровням сохранности системного и стоматологического здоровья, структуре и клинико-топографическим характеристикам дефектов зубных рядов, качеству костной ткани, что обусловило сопоставимые подходы к выбору методики денальной имплантации и проведенных реконструктивно-пластических операций, а также режимов лазеротерапии.

Оптимизированный протокол операции денальной имплантации с пред- и послеоперационным проведением лазеротерапии

Операцию денальной имплантации у пациентов обеих групп проводили по стандартной двухэтапной методике, включающей этап установки внутрикостных винтовых имплантатов и через 3 (на нижнюю челюсть) или 4–6 (на верхнюю челюсть) месяцев – этап открытия имплантата с установкой формирователя десны.

Перед оперативным вмешательством проводили стандартную медикаментозную подготовку. Кроме того, за 2–3 дня до оперативного вмешательства пациентам проводилась лазеротерапия в профилактическом режиме. В качестве источника НИЛИ использовали аппарат *B-CureLaserDentalPro* – лазер 5-го поколения с матрицами, состоящими из импульсных полупроводниковых (*Ga Al As*) лазерных диодов, с длиной волны – 808 нм, мощностью – 250 мВт, частотой импульсов – 14 кГц,

расфокусированным лучом – $4,5 \times 1,0$ см, плотностью потока энергии – 14,4 Дж/мин на пике ($3,2 \text{ Дж/см}^2$ в мин); допущен к применению в качестве медицинского изделия (№ РЗН 2014/2167) приказом Росздравнадзора РФ от 10.03.2015 № 914. Процедуры проводил врач-стоматолог в условиях поликлинического приема по контактной стабильной методике, транскутанно, в проекции челюстного секстанта с планируемым местом установки имплантата(ов). Курс лазеротерапии – 2–3 ежедневные процедуры, продолжительность процедуры – 8 мин. Планиметрические характеристики широкого когерентного лазерного пучка (площадь $4,5 \text{ см}^2$, $4,5$ см в длину и 1 см в ширину), генерируемого аппаратом *B-CureLaserDentalPro*, оптимальны для облучения соответствующего челюстного сегмента с планируемой зоной имплантации. Непосредственно перед операцией полость рта обрабатывали антисептическими средствами. Операцию дентальной имплантации проводили соответственно протоколу с использованием многофункционального имплант-центра *ImplantCenter™ 2 (Acteon, France)*.

По завершении оперативного вмешательства пациентам назначали лазеротерапию в лечебно-реабилитационном режиме. Процедуры проводились обученным пациентом в домашних условиях с первого дня после установки дентальных имплантатов. Методика: контактная, стабильная, с аналогичными параметрами длины волны и мощности, частотой импульсов и площадью облучения кожи лица в проекции зубочелюстного сегмента(ов), соответствующего дентальной имплантации. Лечебные сеансы лазеротерапии проводили ежедневно, утром и вечером, до приема пищи, продолжительностью по 8 мин (суммарная экспозиция – 16 мин), курсом 7–10 дней, при необходимости курс лазеротерапии повторяли до момента открытия имплантата.

Всего пациентам было установлено 136 (79 – у лиц основной и 57 – у лиц группы сравнения) дентальных имплантатов *Alpha-Bio* с поверхностью *NanoTec™ (Alpha-BioTech, Израиль)* диаметром $3,5\text{--}5,0$ мм, длиной $10,0\text{--}13,0$ мм. Всего на верхнюю челюсть было установлено 93 имплантата (54 – пациентам основной и 39 – пациентам группы сравнения), на нижнюю челюсть – 43 имплантата (25 – в основной и 18 – в группе сравнения).

Аппаратная лазеротерапия проводилась пациентам также на этапе установки формирователя(ей) десны по контактной стабильной методике, транскутанно в проекции установленного формирователя; ежедневно, продолжительностью 8 мин, курсом 3–5 процедур в зависимости от клинической ситуации.

Методика оценки остеоинтеграции дентальных имплантатов методом *RFA*

Для клинической оценки степени остеоинтеграции имплантатов методом частотно-резонансного анализа был использован прибор *Osstell ISQ* (рис. 1, а), принцип действия которого основан на определении жесткости крепления имплантата в челюстной кости на основе анализа вынужденных колебаний, возбуждаемых в имплантате с помощью переменного магнитного поля излучателя.

В примененной нами системе оценки остеоинтеграции *Osstell ISQ* используется специальный магнитный штифт *Smartpeg*, который фиксировали к дентальному имплантату или абатменту посредством винтового соединения. Известно, что штифт возбуждается магнитным импульсом от измерительного зонда прибора, и на основе ответного сигнала прибор рассчитывал резонансную частоту, являющуюся мерой жесткости крепления дентального имплантата в костной ткани челюсти. Импульсы прибора поступают на штифт в диапазоне частот $2\text{--}8$ кГц (4 импульса – 3 ; $4,4$; $5,8$ и $7,2$ кГц) с различной амплитудой (рис. 1, в), каждый импульс посылается четыре раза, таким образом, измерительный цикл включает 16 импульсов прибора, на которые

поступает 16 ответных сигналов, анализируемых с помощью программного комплекса с расчетом среднего значения, выводимого на экране аппарата (перевод частоты сигнала в показатель ISQ представлен на рис. 2, б), в диапазоне от 1 до 100 [32]. Исходили из того, что чем выше значение ISQ , тем выше жесткость крепления имплантата. Измерение проводил подготовленный хирург-стоматолог в условиях операционной хирургического отделения. Во время проведения измерения зонд удерживали неподвижно в мезиодистальном/вестибулооральном направлении на расстоянии 3–7 мм от штифта *Smartpeg* (см. рис. 1, б). При измерении прибор подавал звуковой сигнал и на дисплее отображалось итоговое значение ISQ .

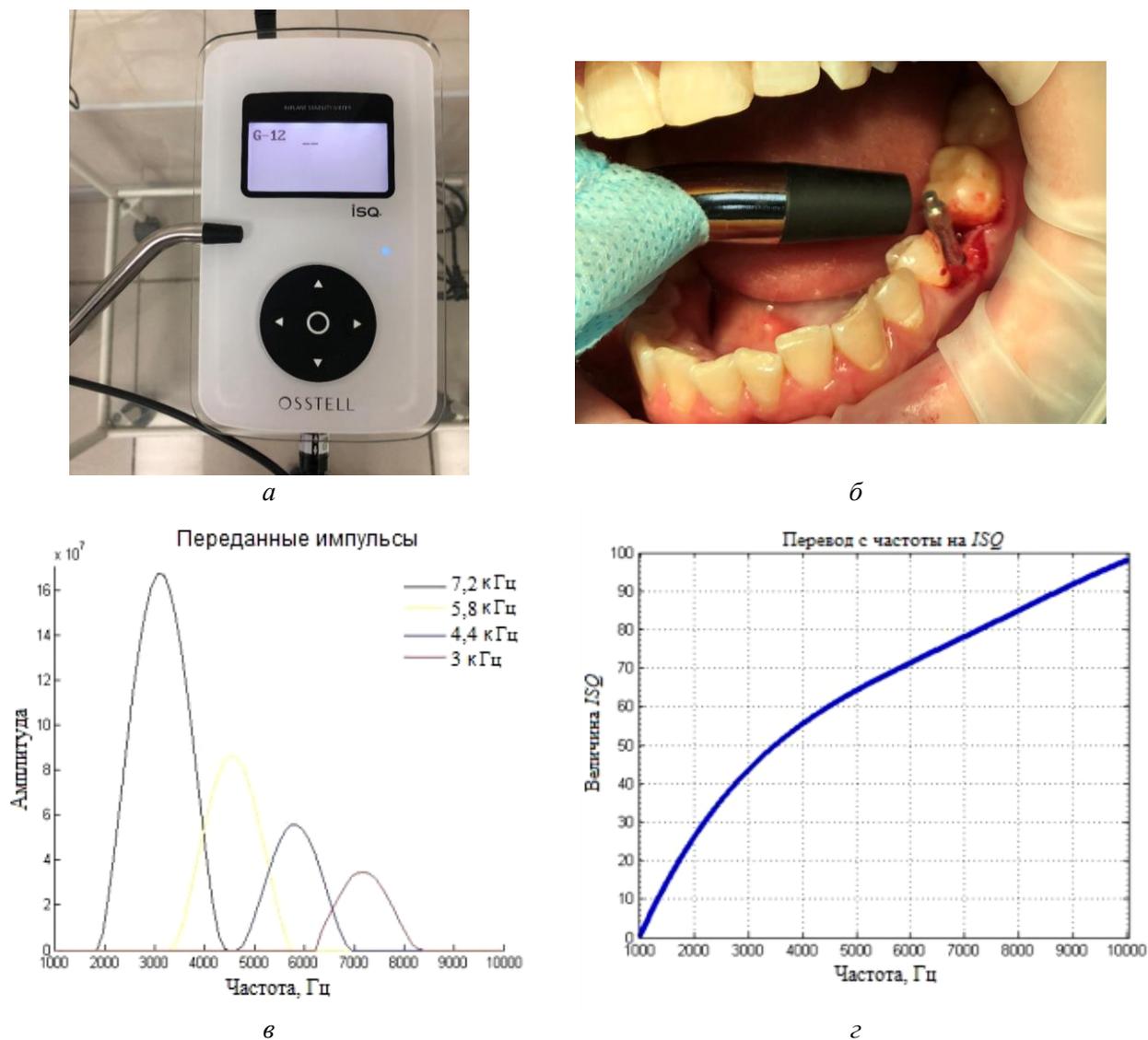


Рис. 1. Прибор *Osstell ISQ* для частотно-резонансного анализа, установленный в операционной хирургического стоматологического отделения (а); процедура измерения первичной стабильности имплантата методом резонансно-частотного анализа прибором *Osstell ISQ*: штифт *Smartpeg* зафиксирован на имплантате, зонд установлен в вестибулооральном направлении в проекции штифта (б); излучаемые прибором *Osstell ISQ* разночастотные сигналы (в); трансляция получаемого от штифта *Smartpeg* сигнала в значение ISQ (г)

Регистрацию показателей первичной стабильности имплантатов (*ISQ*₁) проводили сразу после установки дентальных имплантатов (*T*₁) для выявления ранних признаков их низкой стабильности и прогноза потери. Оценка вторичной стабильности имплантатов проводилась на этапе их открытия, через 3–6 месяцев, (*T*₉₀ – на нижней челюсти и *T*₁₈₀ – на верхней челюсти).

Всего в динамике наблюдений у 30 пациентов со 136 установленными дентальными имплантатами проанализировано 544 показателя *ISQ* (на двух точках наблюдения, в двух проекциях), полученные данные определяли последующую врачебную тактику. Так, в случаях фиксации исходно (на *T*₁) низких или снижающихся в отдаленные сроки (*T*₉₀–*T*₁₈₀) показателей *ISQ* (соответственно *ISQ*₁ и *ISQ*₂) пациентам проводили дополнительное рентгенологическое обследование, вносили коррекцию в тактику лечения и протезирования.

Оценку первичной стабильности дентальных имплантатов непосредственно после их установки определяли в соответствии с рекомендациями А.Р. Saadoun и соавт. (2004): *ISQ* < 50 – недостаточная стабильность; 50 < *ISQ* < 60 – адекватная стабильность; 60 < *ISQ* < 75 – превосходная стабильность; *ISQ* > 75 – ишемия, риск развития некроза кости.

Статистическая обработка результатов исследования

Достоверность различий между сравниваемыми величинами стабильности дентальных имплантатов в динамике наблюдения и в сравнении показателей сформированных групп оценивали методами параметрической (*t*-критерия для независимых выборок (1) и *t*-критерия для парных выборок (2) при нормальности распределения данных) и непараметрической (*U*-критерий Манна–Уитни для независимых выборок (3), критерий Вилкоксона для парных выборок (4) при ненормальности распределения данных) статистики с определением значений среднего, среднеквадратичного отклонения, максимума и минимума, нормальности распределения. Статистическую оценку данных проводили с использованием программного обеспечения *Statistica* 13.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}} \sim t_{(n_1+n_2-2)}, \quad (1)$$

$$t = \frac{\bar{Z}\sqrt{n}}{s_z} \sim t_{n-1}, \quad (2)$$

$$u = n_1n_2 + \frac{n_x(n_x + 1)}{2}, \quad (3)$$

$$z = \frac{\left| T - \frac{n'(n'+1)}{4} \right| - 0,5}{\frac{n(n'+1)(2n'+1)}{24}}. \quad (4)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При оценке показателей первичной стабильности имплантатов их распределение у пациентов обеих групп оказалось нормальным (рис. 2, а, б) (показатели нормальности распределения: в основной группе – 0,03091, в группе сравнения – 0,2754), что позволило использовать методы параметрической статистики. Показатели *ISQ* на исходной точке отсчета (*T*₁) у пациентов основной группы, у которых стандартный

протокол дентальной имплантации был дополнен пред- и послеоперационной лазеротерапией, составили $63,354 \pm 3,876$ ед. и достоверно ($p = 0,2181$) не отличались от средних значений ISQ_1 ($62,561 \pm 3,407$ ед.) у лиц группы сравнения, использующих неактивный плацебоаппарат *B-CureLaserDentalPro*, что отражало высокую степень стабильности всех установленных в ходе операции имплантатов (табл. 1; рис. 2, в).

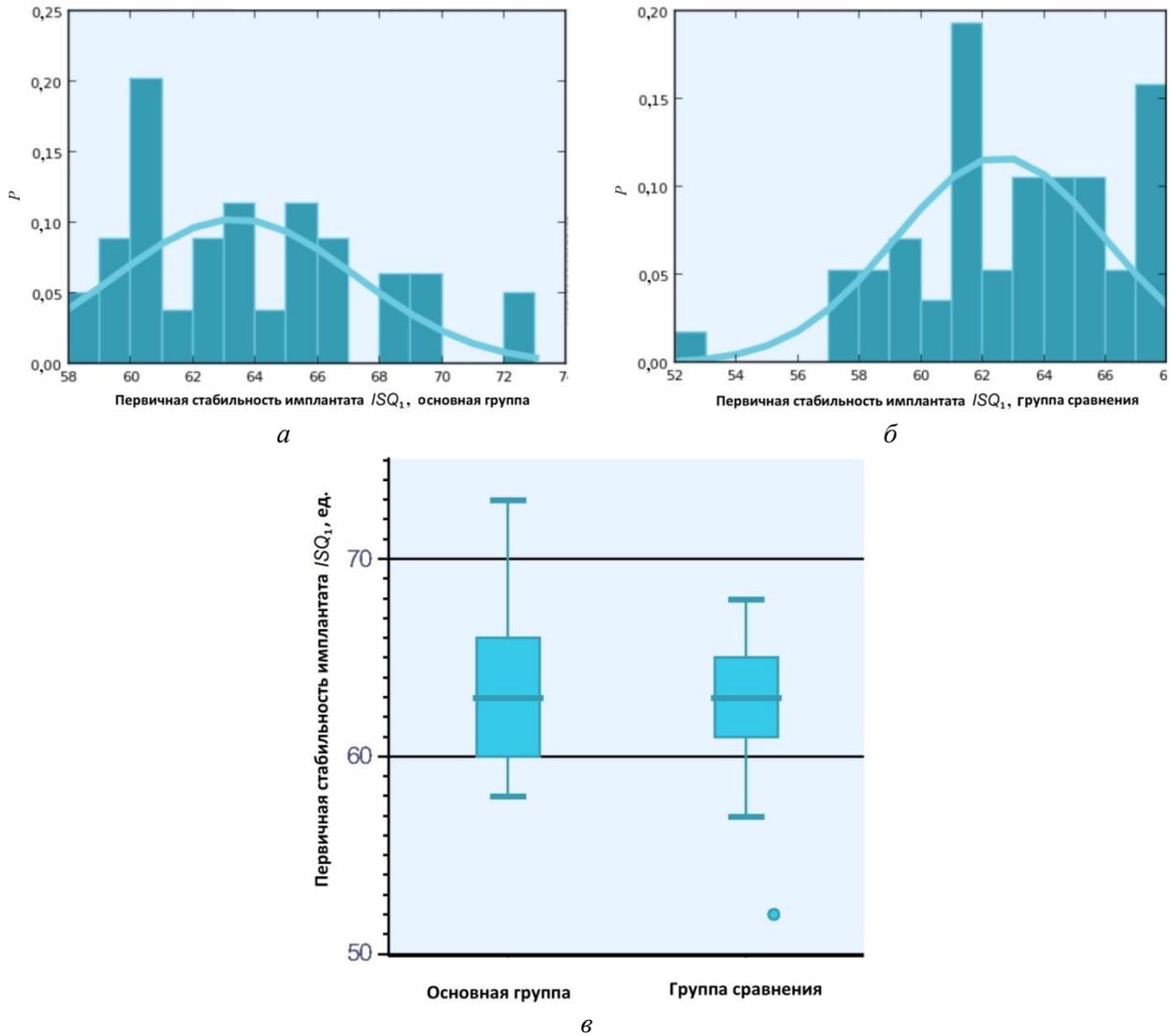


Рис. 2. Диаграммы распределения показателей ISQ_1 в основной группе ($p_{abnormal} = 0,03091$) (а) и группе сравнения ($p_{abnormal} = 0,2754$) (б); сравнительная диаграмма показателей первичной стабильности имплантатов (ISQ_1) в группах сравнения (в)

Таблица 1

Показатели первичной стабильности имплантатов (ISQ_1) в группах наблюдения

Группа	N	Среднее	Стандартное отклонение	Min	Max
Основная	79	63,354	3,876	58,0	73,0
Сравнения	57	62,561	3,407	52,0	68,0

Фиксируемые исходно показатели первичной стабильности имплантатов укладывались в диапазон «адекватной» или «превосходной» стабильности по *A.P. Saadoun*. Ни у одного из пациентов первичный коэффициент ISQ_1 не был ниже 50 ед., прогнозируя благоприятные исходы имплантационного лечения.

Учитывая (*Meredith H.N.*, 1996), что средненормативные показатели *ISQ* при установке дентальных имплантатов на верхней и нижней челюстях, как правило, отличаются (58 ед. в среднем на верхней и 66 ед. – на нижней челюсти), у пациентов сравниваемых групп проводили сравнительный анализ первичной стабильности имплантатов в зависимости от установки на верхнюю или нижнюю челюсть. Так, у пациентов основной группы первичная стабильность имплантатов, установленных на нижнюю челюсть, составила $68,781 \pm 2,342$, тогда как показатели верхнечелюстных имплантатов были достоверно ($p < 0,05$) ниже $61,498 \pm 1,908$. Сходные различия *ISQ* на разных челюстях отмечены и у лиц группы сравнения, у которых показатель первичной устойчивости нижнечелюстных имплантатов составил $66,231 \pm 1,244$, а на верхней челюсти – $59,890 \pm 2,986$. При сравнительной оценке показателей первичной стабильности имплантатов, установленных на разных челюстях у пациентов сравниваемых групп, выявлено отсутствие достоверных межгрупповых различий в показателях (нижняя челюсть: $68,781 \pm 2,342$ – основная группа, $66,231 \pm 1,244$ – группа сравнения, $p > 0,05$; верхняя челюсть: $61,498 \pm 1,908$ – основная группа, $59,890 \pm 2,986$ – группа сравнения, $p > 0,05$).

Высокие показатели первичной стабильности имплантатов, отмечаемые у пациентов обеих групп наблюдения, не связывали с прямыми эффектами сочетанной лазеротерапии, а объясняли четким следованием протоколу оперативного вмешательства, исключением противопоказаний, связанных с недостаточным качеством костной ткани челюстей, использованием современного инструментально-аппаратурного обеспечения дентальной имплантации. Вместе с тем проведенные ранее клинико-функциональные исследования по использованию *B-CureLaserDentalPro* в пред- и ранний постоперационный период [3, 5, 29] свидетельствовали об эффективном купировании отечно-болевого и сенсорно-парестетического симптомов в периимплантационной зоне, достоверном (в 3,5 раза) снижении частоты развития, степени выраженности и длительности сохранения симптомов постимплантационного мукозита, профилактике периимплантита. Вклад лазеротерапии в профилактику осложнений раннего и позднего послеоперационного периода создавал необходимые условия для полноценной регенерации мягкотканых и костных структур, последующей полноценной остеоинтеграции дентальных имплантатов. Исходили из того, что вторичная стабильность имплантатов, определяемая после их открытия, во многом зависела от исходных показателей *ISQ* и отражала характер ремоделирования костной ткани вокруг имплантата.

На этапе открытия все имплантаты, установленные пациентам основной группы, были клинически стабильны, что коррелировало с показателями вторичной стабильности. Оценка нормальности распределения данных по показателю вторичной стабильности имплантатов (рис. 3, а, б) обусловила необходимость использования непараметрических статистических методов, так как полученные значения у лиц группы сравнения отличались ненормальным распределением (см. рис. 3, б).

По данным *RFA*, у пациентов основной группы, в комплексе лечения которых использовалась пред- и послеоперационная лазеротерапия, показатели вторичной стабильности имплантатов (T_{90} , T_{180}) составили в среднем $72,608 \pm 1,353$ ед., что соответствовало показателям полностью остеоинтегрированных имплантатов, а в сравнении с отдельными данными [11, 27] – даже превышало их (табл. 2, рис. 3). Прирост показателей вторичной стабильности имплантатов ISQ_2 на фоне лазеротерапии составил 9,254 ед. (прирост на 14,6%). Данные *RFA*, прямо коррелируемые с клинико-

рентгенологическими показателями, определили показания к функциональному нагружению имплантатов у всех пациентов основной группы.

У большинства пациентов группы сравнения значения вторичной стабильности имплантатов (в среднем $66,281 \pm 7,126$ ед.) превышали показатели первичной стабильности, что указывало на успешную остеоинтеграцию имплантатов и возможность фиксации на них протетических конструкций. Однако в 3,5% случаев (два имплантата на верхней челюсти) показатель ISQ_2 после раскрытия имплантата составил $30,5 \pm 1,5$ ед. (падение ISQ_1 на $24,0 \pm 1,0$ ед.), а после рентгенологического исследования по периферии имплантата определяли зону просветления до 2 мм, с резорбцией костной ткани в цервикальном участке (рентгенологическая картина дезинтеграции имплантата и клиническое заключение «неуспех дентальной имплантации»). Прирост показателей вторичной стабильности имплантатов ISQ_2 у лиц группы сравнения составил 3,72 ед. (прирост на 5,9%).

По данным теста Манна–Уитни, показатели вторичной стабильности имплантатов у лиц основной и группы сравнения имели достоверные различия ($p < 0,001$; $U = 44,5$) и были выше у лиц, получавших лазеротерапию активным аппаратом *B-CureLaserDentalPro*.

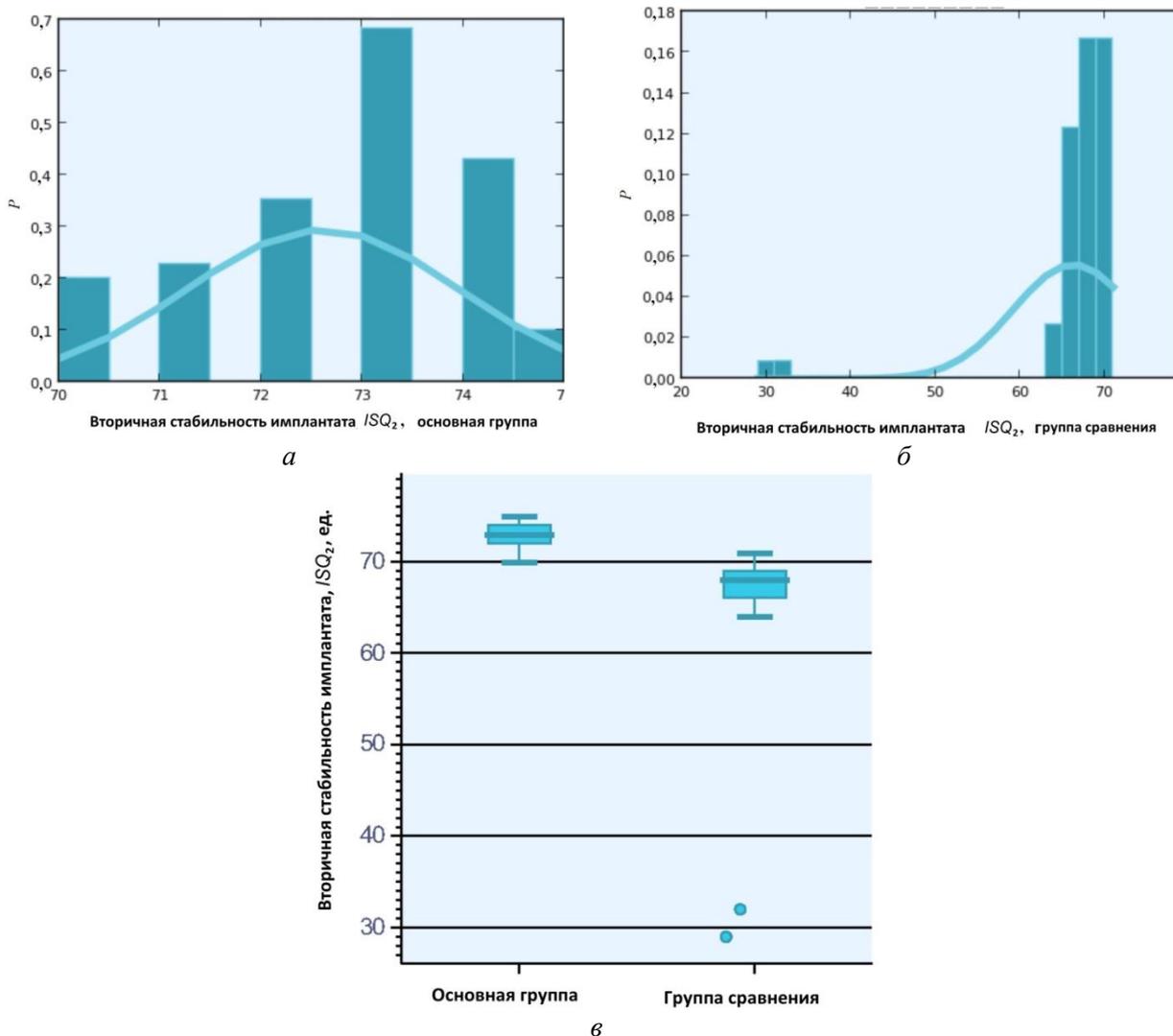


Рис. 3. Диаграммы распределения показателей ISQ_2 в основной группе ($p_{abnormal} = 0,1500$) (а) и группе сравнения ($p_{abnormal} < 0,001$) (б); сравнительная диаграмма показателей вторичной стабильности имплантатов (ISQ_2) в группах сравнения

Таблица 2

Показатели вторичной стабильности имплантатов (*ISQ*₂) в группах наблюдения

Группа	N	Среднее	Стандартное отклонение	Min	Max
Основная	79	72,608	1,353	70,0	75,0
Сравнения	57	66,281	7,126	29,0	71,0

Сравнительная внутригрупповая оценка показателей первичной и вторичной стабильности имплантатов показала достоверный прирост значений *ISQ* у лиц основной группы ($p < 0,001$ по показателю *t*-критерия для парных выборок) и лиц группы сравнения ($p < 0,01$ по показателю критерия Вилкоксона), однако фиксируемые в динамике изменения показателей устойчивости имплантатов, отражающие степень их остеоинтеграции, оказались достоверно более значимыми у лиц, получавших до- и послеоперационную лазеротерапию с использованием активного аппарата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фотобиостимулирующие эффекты низкоинтенсивного лазерного излучения аппаратом *B-CureLaserDentalPro* продемонстрированы на примере гармонизации формирования костно-имплантационного комплекса. В слепом рандомизированном сравнительном плацебоконтролируемом проспективном исследовании определено, что профессиональное и индивидуальное использование диодного лазера 5-го поколения с длиной волны 808 нм, мощностью 250 мВт, частотой импульсов 14 кГц, расфокусированным лучом $4,5 \times 1,0$ см, плотностью потока энергии 14,4 Дж/мин на пике ($3,2$ Дж/см² в мин) на этапах предоперационной подготовки и послеоперационного сопровождения дентальной имплантации обеспечивает полноценную остеоинтеграцию имплантатов по показателям вторичной стабильности *ISQ*₂, определяемым частотно-резонансным методом (*OsstellISQ*), своевременное функциональное нагружение имплантата постоянной ортопедической конструкцией с долгосрочным благоприятным прогнозом лечения.

Внутригрупповой и все индивидуальные показатели вторичной стабильности имплантатов при комбинировании дентальной имплантации с пред- и послеоперационным облучением периимплантатных тканей расфокусированным лучом *B-CureLaserDentalPro* соответствовали критерию «превосходные», превышая показатели первичной стабильности на 14,6%, тогда как в контрольных наблюдениях полноценная остеоинтеграция с достоверно ($p < 0,001$) меньшим (на 5,9%) относительно исходного уровня приростом значения *ISQ* была отмечена у 96,5% пациентов, а неуспех лечения с дезинтеграцией и утратой имплантата – в 3,5% наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бениашвили Р.М., Кулаков А.А., Гурин А.Н., Григорьянц Л.А., Комлев В.С., Семкин В.А. Десневая и костная пластика в дентальной имплантологии. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 240 с.
2. Воробьев А.А., Шемонаев В.И., Михальченко Д.В., Величко А.С. Взгляд на проблему дентальной имплантации в свете современных научных представлений // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2009. – № 2(22). – С. 19–24.
3. Гилева О.С., Задорина И.И., Исламова А.Ф., Пленкина В.А., Синтюрина А.А., Чупраков М.А. Оценка болевого симптома у пациентов с воспалительными заболеваниями слизистой оболочки рта, паро- и эндодонта [ЭР] // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 4. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=26577> (дата обращения 01.06.2018).

4. Гилева О.С., Либик Т.В., Назукин Е.Д., Яков А.Ю., Городилова Е.А. Сравнительная оценка эффективности различных методик лечения пациентов с частичными и полным дефектами зубных рядов по стоматологическим показателям качества жизни (Профиль влияния стоматологического здоровья, ОНП-49-RU) // *Стоматология для всех*. – 2015. – № 2. – С. 14–18.
5. Гилева О.С., Подгорный Р.В., Чупраков М.А., Яков А.Ю., Либик Т.В., Задорина И.И. Эффективность применения лазеротерапии по технологии *B-CureLaserDentalPro* при дентальной имплантации // *Проблемы стоматологии*. – 2017. – Т. 13, № 1. – С. 94–102.
6. Горобец С.М., Романенко И.Г., Джерелей А.А., Бобкова С.А., Крючков Д.Ю., Горобец О.В. Факторы риска развития воспалительных осложнений дентальной имплантации // *Таврический медико-биологический вестник*. – 2017. – Т. 20, № 2. – С. 208–214.
7. Гуляева О.А., Аверьянов С.В. Профилактика воспалительных осложнений после дентальной имплантации // *Пародонтология*. – 2017. – Т. 22, № 2 (83). – С. 84–88.
8. Гуськов А.В., Митин Н.Е., Зиманков Д.А., Мирнигматова Д.Б., Гришин М.И. Дентальная имплантация: состояние вопроса на сегодняшний день (обзор литературы) // *Клиническая стоматология*. – 2017. – № 2 (82). – С. 32–34.
9. Ерошин В.А., Джалалова М.В., Бойко А.В., Арутюнов С.Д., Степанов А.Г. Коэффициенты продольной стабильности дентальных имплантатов // *Российский журнал биомеханики*. – 2016. – Т. 20, № 3. – С. 236–248.
10. Корчажкина Н.Б., Панин А.М., Шиманко И.А. Широкополосная электромагнитная терапия – современный метод профилактики послеоперационных осложнений у больных после дентальной имплантации // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. – 2014. – № 4. – С. 19–22.
11. Кулаков А.А., Брайловская Т.В., Осман Б.М., Бедретдинов Р.М., Джакония В.Д. Результаты частотно-резонансного анализа при дентальной имплантации после выполнения костно-пластических операций в условиях атрофии костной ткани челюстей // *Стоматология*. – 2014. – № 4. – С. 30–32.
12. Кулаков А.А., Гветадзе Р.Ш., Брайловская Т.В., Харькова А.А., Дзиковицкая Л.С. Современные подходы к применению метода дентальной имплантации при атрофии и дефектах костной ткани челюстей // *Стоматология*. – 2017. – Т. 96, № 1. – С. 43–45.
13. Лепилин А.В., Райгородский Ю.М., Ерокина Н.Л., Булкин В.А., Прокофьева О.В., Смирнов Д.А. Применение физиотерапевтических методов для повышения эффективности дентальной имплантации // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. – 2010. – № 4. – С. 15–16.
14. Луцкая И.К., Лопатин О.А., Назаров И.Е., Коржев А.О., Иванов М.С. Несъемное протезирование на имплантатах как альтернатива полным съемным протезам // *Cathedra – кафедра. Стоматологическое обозрение*. – 2016. – № 57. – С. 40–43.
15. Олесов Е.Е., Никитин В.В., Глазкова Е.В., Олесова В.Н., Степанов А.Ф. Персонализированный подход к профилактике воспалительных осложнений дентальной имплантации // *Курортная медицина*. – 2017. – № 3. – С. 188–190.
16. Порошин А.В., Ярыгина Е.Н., Михальченко В.Ф., Хвостов С.Н., Шемонаев В.И. Повышение эффективности остеоинтеграции дентальных имплантатов в эксперименте // *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. – 2015. – № 3 (55). – С. 27–29.
17. Походенько-Чудакова И.О., Карсюк Ю.В. Обоснование исследования по разработке системы прогнозирования исходов дентальной имплантации. Аналитический обзор литературы // *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. – 2014. – Т. 13, № 1. – С. 6–12.
18. Рубникович С.П. Лечение пациентов с полной адентией верхней челюсти съемными протезами с опорой на дентальные имплантаты // *Стоматолог*. – 2015. – № 3 (18). – С. 29–36.
19. Alattar A.N., Bede S.Y.H. Does mixed conventional piezosurgery implant site preparation affect implant stability? // *J Craniofac Surg*. – 2018. DOI: 10.1097/SCS.0000000000004490
20. Atsumi M., Park S.H., Wang H.L. Methods used to assess implant stability: current status // *Int J Oral Maxillofac Implants*. – 2007. – Vol. 22, № 5. – P. 743–754.
21. Becker W., Hujoel P., Becker B.E. Resonance frequency analysis: Comparing two clinical instruments // *Clinical implant dentistry and related research*. – 2018. DOI: 10.1111/cid.12598
22. Voeriu S. The effects of low level laser therapy on osseointegration of dental implants // *acta medica marisensis*. – 2010. – Vol. 56, iss. 6. – P. 606–608.
23. Boldrini C., de Almeida J.M., Fernandes L.A., Ribeiro F.S., Garcia V.G., Theodoro L.H., Pontes A.E. Biomechanical effect of one session of low-level laser on the bone-titanium implant interface // *Lasers in medical science*. – 2012. – Vol. 28, № 1. – P. 349–352.
24. Brånemark P.I., Hansson B.O., Adell R., Breine U., Lindström J., Hallén O., Ohman A. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period // *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl*. – 1977. – Vol. 16. – P. 1–132.
25. Chatvarathana K., Thaworanunta S., Seriwatanachai D., Wongsirichat N. Correlation between the thickness of the crestal and buccolingual cortical bone at varying depths and implant stability quotients // *PLoS One*. – 2017. – Vol. 12, № 12. – P. e0190293.

26. Debruyne S., Grogard N., Verleye G., Van Massenhove K., Mavreas D., Vannet B.V. ISQ calculation evaluation of *in vitro* laser scanning vibrometry–captured resonance frequency // *International Journal of Implant Dentistry*. – 2017. – Vol. 3, № 1. – P. 44. DOI: 10.1186/s40729-017-0105-3
27. Ezgi A., Hasan Y. Evaluation of the effect of propolis on implant stability by resonance frequency analysis and removal torque test // *Biomed J Sci & Tech Res*. – 2017. – Vol. 1, iss. 5. DOI: 10.26717/BJSTR.2017.01.000477
28. Garc á-Morales J.M., Tortamano-Neto P., Todescan F.F., de Andrade J.C. Jr., Marotti J., Zezell D.M. Stability of dental implants after irradiation with an 830–nm low–level laser: A double–blind randomized clinical study // *Lasers in medical science*. – 2012. – Vol. 27, № 4. – P. 703–711.
29. Gileva O.S., Libik T.V., Chuprakov M.A., Yakov A.Y., Mirsaeva F.Z. *B-CureLaserDentalPro* technology for prevention and treatment of peri–implant mucositis // *AIP Conference Proceedings*. – 2017. – Vol. 1882. – P. 020–021. DOI: 10.1063/1.5001600
30. Glauser R., Meredith N. Diagnostische möglichkeiten zur evaluation der implantatstabilit ä // *Implantologie*. – 2001. – Vol. 9. – P. 147–160.
31. Glauser R., Sennerby L., Meredith N., R é A., Lundgren A., Gottlow J., H ämmerle C.H. Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants // *Clin Oral Implants Res*. – 2004. – Vol. 15(4). – P. 428–434.
32. Haggstrom J. Vibrations during resonance frequency analysis of dental implant stability: master of science thesis. – Goteborg, Sweden, 2007. – 118 p.
33. Hammerle C., Glauser R. Clinical evaluation of dental implant treatment // *Periodontology 2000*. – 2004. – Vol. 34. – P. 230–239.
34. Herrero-Climent M., Santos-Garc á R., Jaramillo-Santos R., Romero-Ruiz M.M., Fern ández-Palacin A., Lazaro-Calvo P., Bullon P., R ós-Santos J.V. Assessment of osstell isq’s reliability for implant stability measurement: a cross–sectional clinical study // *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. – 2013. – Vol. 18, № 6. – P. e877–882.
35. Jaramillo R., Santos R., Lazaro P., Romero M., Rios-Santos J.V., Bullon P., Fern ández-Palac ín A., Herrero-Climent M. Comparative Analysis of 2 Resonance Frequency Measurement Devices: Osstell Mentor and Osstell ISQ // *Implant dentistry*. – 2014. – Vol. 23, № 3. – P. 351–356.
36. Lages F.S., Douglas–de Oliveira D.W., Costa F.O. Relationship between implant stability measurements obtained by insertion torque and resonance frequency analysis: a systematic review // *Clin Implant Dent Relat Res*. – 2018. – Vol. 20, № 1. – P. 26–33.
37. Mandić B., Lazić Z., Marković A., Mandić B., Djinić A., Miličić B. Influence of postoperative low–level laser therapy on the osseointegration of self–tapping implants in the posterior maxilla: A 6-week split–mouth clinical study // *Vojnosanit Pregl*. – 2015. – Vol. 72, № 3. – P. 233–240.
38. Mathews M.A., Pai B.S.J., Benedicenti S. Effect of photobiomodulation on osseointegration and bone – A review // *Journal of Laser Applications*. – 2015. – Vol. 27. – P. 012003. DOI: 10.2351/1.4901121
39. Meredith N., Alleyne D., Cawley P. Quantitative determination of the stability of the implant–tissue interface using resonance frequency analysis // *Clin Oral Implants Res*. – 1996. – Vol. 7, № 3. – P. 261–267.
40. Merheb J., Vercruyssen M., Coucke W., Quirynen M. Relationship of implant stability and bone density derived from computerized tomography images // *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. – 2018. – Vol. 20, № 1. – P. 50–57.
41. Pérez-Albacete Martínez M.Á., Pérez-Albacete Martínez C., Mat é S ánchez De Val J.E., Ramos Oltra M.L., Fern ández Dom ínguez M., Calvo Guirado J.L. Evaluation of a new dental implant cervical design in comparison with a conventional design in an experimental american foxhound model // *Materials (Basel)*. – 2018. – Vol. 11, № 4. – P. E462. DOI: 10.3390/ma11040462
42. Pichotano E.C., de Molon R.S., Freitas de Paula L.G., de Souza R.V., Marcantonio E. Jr., Zandim–Barcelos D.L. Early placement of dental implants in maxillary sinus grafted with leukocyte and platelet–rich fibrin (L–PRF) and deproteinized bovine bone mineral // *Journal of Oral Implantology*. – 2018. DOI: 10.1563/aaid-joi-D-17-00220
43. Pinheiro A.L.B., Oliveira M.G., Martins P.P.M., Ramalho L.M.P., de Oliveira M.A.M., Novaes J únior A., Nicolau R.A. Biomodulatory effects of LLLT on bone regeneration // *Laser Therapy*. – 2001. – Vol. 13. – P. 73–79.
44. Saadoun A.P., Le Gall M.G., Touati B. Current trends in implantology: Part 1 – Biological response, implant stability and implant design // *Pract Proced Aesthet Dent* – 2004. – Vol. 16, № 7. – P. 529–535.
45. Salem W.S., Mahmoud M.R., Zakaria W.M., Araby Y.A. The correlation between peri–implant bone density and the biological implant stability: a two years follow–up // *International Journal of Dental Sciences and Research*. – 2018. – Vol. 6, № 2. – P. 48–52.
46. Sendyk D.I., Oliveira N.K., Pannuti C.M., Nacl ério–Homem M.D.G., Wennerberg A., Zindel Deboni M.C. Conventional drilling versus piezosurgery for implant site preparation: a meta-analysis // *J Oral Implantol*. – 2018. DOI: 10.1563/aaid-joi–D–17–00091
47. Sennerby L., Meredith N., Petersson A. Osstell measurements – the use of Resonance Frequency Analysis (RFA) for stability assessment of dental implants // Chapter in book: *Implant Dentistry Research Guide: Basic, Translational and Clinical Research*. – 2012. – P. 513–538.

48. Silva T.S.O., Lima L.M.S., Machado J.I.A.G., Carvalho C.M.R.S., Moura C.D.V.S. Influence of low-level laser on dental implant sites: A literature review // *Dental Press Implantol.* – 2014. – Vol. 8, № 3. – P. 86–94. DOI: 10.14436/2237-650X.8.3.086-094.oar
49. Swami V., Vijayaraghavan V., Swami V. Current trends to measure implant stability // *J Indian Prosthodont Soc.* – 2016. – Vol. 16, № 2. – P. 124–130.
50. Tabrizi R., Arabion H., Karagah T. Does platelet-rich fibrin increase the stability of implants in the posterior of the maxilla? A split-mouth randomized clinical trial // *Int J Oral Maxillofac Surg.* – 2018. – Vol. 47, № 5. – P. 672–675.
51. Tseng Y.C., Pan C.Y., Liu P.H., Yang Y.H., Chang H.P., Chen C.M. Resonance frequency analysis of miniscrew implant stability // *Journal of Oral Science.* – 2018. – Vol. 60, № 1. – P. 64–69.
52. Turgut Atasoy K., Korkmaz Y.T., Odaci E., Hanci H. The efficacy of low-level 940 nm laser therapy with different energy intensities on bone healing // *Brazilian Oral Research.* – 2017. – Vol. 31.–P. e7.
53. Yurttutan M.E., Keskin A. Evaluation of the effects of different sand particles that used in dental implant roughened for osseointegration // *BMC oral health.* – 2018. – Vol. 1, № 1. – P. 47. DOI: 10.1186/s12903-018-0509-3
54. Zein R., Selting W., Benedicenti S. Effect of low-level laser therapy on bone regeneration during osseointegration and bone graft // *Photomed Laser Surg.* – 2017. – Vol. 35, № 12. – P. 649–658.
55. Zhuang H.B., Pan M.–Ch., Chen J.Z., Wu J.W., Chen C.S. A noncontact detection technique for interfacial boned effects and osseointegration assessment surrounding dental implants // *Measurement.* – 2014. – Vol. 55. – P. 335–342.

DYNAMICS OF DENTAL IMPLANT STABILITY INDICATORS (ISQ) USING LOW-LEVEL LASER THERAPY IN TREATMENT AND PREVENTION MODES

**O.S. Gileva, M.A. Chuprakov, T.V. Libik, E.S. Syutkina (Perm, Russia),
F.Z. Mirsaeva (Ufa, Russia)**

The aim of this work was to study the primary and secondary stability of dental implants, installed with the use of pre- and postoperative laser therapy by special device *B-CureLaserDentalPro*, using the method of frequency-resonance analysis. Photobiostimulation effects of low-level laser therapy device *B-CureLaserDentalPro* is demonstrated on the example of harmonization of the formation of the bone-implant complex. The blind randomized comparative placebo controlled prospective study determined that the professional and individual use of a 5th generation diode laser with a wavelength of 808 nm, a power of 250 mW, a pulse frequency of 14 kHz, a defocused beam of 4.5×1.0 cm, a power flux density of 14.4 J/min at peak (3.2 J/cm² per min) at the stages of preoperative preparation and postoperative follow-up of dental implantation provides full-fledged osseointegration of implants with secondary stability indicators (*ISQ*₂), determined by the frequency-resonance method (Osstell *ISQ*), ensuring timely functional loading of the implant with a permanent orthopedic design with a long-term favorable prognosis of treatment. Intragroup and all individual indicators of secondary stability of implants in the combination of dental implants with pre-and postoperative irradiation of periimplant tissues with a defocused beam *B-CureLaserDentalPro* met the criterion of excellent, exceeding the initial stability by 14.6%, whereas in control observations full-fledged osseointegration with significantly ($p < 0.001$) less (by 5.9%) relative to the baseline increase in the value of *ISQ*₂ was noted in 96.5%, and patients with failure of loss of implant in 3.5% of cases.

Key words: dental implantation, osseointegration, implant stability, low-level laser therapy.

Получена 6 октября 2018