

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. Гилева<sup>1</sup>, М.А. Чупраков<sup>2</sup>, Т.В. Либик<sup>1</sup>, Е.С. Сюткина<sup>1</sup>, Ф.З. Мирсаева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> Городская стоматологическая поликлиника № 2, Россия, 614070, Пермь, ул. Студенческая, 32

<sup>3</sup> 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/см<sup>2</sup> в мин) на этапах предоперационной подготовки и послеоперационного сопровождения дентальной имплантации обеспечивает полноценную остеоинтеграцию имплантатов по показателям вторичной стабильности, *ISQ*<sub>2</sub>, 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 клинко-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 клинко-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 2–8 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  $ISQ$ .

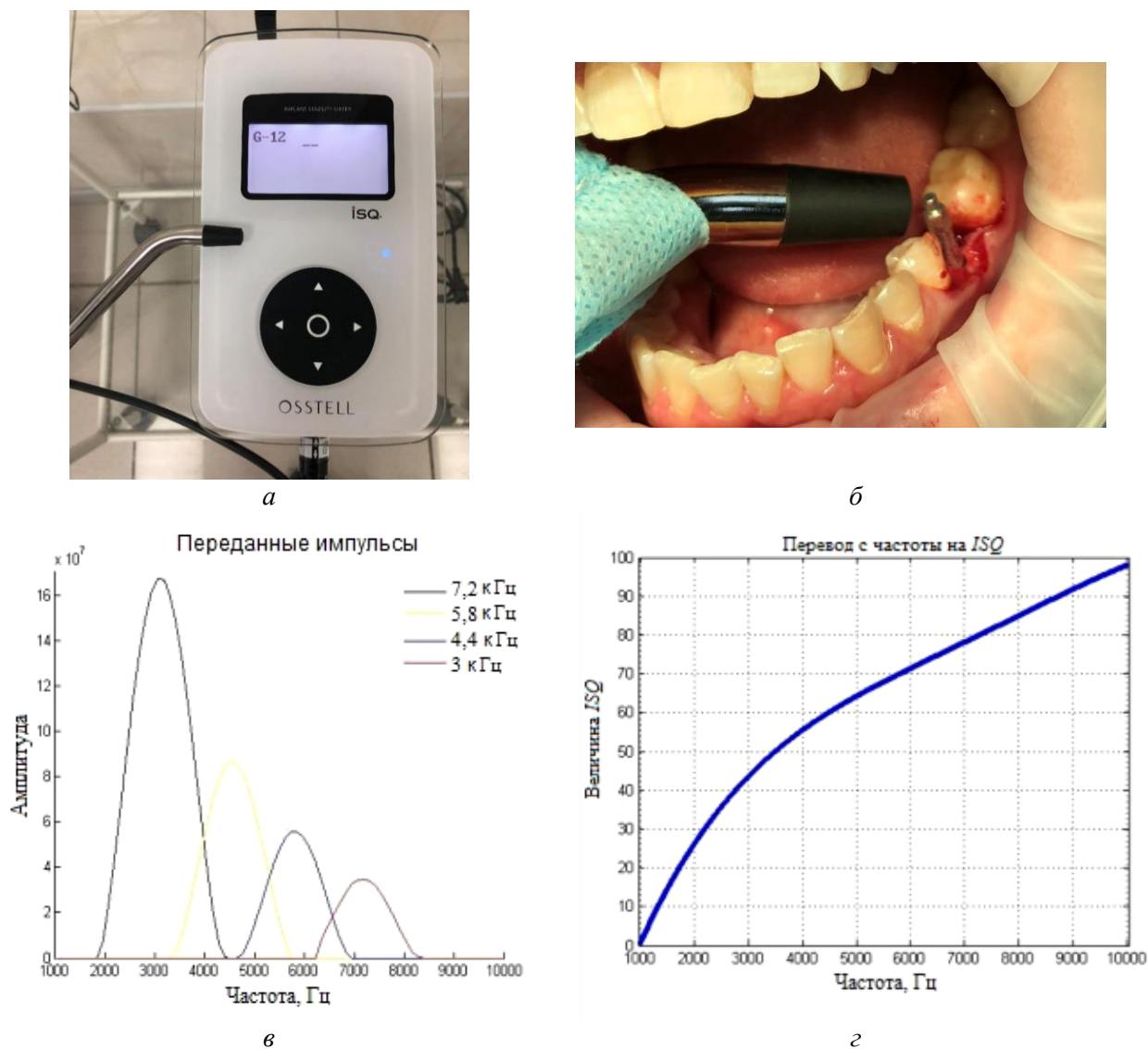


Рис. 1. Прибор *Osstell ISQ* для частотно-резонансного анализа, установленный в операционной хирургического стоматологического отделения (а); процедура измерения первичной стабильности имплантата методом резонансно-частотного анализа прибором *Osstell ISQ*: штифт *Smartpeg* зафиксирован на имплантате, 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*<sub>1</sub>) проводили сразу после установки дентальных имплантатов (*T*<sub>1</sub>) для выявления ранних признаков их низкой стабильности и прогноза потери. Оценка вторичной стабильности имплантатов проводилась на этапе их открытия, через 3–6 месяцев, (*T*<sub>90</sub> – на нижней челюсти и *T*<sub>180</sub> – 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*<sub>1</sub>) низких или снижающихся в отдаленные сроки (*T*<sub>90</sub>–*T*<sub>180</sub>) показателей *ISQ* (соответственно *ISQ*<sub>1</sub> и *ISQ*<sub>2</sub>) 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. Саадун 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*<sub>1</sub>) 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).

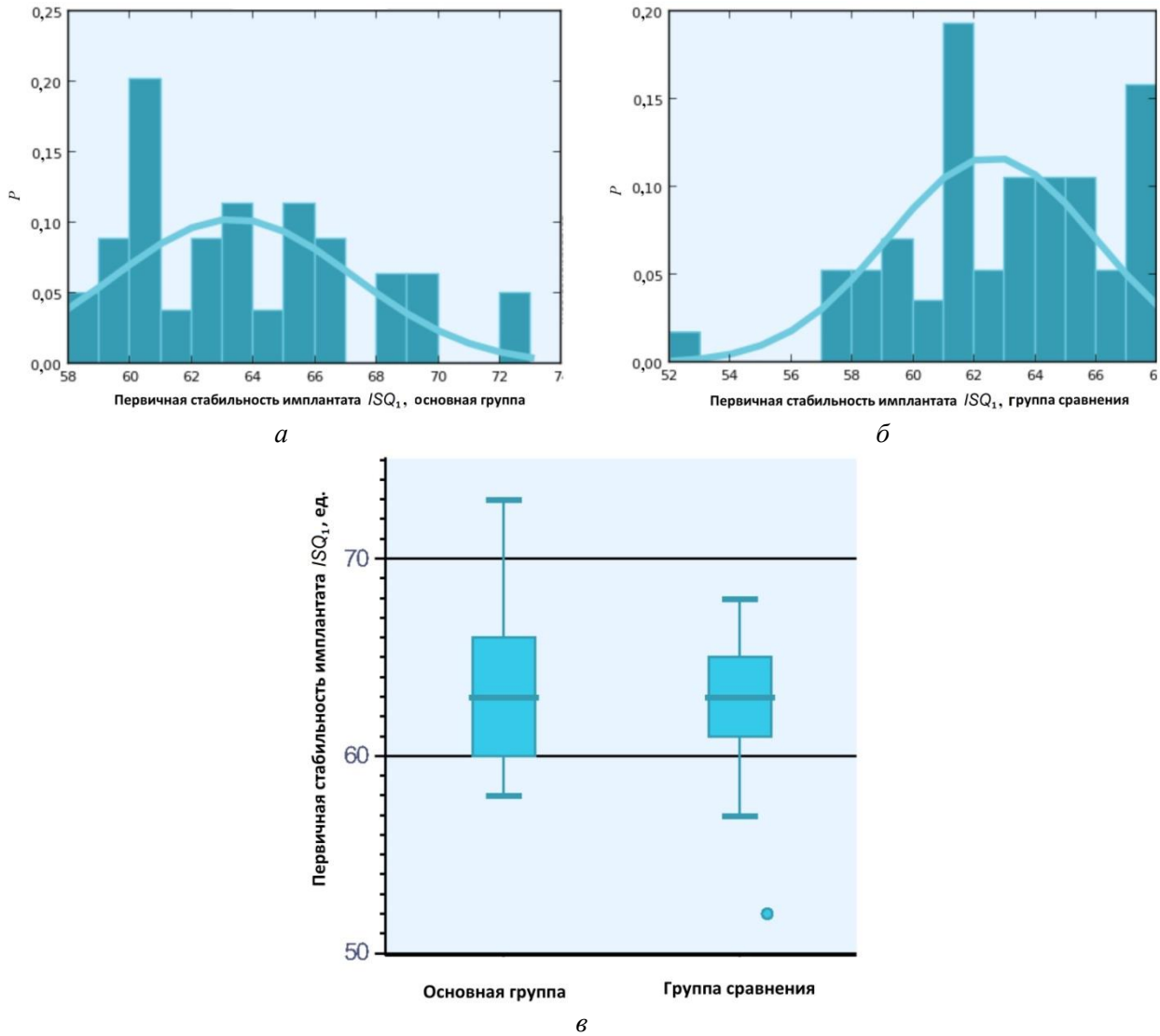


Рис. 2. Диаграммы распределения показателей  $ISQ_1$  в основной группе ( $p_{abnormal} = 0,03091$ ) (а) и группе сравнения ( $p_{abnormal} = 0,2754$ ) (б); сравнительная диаграмма показателей первичной стабильности имплантатов ( $ISQ_1$ ) в группах сравнения (в)

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*.

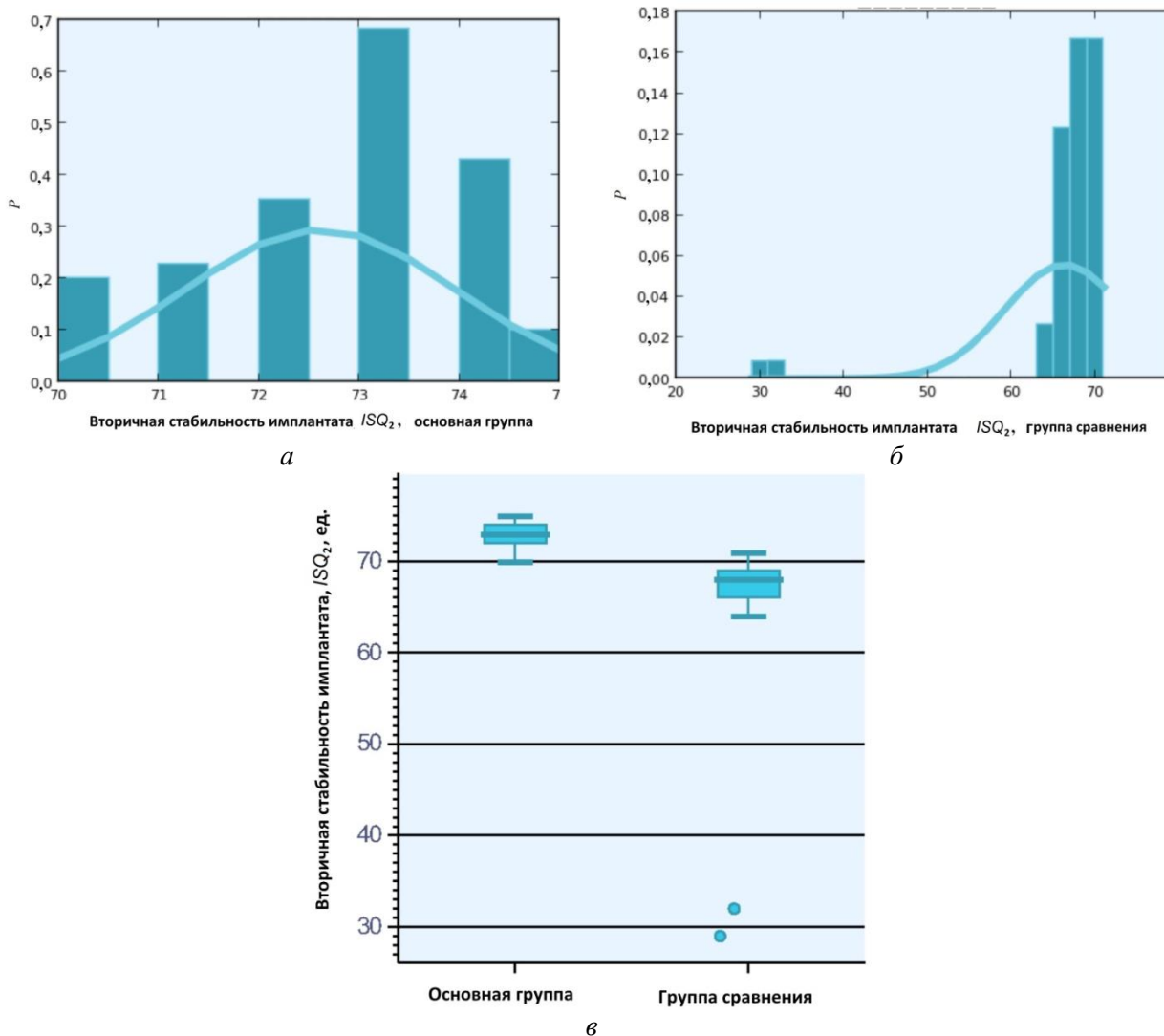


Рис. 3. Диаграммы распределения показателей  $ISQ_2$  в основной группе ( $p_{abnormal} = 0,1500$ ) (а) и группе сравнения ( $p_{abnormal} < 0,001$ ) (б); сравнительная диаграмма показателей вторичной стабильности имплантатов ( $ISQ_2$ ) в группах сравнения

Таблица 2

**Показатели вторичной стабильности имплантатов (*ISQ*<sub>2</sub>) 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/см<sup>2</sup> в мин) на этапах предоперационной подготовки и послеоперационного сопровождения дентальной имплантации обеспечивает полноценную остеоинтеграцию имплантатов по показателям вторичной стабильности *ISQ*<sub>2</sub>, 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., Zzell 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., Hämmerle 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., Fernández-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., Fernández-Palac í 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 Sánchez De Val J.E., Ramos Oltra M.L., Fernández 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 Júnior 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 éio-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 5<sup>th</sup> 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/cm<sup>2</sup> 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*<sub>2</sub>), 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*<sub>2</sub> 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*