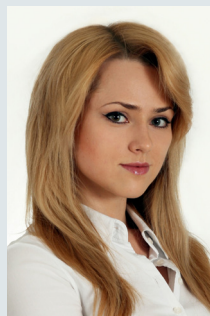


НЕМЕДЛЕННАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ

с использованием индивидуального титанового имплантата в виде корня, изготовленного методом прямого лазерного спекания металла: клинический случай



MICHELE FIGLIUZZI

D.D.S., врач-стоматолог, Университет Катандзаро (Италия)

FRANCESCO MANGANO

D.D.S., PhD, врач-стоматолог, Университет Варезе (Италия), член совета директоров Всемирного общества цифровой стоматологии (DDS)

КРИСТИНА ГОРЯИНОВА

врач-стоматолог, вице-президент Ассоциации Цифровой Стоматологии, член Инновационного комитета Всемирного общества цифровой стоматологии (DDS)

РЕЗЮМЕ

Прямое лазерное спекание металла (ПЛСМ) - это новая технология производства аддитивного типа, которая позволяет изготавливать твердые конструкции со сложной геометрией путем отжига металлического порошка микрочастиц в сфокусированном лазерном луче, в соответствии со смоделированной на компьютере 3D-моделью. Для зубных имплантатов процесс изготовления включает лазерно-индуцированный синтез из титановых микрочастиц для того, чтобы построить искомый объект слой за слоем. Проведение современной конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) и оцифровка изображений, в сочетании с процессом ПЛСМ, позволяют изготовить индивидуальный имплантат в виде корневой части зуба, используя радикулярную часть зуба, подлежащего замене. Данная статья подтверждает успешное клиническое применение индивидуальных имплантатов в виде корня зуба, изготовленных методом ПЛСМ.

Были получены КЛКТ-снимки разрушенного, не подлежащего восстановлению верхнего правого премоляра и модифицированы при помощи специального программного обеспечения в 3D-модель. Из этой 3D-модели был изготовлен индивидуальный ПЛСМ имплантат, имеющий форму корня. Сразу же после удаления зуба индивидуальный имплантат был помещен в лунку удаленного зуба и покрыт коронкой. В первый год наблюдений имплантат показал практически идеальную функциональную и эстетическую интеграцию. Через четыре года после установки можно наблюдать отличное состояние тканей вокруг имплантата, с хорошим состоянием и гармоничным видом слизистой оболочки.

Возможность изготовления индивидуального имплантата в виде корня зуба методом ПЛСМ открывает новые интересные перспективы для немедленной установки имплантатов.

ВСТУПЛЕНИЕ

Немедленные имплантаты – это имплантаты, которые устанавливаются сразу после хирургического удаления зубов, с целью их замещения [1-3]. Преимуществами немедленной имплантации являются укорочение периода заживления и реабилитации, а также возможность избежать второго хирургического вмешательства, что является психологическим преимуществом для пациентов [1-3]. К сожалению, есть некоторые недостатки, связанные с одномоментной установкой имплантата в свежую лунку [1-3]. Первичная стабилизация является фундаментальным условием для остеоинтеграции, а в свежей лунке это трудно выполнимо [1-3].

Достаточное количество костной ткани и ее качество являются необходимыми условиями для достижения первичной стабилизации имплантата, хирургические требования для немедленной имплантации включают минимально травматичное удаление, а также бережное сохранение стенок альвеолярной лунки [2, 3]. Первичная стабилизация имплантата, между тем, связана с макроскопическими характеристиками имплантата (его формой, длиной и диаметром) [2, 3]. До сих пор первичная стабилизация имплантата в свежей после удаления лунке достигалась путем установки имплантата на 3-5 мм ниже уровня апекса или установки имплантата большего диаметра, чем имеющаяся лунка [2, 3]. За последние несколько лет, тем не менее, был достигнут значительный прогресс в разработке аддитивных методов (AM), включая метод прямого лазерного спекания металла (ПЛСМ) [4, 5]. ПЛСМ является экономичной по времени процедурой, при которой лазерный луч высокой мощности направляется на емкость с металлическим порошком и программируется на сплавление микрочастиц в соответствии с CAD-моделью, создавая таким образом тонкий слой металла. Сшивание последующих слоев создает желаемую форму трехмерной модели [4, 5]. С методом ПЛСМ теперь существует возможность изготавливать стоматологические имплантаты различного размера и формы, непосредственно из CAD-моделей [6-8]. На сегодняшний день 3D-снимки и современная конусно-лучевая компьютерная томография с применением метода ПЛСМ позволяют изготовить индивидуальные имплантаты в виде корня удаленного зуба [9, 10].

Целью данной клинической статьи является демонстрация: как новейший метод ПЛСМ позволяет изготовить титановый имплантат в виде

аналога корня, который можно установить в лунку сразу после удаления зуба и установить на него реставрацию.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Данная статья иллюстрирует клинический случай пациентки 50 лет. У пациентки на верхней челюсти справа имелся разрушенный второй премоляр. Было получено согласие пациентки на имплантологическое лечение.

Данное исследование было проведено в соответствии с принципами, изложенными в Декларации Всемирной медицинской ассоциации, по экспериментам с участием человека в качестве субъекта, в редакции 2008 года, и было одобрено локальным этическим Комитетом по изучению человека Университета Варезе, Италия.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИМПЛАНТАТА

При помощи конусно-лучевого сканера были получены снимки разрушенного зуба (CS9300®, Carestream Health, Рочестер, Нью-Йорк, США). Данные КЛКТ переносятся в специальное программное обеспечение (Mimics®, Materialise, Лёвен, Бельгия). При помощи этой навигационной программы можно построить 3D-модель верхней челюсти и разрушенного зуба (рис. 1), моделируя условия «виртуального» удаления корня (рис. 2). Корень зуба был впоследствии выделен как стереолитографический (STL) файл, а затем переведен в реверс-инжиниринговое программное обеспечение (Geomagic Studio®, Geomagic, Моррисвилл, Северная Каролина, США). Корень отделяется и сглаживается в целях получения ровной поверхности. Далее STL-файл переносится в другую CAD программу (RhinoCeros®, Robert McNeel & Associates, Сиэтл, Вашингтон, США), где моделируется конический абатмент и уменьшается диаметр шейки имплантата рядом с тонкой вестибулярной кортикальной пластинкой (рис. 3, 4). STL-файл вновь открывают в вышеупомянутой программе для 3D-реконструкции (Mimics®, Materialise, Лёвен, Бельгия), чтобы проверить конгруэнтность корня и внутренней поверхности лунки, а также оценить наклон абатмента (рис. 5). Наконец, с помощью другой программы 3D реконструкции изображений (Magics®, Materialise, Лёвен, Бельгия) подготавливаются копии окончательного STL-файла (виртуальный корень и абатмент) с последовательным процентным мерным шагом для того, чтобы предоставить хирургу 3 разных STL-файла, представляющие различные

размеры с шагом 0%, 5%, 10% одного и того же объекта, то есть, в данной ситуации, виртуальный корень плюс абатмент, для достижения оптимальной первичной стабильности в свежей после экстракции зуба лунке, чтобы избежать потенциальных искажений или ошибок, связанных с этапами 3D моделирования.

Все три STL-копии используются для изготовления имплантатов при помощи метода ПЛСМ [4-10]. Имплантаты были выполнены из титанового сплава Ti-6Al-4V, с размером частиц 25-45 мкм в качестве основного материала. Изготовление

имплантатов проводилось в атмосфере аргона, с помощью иттербий-волоконной лазерной системы (Eosint 270®, Eos Laser Systems, Мюнхен, Германия) с производительностью построения объема до 250 мм x 250 мм x 215 мм, длиной волны 1054 нм и непрерывной мощностью 200 Вт, при скорости сканирования до 7 м/с. Размер лазерной точки составляет 0,1 мм. Эта процедура позволяет создать 3 индивидуальных титановых имплантата, являющихся копиями натурального корня, со встроенными абатментами. Для удаления остаточных частиц в процессе производ-

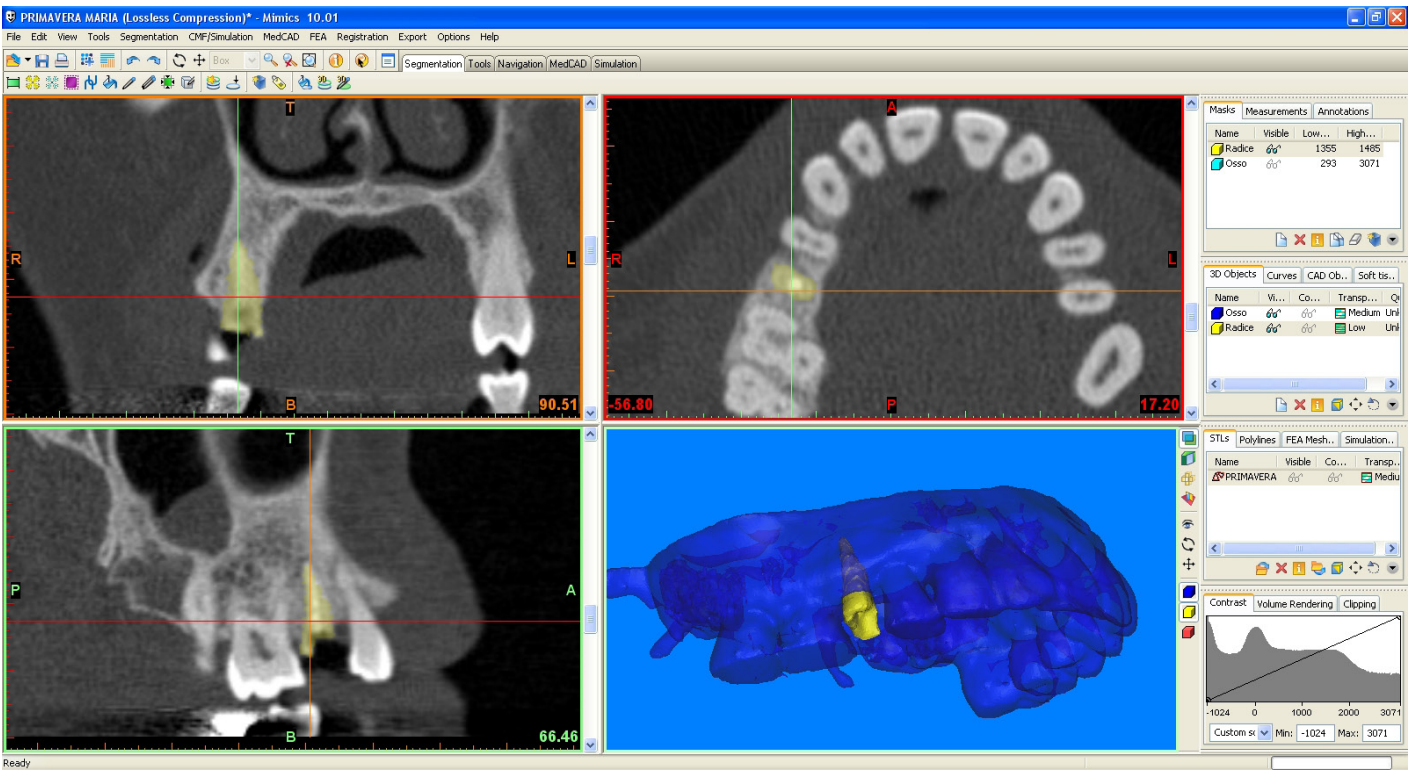


Рис. 1. Трехмерная (3D) реконструкция верхней челюсти и разрушенного зуба

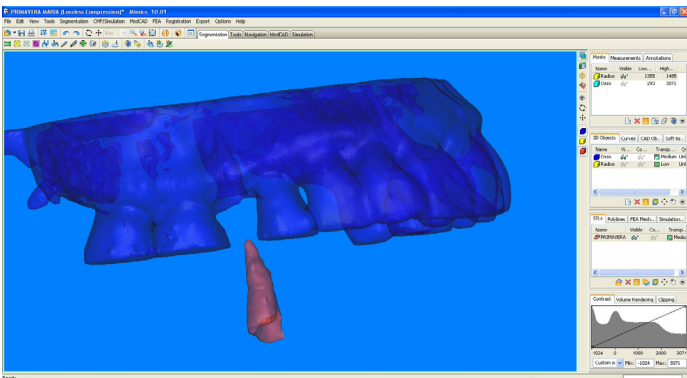


Рис. 2. «Виртуальное» удаление разрушенного зуба

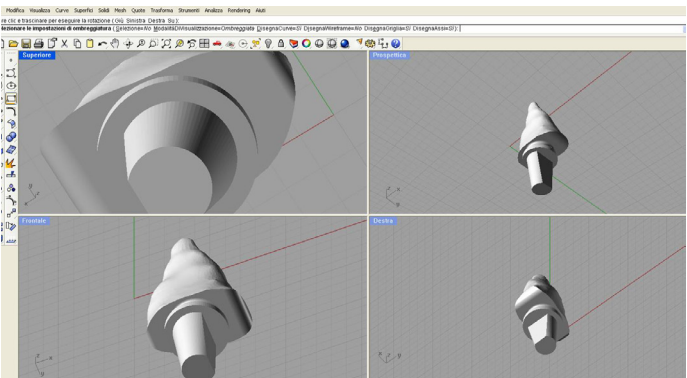


Рис. 3. Моделирование конусообразного абатмента и его добавление в стереолитографический файл (STL) имплантата аналога-корня (RAI)

Рис. 4. STL-файл имплантата с конусообразным абатментом. Уменьшение диаметра шейки имплантата

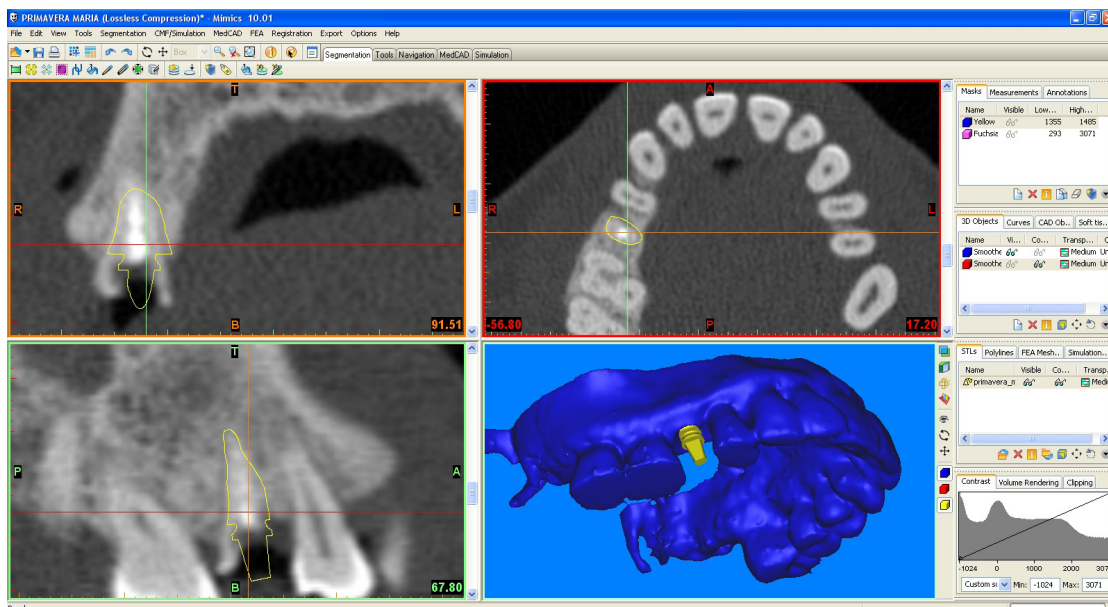


Рис. 5. Конгруэнтность между будущим имплантатом и альвеолярной лункой удаленного зуба

ства имплантаты обрабатываются ультразвуком в течение 5 минут в дистиллированной воде при температуре 25 °С, погружаются в раствор NaOH (20 г/л) и перекиси водорода (20 г/л) при температуре 80 °С в течение 30 минут, затем дополнительно обрабатываются ультразвуком в течение 5 минут в дистиллированной воде.

Очистка поверхности проводится путем погружения образцов в смесь из 50% раствора щавелевой кислоты и 50% раствора малеиновой кислоты при температуре 80 °С в течение 45 минут с последующим промыванием в течение 5 минут в дистиллированной воде в ультразвуковой ванне. После очистки поверхности имплантаты запечатываются в индивидуальные одноразовые упаковки, изготовленные с помощью программы Pro/Engineering CAD 3D®, PTC (Нидхэм, Массачусетс, США).

ХИРУРГИЧЕСКОЕ И ОРТОПЕДИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ

Инфильтрационная анестезия была проведена 4% раствором артикаина с содержанием адреналина 1:100 000 (Ubistesin, 3M ESPE, Сент-Пол, Миннесота, США). Второй премоляр верхней челюсти справа был аккуратно извлечен, избегая возможных повреждений стенок альвеолы и мягких тканей (рис. 6, 7). Потеря хоть одной из кортикальных стенок может нарушить соответствие между изготовленным имплантатом аналогом

корня и альвеолярной лункой, ухудшив первичную стабилизацию имплантата, тем самым ставя под угрозу конечный результат лечения.

Вся поверхность лунки после экстракции зуба тщательно выскабливается. После этого имплантат помещается в лунку под небольшим пальцевым давлением и далее аккуратно простукивается молотком и киянкой (рис. 8).

Первичная стабилизация достигается из-за полного соответствия между формой имплантата и лунки удаленного зуба, что проверяется путем пальпации и перкуссии. В конце хирургической процедуры на абатмент имплантата устанавливается временная коронка (рис. 9). Временная реставрация была выведена из прикуса, а также



Рис. 6. Вид зуба 1.5 до операции

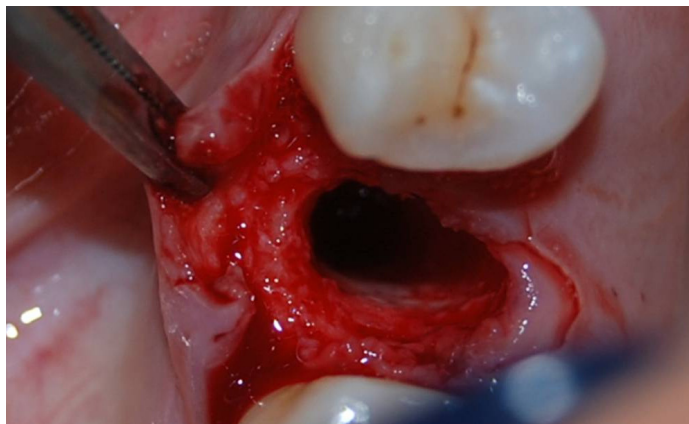


Рис. 7. Вид лунки сразу после удаления зуба 1.5



Рис. 8. Имплантат, установленный в лунку сразу после экстракции зуба 1.5



Рис. 9. Фиксация временной коронки



Рис. 10. Наложение швов

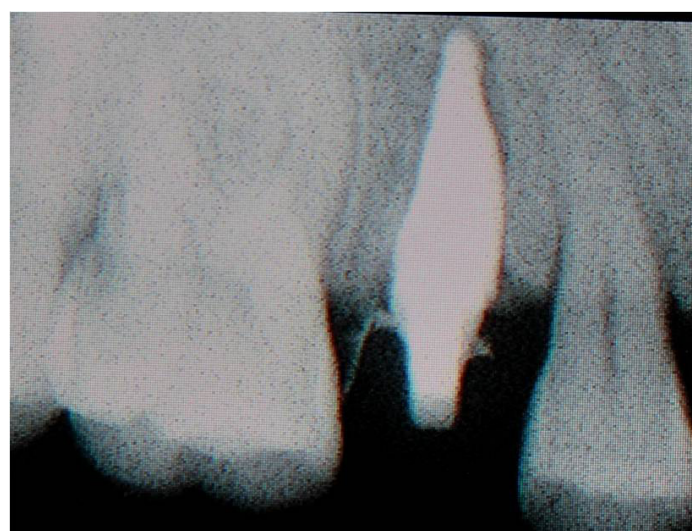


Рис. 11. Рентгенологический контроль имплантации. Отмечается высокое соответствие формы имплантата и альвеолярной лунки



Рис. 12. Вид через 2 недели после операции. Наблюдается удовлетворительная адаптация мягких тканей

не участвовала в боковых движениях. Были наложены узловые швы (Flexidene 4/0 DS16®, Braun Aescular, Мельзунген, Германия), и пациент был проинструктирован, что ему следует жевать преимущественно на контрлатеральной стороне и избегать твердой пищи (**рис. 10**). На прицельной рентгенограмме видно, что индивидуальный имплантат занимает всю площадь ранее существовавшего естественного корня, с оптимальной адаптацией к костным стенкам лунки после экстракции зуба (**рис. 11**). В качестве послеоперационного анальгетика больной получал декскетопрофен 25 мг 2 раза/сут (Enantyum®, Menarini Industrie, Флоренция, Италия).

Антибактериальная терапия проводилась амоксициллином + клавулановой кислотой по 1 г. 2 раза/день (Аугментин®, GlaxoSmithkline, Брентфорд, Великобритания) в течение 6 дней. Проводилось динамическое наблюдение пациентов каждую неделю в течение месяца.



Рис. 13. Прицельный рентгенологический снимок имплантата с установленной металлокерамической коронкой

Во время первого контрольного визита, через 7 дней после операции, наблюдались клинически здоровые маргинальные ткани десны, послеоперационные боли и отеки отсутствовали. Никаких признаков кровотечения или инфицирования раны не наблюдалось. Швы были удалены. Через 2 недели после операции ткани вокруг имплантата показали хорошее краевое прилегание (**рис. 12**). После 3 недель мягкие ткани также оставались стабильными и демонстрировали хорошее краевое прилегание. Провизорная реставрация использовалась в течение

3 месяцев, а затем была заменена на постоянную. В качестве постоянной конструкции была изготовлена металлокерамическая коронка.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Через один год после операции индивидуальный имплантат все еще участвовал в функции жевания. Была отмечена его стабильность, признаки инфицирования отсутствовали. Пациент проявил незаурядные заживления мягких тканей. Благодаря правильному и гармоничному дизайну вестибулярной поверхности прикрепленной десны заживление прошло успешно (**рис. 14**). Рентгенологическое очертание имплантата с установленной коронкой напоминает форму естественного зуба. Нами было отмечено отсутствие атрофии костной ткани вокруг (**рис. 15**). Через четыре года после установки ортопедическая конструкция показала оптимальный функциональный и эстетический результат (**рис. 16**). У пациентки была улучшена эстетика улыбки, были созданы оптимальные условия для тканей вокруг имплантата (**рис. 17**), что было подтверждено рентгенологически (**рис. 18**).

Стоматологическая имплантация постоянно эволюционировала в сторону упрощения клинических процедур и сокращения времени лечения, как, например, в случае немедленной имплантации [1-3].

Первичная стабилизация имеет первостепенное значение в случае немедленной имплантации, и хорошее прилегание между имплантатом и лункой – важный фактор для успеха имплантации [2, 3]. Hodosh с соавторами [11] были первыми, кто устанавливал индивидуальные имплантаты в виде корней зубов после экстракции зуба, снижая травму кости и мягких тканей. Однако аналог зуба из ПММА скорее инкапсулировался мягкими тканями,



Рис. 14. Вид постоянной конструкции через 1 год после операции



Рис. 15. Рентгенологический контроль через год после операции



Рис. 16. Вид через 4 года после операции. Отмечается оптимальная функциональная и эстетическая интеграция реставрации



Рис. 17. Хорошее состояние мягких тканей вокруг имплантата через 4 года после операции

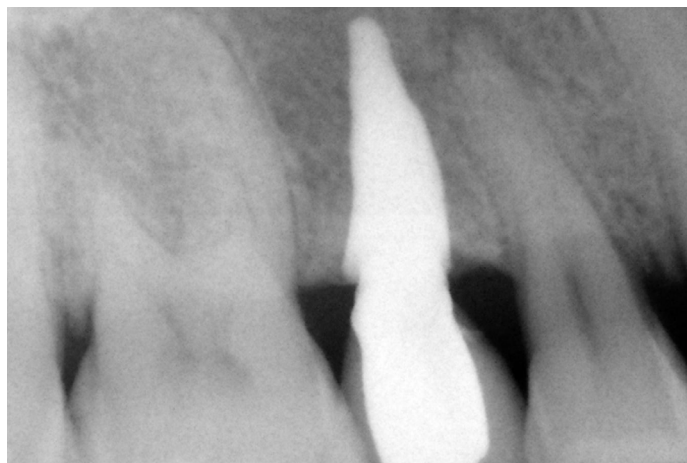


Рис. 18. Рентгенологический контроль через 4 года после операции

чем остеоинтегрировался [11]. Исследования на животных с титановыми имплантатами аналогами корня дали чрезвычайно благоприятные результаты с явными признаками остеоинтеграции [12].

К сожалению, в ряде случаев установка имплантата приводила к переломам тонкой щечной стенки альвеолярной кости [12, 13]. Последующие клинические исследования показали отличную первичную стабилизацию, но с высоким уровнем отторжения (48%) в первые 9 месяцев наблюдения [13]. Из-за высокого процента неудач использование этих титановых аналогов корня не было рекомендовано для клинического применения [13]. В недавнем клиническом исследовании, однако, непосредственное размещение циркониевого имплантата аналога корня осуществилось с ма-

кроретенцией в межзубном пространстве и уменьшение диаметра от 0,3 до 0,1 мм рядом с щечной кортикальной пластинкой принесло отличные функциональные и эстетические результаты [14].

Эти результаты были подтверждены в более поздних клинических исследованиях [15, 16]. Уменьшение диаметра имплантата в области тонкой кортикальной пластинки является важным фактором, позволяющим избежать разрушения и атрофию костной ткани.

Кортикальная пластинка, покрывающая корень, очень тонкая с небольшим количеством кровеносных сосудов и склонная к разрушению и резорбции от давления; идеальное прилегание имплантата в этой области является очень важным [15, 16]. Кроме того, наличие макроретенции

увеличивает первичную стабилизацию имплантата и, наконец, улучшает остеоинтеграцию [15, 16]. В настоящее время конусно-лучевая КТ с 3D изображением в сочетании с процессом прямого лазерного спекания металла позволяет изготовить имплантат аналог корня, который идеально повторяет контур извлеченного корня зуба.

В нашем исследовании индивидуальный имплантат, изготовленный методом прямого лазерного спекания металла, был установлен в лунку удаленного зуба. Идеальная конгруэнтность между имплантатом и лункой была получена за счет уменьшения диаметра от 0,1 до 0,3 мм в области щечной кортикальной пластины.

После первого года наблюдения имплантат показал практически идеальный функциональный и эстетический результаты, которые были под-

тверждены спустя 4 года после операции за счет отличной адаптации мягких тканей и неизменной кости вокруг имплантата.

Изготовление имплантатов аналогов корней техникой ПЛСМ дает два явных преимущества. Метод ПЛСМ потенциально позволяет изготовление функционально-градиентных титановых имплантатов, с относительно высокой пористостью на поверхности и высокой плотностью внутри [4-10]. Этот вид модуляции позволяет получить лучшую адаптацию к нагрузкам, избегая атрофии кости, индуцированной давлением [4-10]. С методом ПЛСМ, кроме того, за счет пористой поверхности получается улучшить остеоинтеграцию [4-10]. Возможность изготовления имплантатов корень-аналог методом ПЛСМ открывает новые интересные перспективы для немедленной имплантации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mangano F., Mangano C., Ricci M., Sammons R.L., Shibli J.A., Piattelli A. Single-tooth Morse taper connection implants placed in fresh extraction sockets of the anterior maxilla: an aesthetic evaluation. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23: 1302-1307.
2. Mangano F.G., Mangano C., Ricci M., Sammons R.L., Shibli J.A., Piattelli A. Esthetic evaluation of single-tooth Morse taper connection implants placed in fresh extraction sockets or healed sites. *J Oral Implantol* 2013; 39: 172-181.
3. Koh R., Rudek I., Wang H.L. Immediate implant placement: positives and negatives. *Implant Dent* 2010; 19: 98-108.
4. Traini T., Mangano C., Sammons R., Mangano F., Macchi A., Piattelli A. Direct laser metal sintering as a new approach to fabrication of an isoelastic functionally graded material for manufacture of porous titanium dental implants. *Dent Mater* 2008; 24: 1525-1533.
5. Mangano C., Piattelli A., Raspanti M., Mangano F., Cassoni A., Iezzi G., Shibli J.A. Scanning electron microscopy (SEM) and X-ray dispersive spectrometry evaluation of direct laser metal sintering surface and human bone interface: a case series. *Lasers Med Sci* 2011; 26: 133-138.
6. Mangano C., Mangano F.G., Shibli J.A., Ricci M., Perrotti V., d'Avila S., Piattelli A. Immediate loading of mandibular overdentures supported by unsplinted direct laser metal-forming implants: results from a 1-year prospective study. *J Periodontol* 2012; 83: 70-78.
7. Mangano C., Mangano F., Shibli J.A., Luongo G., De Franco M., Briguglio F., Figliuzzi M., Eccellente T., Rapani C., Piombino M., Macchi A. Prospective clinical evaluation of 201 direct laser metal forming implants: results from a 1-year multicenter study. *Lasers Med Sci* 2012; 27: 181-189.
8. Mangano F., Pozzi-Taubert S., Zecca P.A., Luongo G., Sammons R.L., Mangano C. Immediate restoration of fixed partial prostheses supported by one-piece narrow-diameter selective laser sintering implants: a 2-year prospective study in the posterior jaws of 16 patients. *Implant Dent* 2013; 22: 388-393.
9. Mangano F.G., Cirotti B., Sammons R.L., Mangano C. Custom-made, root-analogue direct laser metal forming implant: a case report. *Lasers Med Sci* 2012; 27: 1241-1245.
10. Mangano F.G., De Franco M., Caprioglio A., Macchi A., Piattelli A., Mangano C. Immediate, non-submerged, root-analogue direct laser metal sintering (DLMS) implants: a 1-year prospective study on 15 patients. *Lasers Med Sci* 2014; 29: 1321-1328.
11. Hodosh M., Povar M., Shklar G. The dental polymer implant concept. *J Prosthet Dent* 1969; 22: 371-380.
12. Lundgren D., Rylander H., Andersson M., Johansson C., Albrektsson T. Healing-in of root analogue titanium implants placed in extraction sockets. An experimental study in the beagle dog. *Clin Oral Implants Res* 1992; 3: 136-144.
13. Kohal R.J., Klaus G., Strub J.R. Clinical investigation of a new dental immediate implant system. The Reimplant-System. *Dtsch Zahnarztl Z* 2002; 57: 495-497.
14. Pirker W., Kocher A. Immediate, non-submerged, root-analogue zirconia implant in single tooth replacement. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008; 37: 293-295.
15. Pirker W., Kocher A. Immediate, non-submerged, root-analogue zirconia implants placed into single-rooted extraction sockets: 2-year follow-up of a clinical study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009; 38: 1127-1132.
16. Pirker W., Wiedemann D., Lidauer A., Kocher A. Immediate, single stage, truly anatomic zirconia implant in lower molar replacement: a case report with 2.5 years follow-up. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2011; 40: 212-216.