

DOI: 10.18481/2077-7566-20-16-4-13-19
УДК: 616.31-089

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЦИФРОВОЙ ХИРУРГИИ В СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ С ОПИСАНИЕМ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Ивашов А. С., Дементьева К. Д., Нерсесян П. М., Мандра Ю. В., Ходько В. В.

Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

Аннотация

Предмет. С появлением передовых технологий визуализации и CAD/CAM-технологий возможность управляемой хирургии стала вызывать широкий интерес среди имплантологов. Статья посвящена реабилитации стоматологического пациента посредством имплантации по хирургическому шаблону. Представлена информация о некоторых преимуществах и недостатках цифрового протокола по сравнению с традиционной дентальной имплантацией. Описаны основные этапы навигационной хирургической операции на клиническом случае.

Цель — оценить реальные клинические преимущества и недостатки установки дентальных имплантатов с использованием хирургического шаблона по сравнению с традиционным протоколом лечения.

Методология. Поиск литературы проводился в научных поисковых библиографических базах данных, таких как PubMed, eLibrary, Medline, Google Academy. По тематическим рубрикам «Дентальная имплантация» и «Хирургический шаблон» было найдено более 384 исследований до 2014 г. В ходе изучения данных работ в выборку вошли 56 статей и литературных обзоров.

Выводы. В последнее время установка имплантата с использованием хирургического шаблона стала популярным методом лечения среди стоматологов-хирургов. Изучение современной литературы позволило сформулировать основные преимущества и недостатки данной методики. Плюсы метода: точное позиционирование имплантатов; безболезненная операция сокращает время операции и характеризуется благоприятным послеоперационным течением; интеграция реставрационных детерминант в хирургическое планирование, что приводит к более эстетичному, функциональному и предсказуемому результату протезирования; возможность предварительного изготовления протеза, основанного на запланированном положении имплантата; упрощение хирургической процедуры для стоматолога. Однако этот метод не лишен недостатков: сложность для хирурга визуализировать анатомические структуры; требует дополнительного цифрового планирования.

Ключевые слова: управляемая хирургия, дентальная имплантация, хирургический шаблон, CAD/CAM, протезирование

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Александр Сергеевич ИВАШОВ ORCID ID 0000-0001-5329-1356

К. м. н., ассистент кафедры терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний, Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия
79022745642@yandex.ru

Кристина Дмитриевна ДЕМЕНТЬЕВА ORCID ID 0000-0002-8198-005X

Студент стоматологического факультета, Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия
tinahodges124@gmail.com

Петрос Мансович НЕРСЕСЯН ORCID ID 0000-0003-0748-045X

Ассистент кафедры хирургической стоматологии, оториноларингологии и челюстно-лицевой хирургии, Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия
nersesyau_petros@mail.ru

Юлия Владимировна МАНДРА ORCID ID 0000-0002-8439-3272

Д. м. н., профессор, директор института стоматологии, Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия
jmandra@mail.ru

Валерий Викторович ХОДЬКО ORCID ID 0000-0003-3292-7292

Ассистент кафедры терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний, Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия
val.h@rambler.ru

Адрес для переписки: Александр Сергеевич ИВАШОВ

620146, г. Екатеринбург, ул. Бардина, д. 38а

Тел.: +7 (902)2745642

79022745642@yandex.ru

Образец цитирования:

Ивашов А. С., Дементьева К. Д., Нерсесян П. М., Мандра Ю. В., Ходько В. В. Преимущества и недостатки цифровой хирургии в стоматологической реабилитации. Обзор литературы с описанием клинического случая. Проблемы стоматологии. 2020; 4: 13-19.

© Ивашов А. С. и др., 2020

DOI: 10.18481/2077-7566-20-16-4-13-19

Поступила 09.11.2020. Принята к печати 29.12.2020

DOI: 10.18481/2077-7566-20-16-4-13-19

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF DIGITAL SURGERY IN DENTAL REHABILITATION. LITERATURE REVIEW WITH A DESCRIPTION OF THE CLINICAL CASE

Ivashov A. S., Dementyeva K. D., Nersesyan P. M., Mandra Yu. V., Hod'ko V. V.

Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

Annotation

Subject. With the advent of advanced imaging technology and CAD/CAM technologies, the possibility of guided surgery has become of wide interest among implantology. The article is devoted to the use of surgical template implantation in the rehabilitation of a dental patient. It provides information about some advantages and disadvantages of the digital protocol in comparison with traditional dental implantation. The main stages of navigation surgery in a clinical case are described.

Goal. To evaluate the actual clinical advantages and disadvantages of dental implant placement using a surgical template compared to the traditional treatment protocol.

Methodology. The literature search was conducted in scientific search bibliographic databases such as PubMed, eLIBRARY, Medline, and Google Academy. More than 384 studies up to 2014 were found under the thematic headings "Dental implantation" and "Surgical template". During the study of these works, the sample included 56 articles and literature reviews.

Conclusions. Recently, implant placement using a surgical template has become a popular treatment method among dental surgeons. The study of modern literature allowed us to formulate the main advantages and disadvantages of this method. Advantages of the method: precise positioning of implants; flap-free surgery reduces the operation time and is characterized by a favorable postoperative course; integration of restoration determinants in surgical planning, which leads to a more aesthetic, functional and predictable result of prosthetics; the possibility of pre-manufacturing a prosthesis based on the planned position of the implant; simplification of the surgical procedure for the dentist. However, this method is not without its drawbacks: the surgeon's inability to visualize anatomical structures; the risk of axis and depth deviation during implant placement; requires additional digital planning.

Keywords: *guided surgery, dental implantation, surgical template, CAD/CAM prosthetics*

The authors declare no conflict of interest.

Alexander S. IVASHOV ORCID ID 0000-0001-5329-1356
PhD in Medical sciences, Assistant of the Department of Therapeutic Dentistry and Propaedeutics of dental diseases, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia
79022745642@yandex.ru

Kristina D. DEMENTIEVA ORCID ID 0000-0002-8198-005X
Student of the Faculty of Dentistry, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia
tinahodges124@gmail.com

Petros M. NERSESYAN ORCID ID 0000-0003-0748-045X
Assistant of the Department of Surgical Dentistry, Otorhinolaryngology and Maxillofacial Surgery, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia
nersesyan_petros@mail.ru

Yulia V. MANDRA ORCID ID 0000-0002-8439-3272
Grand PhD in Medical sciences, Professor, Director of the Institute of Dentistry, Ural State Medical University, Yekaterinburg
jmandra@mail.ru

Valery V. HOD'KO ORCID ID 0000-0003-3292-7292
Assistant of the Department of Therapeutic Dentistry and Propaedeutics of dental diseases, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia
val.h@rambler.ru

Correspondence address: Alexander S. IVASHOV

620146, Yekaterinburg, str. Bardina, 38a
Phone: +7 (902)2745642
79022745642@yandex.ru

For citation:

Ivashov A. S., Dementyeva K. D., Nersesyan P. M., Mandra Yu. V., Hod'ko V. V. Advantages and disadvantages of digital surgery in dental rehabilitation. Literature review with a description of the clinical case. Actual problems in dentistry. 2020; 4: 13-19. (In Russ.)

© Ivashov A. S. et al., 2020

DOI: 10.18481/2077-7566-20-16-4-13-19

Received 19.11.2020. Accepted 29.12.2020

Введение

Потеря даже одного зуба из зубного ряда в конечном итоге оказывает глобальное влияние на трансформацию всей соматогнатической системы. Происходит атрофия альвеолярного гребня, смещение зубов, изменение окклюзионных взаимоотношений, снижение жевательной силы и другие изменения [1]. Дентальная имплантация стремительно развивается и на сегодняшний день является альтернативным методом замены утраченного зуба, позволяет предложить пациенту более высокий уровень восстановления эстетики и функции [2].

Во время установки имплантата необходимо соблюдать ряд требований: имплантат не должен повреждать соседние анатомические структуры (нижнечелюстной нерв, шейдеровскую мембрану гайморовой пазухи, периодонт и твердые ткани зубов), положение имплантата должно соответствовать предполагаемой ортопедической конструкции, дно и боковые поверхности имплантата должны быть покрыты костью или костнозамещающим материалом. Если пренебречь каким-либо из вышеперечисленных условий, пострадает функциональный и/или эстетический результат лечения [2, 3]. Поэтому, когда стоит вопрос об установке дентального имплантата для восстановления целостности зубного ряда, наиболее предсказуемый результат можно получить только при тщательном планировании и его точном интраоральном переносе [4].

Внедрение и распространение техники трехмерной (3D) визуализации и компьютерных технологий позволило улучшить традиционное предоперационное планирование, при котором часто использовались периапикальные и панорамные рентгенограммы, диагностические слепки и осмотр альвеолярных гребней [3]. Оценка конусно-лучевой компьютерной томограммы (КЛКТ) и оптического скана совместно с современным программным обеспечением для планирования имплантатов позволяет точно моделировать этапы хирургического вмешательства и протезирования, производить однозначные измерения ширины и высоты кости в запланированном месте имплантации, а также без искажений рассчитывать расстояние и углы между имплантатами. Место имплантации может быть определено до операции в зависимости от объема и качества кости, расположения анатомических структур, ортопедических и эстетических запросов [5].

Цель — оценить реальные клинические преимущества и недостатки установки дентальных имплантатов с использованием хирургического шаблона по сравнению с традиционным протоколом лечения.

Установка дентальных имплантатов традиционно была интуитивно понятным процессом, когда хирург полагался на некое внутреннее чутье для достижения оптимального позиционирования имплан-

тата. Но с появлением возможности цифрового планирования и стереолитографического процесса появилась возможность изготовить хирургические направляющие, которые заменяют традиционную «мысленную» навигацию на всех уровнях имплантологического лечения, снижая риск ятрогенного повреждения [6].

Навигационный хирургический протокол требует получения диагностической информации о челюстных костях и мягких тканях для планирования оптимального расположения имплантата. Информацию о зубах, положении их корней, состоянии костных структур челюстей получают рентгенологическим методом КЛКТ, изображения экспортируются в формате DICOM — стандарт для распространения и просмотра медицинских изображений. Данный формат поддерживается всеми программными обеспечениями для планирования имплантации [5]. В настоящее время существует множество программ для планирования имплантации, например: Siplant (Materialise Dental Inc, USA), Invivo (Anatomage, USA), 3-Diagnosys and Plasty-CAD (3DIEMME, Italy), NobelClinician (Nobel Biocare, Sweden), OnDemand3D (Cybermed Inc, Korea), Virtual Implant Placement software (BioHorizons, USA), coDiagnostiX (Dental Wings Inc, USA), Blue Sky Plan (BlueSkyBio, LLC, USA) и другие [7, 8, 9].

Реконструкциями КЛКТ являются панорамный, поперечный, многоплоскостные срезы, объемная визуализация. Основным для планирования является поперечный срез, необходимый для оценки объема и качества кости, однако для улучшения диагностического процесса должны использоваться и другие реконструкции [10].

После выполнения измерений на изображениях поперечных сечений врач может виртуально выбирать и размещать имплантаты в интересующей области с характеристиками, которые были получены из предварительных измерений, планировать их количество, оси, углы, размеры и распределение с учетом наличия костной ткани, анатомических структур и требований протетики [11]. Большинство пакетов программного обеспечения для планирования имплантации включает библиотеки с большинством доступных на рынке имплантатов [12].

КЛКТ-визуализация является очень точной в отношении твердых тканей, но из-за плохого контрастного разрешения информация о мягких тканях является недостаточной [10]. По этой причине технология оптического сканирования включена в программное обеспечение для планирования имплантации. Сканирование дает информацию о профиле мягких тканей, а также точную информацию о зубах в формате STL. Файлы можно использовать не только для определения контуров мягких тканей и зубов, но также

для изготовления 3D-печатных моделей и хирургических шаблонов [13].

После того, как имплантат виртуально спланирован, проект можно передать в клинику с помощью хирургического шаблона. Хирургический шаблон — приспособление, смоделированное на компьютере и изготовленное из акриловой смолы методом 3D-печати или фрезерования [14]. В шаблон устанавливается стальная втулка заданного диаметра для направления хирургических фрез. Хирургические шаблоны можно разделить на категории по типу стабилизации, например, зубы, кости или мягкие ткани [15]. На беззубых челюстях шаблоны стабилизируются с помощью временных фиксирующих пинов, которые также можно запланировать с использованием инструментов в программных пакетах. Некоторые системы обеспечивают полностью управляемую установку имплантата через тот же шаблон для сверления, другие методы могут потребовать установки имплантата после снятия хирургического шаблона [14, 16].

Использование хирургического шаблона позволяет проводить безлоскутную операцию, применяя мукутом, что дает такие преимущества, как уменьшение интраоперационного кровотечения, времени операции, послеоперационной боли и отека, отсутствие необходимости наложения швов с сохранением архитектуры мягких тканей и объема твердых тканей в месте имплантации, что позволяет пациенту сразу же после этого восстановить нормальную гигиену полости рта [15]. В работе Arisan, относительно послеоперационного течения, показаны статистически значимые различия в пользу группы пациентов, получавших хирургическое вмешательство без откидывания лоскута, по сравнению с пациентами, получавшими традиционные процедуры с открытым лоскутом, в отношении количества потребляемых анальгетиков, послеоперационной боли и кровотечений [17]. По словам Склара [18], есть несколько предварительных условий, которые нужно учитывать, чтобы добиться лучших результатов при безлоскутной хирургии. Метод показан пациентам с достаточной высотой, объемом и плотностью подлежащей альвеолярной кости, а также со средним или толстым биотипом десны (не менее 3 мм в апико-корональном направлении).

Точное виртуальное планирование операции позволяет иногда избежать наращивания кости, которое связано с увеличением времени лечения, а иногда с серьезными клиническими осложнениями [19]. Fortin пишет в своем исследовании о 98% выживаемости имплантатов через 4 года в случаях частичной адентии с сильной атрофией концевых отделов верхней челюсти, без процедуры синус-лифтинга [20]. Имплантаты были установлены с помощью хирургического шаблона на основе циф-

рового планирования с использованием передней или задней стенки или перегородки пазухи, а также небной кривизны. За 4-летний период наблюдения осложнений не зафиксировано. Более того, тщательное трехмерное позиционирование имплантатов позволяет получить наилучшие клинические результаты, особенно в эстетически важной зоне [19, 21].

Еще одним преимуществом управляемых методик является возможность предварительного изготовления протеза, основанного на запланированном положении имплантата. Таким образом достигается эстетика и немедленная нагрузка [22, 23]. Также можно использовать один абатмент как для временной, так и для окончательной реабилитации, что позволяет сократить время и затраты, но, прежде всего, улучшить клинические результаты, особенно в эстетически значимой зоне [24]. Во многих статьях подчеркиваются потенциальные преимущества протезирования в случае полной адентии и немедленной реабилитации пациентов [18, 21, 25].

Чтобы оценить преимущества, которые может дать хирургическое лечение с использованием шаблонов, необходимо оценить затраты, связанные с процедурой. Покупку технологии следует рассматривать как начальные инвестиции. Также следует учесть затраты и время на обучение. Наконец, для каждого клинического случая будет взиматься плата за цифровой рабочий процесс. Даже если продолжительность хирургического вмешательства при управляемой хирургии может быть короче по сравнению с традиционными методами, на предоперационное планирование следует потратить гораздо больше времени [24, 26]. Если навигационная хирургия позволяет избежать процедуры костной пластики, это может снизить общую стоимость лечения [27]. В зависимости от рабочего процесса, немедленная реконструкция может также привести к сокращению времени, которое необходимо для завершения окончательного протезирования [22, 23, 28]. К сожалению, в литературе отсутствует отчет о рентабельности из-за множества и разнообразия предлагаемых протоколов.

Текущая тенденция в имплантологии заключается в улучшении процедуры за счет сокращения общей продолжительности реабилитации с одновременным использованием менее инвазивных хирургических методов. Навигационные протоколы имплантации могут помочь клиницистам упростить лечение, начиная с этапа диагностики и заканчивая окончательной протетикой [26, 28].

Клинический случай дентальной имплантации по хирургическому шаблону

Пациент, мужчина 35 лет, обратился в стоматологию с жалобами на нарушение функции жевания и эстетический дефект из-за отсутствующего зуба



Рис. 1. Исходная клиническая ситуация.
Вторичная адентия 2.5
Fig. 1. Initial clinical situation.
Secondary adentia 2.5

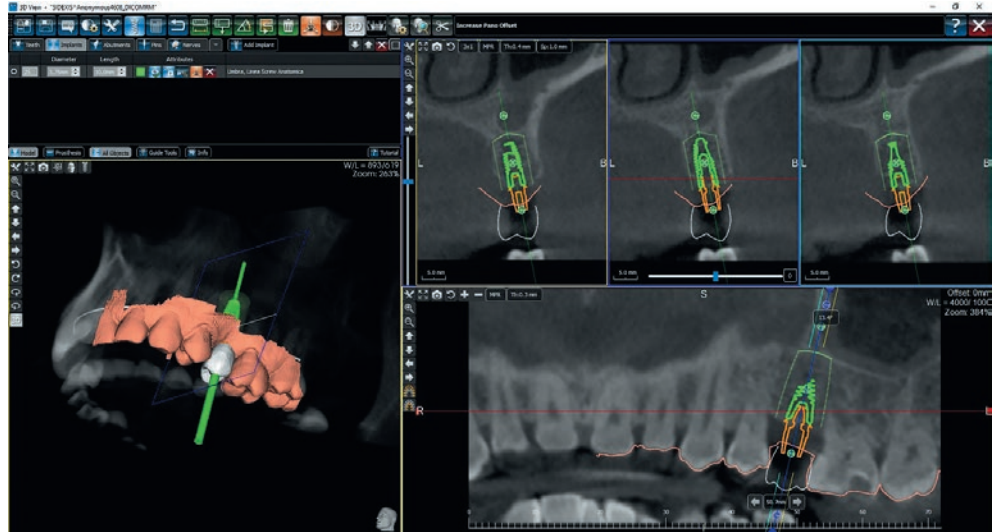


Рис. 2. Метод обратного планирования имплантации в 3-Diagnosys
Fig. 2. Reverse implantation planning method in 3-Diagnosys

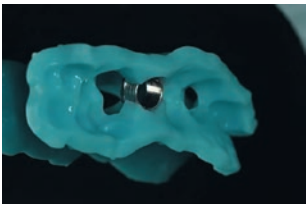


Рис. 3. Хирургический шаблон со стальной втулкой, напечатанный методом стереолитографии
Fig. 3. A surgical template with a steel sleeve, printed using stereolithography



Рис. 4. Проверка посадки шаблона на зубах
Fig. 4. Checking the fit of the template on the teeth



Рис. 5. Отслоение слизисто-надкостничного лоскута
Fig. 5. Detachment of the mico-periosteal flap



Рис. 6. Создание ложа будущего имплантата последовательным сверлением через шаблон. На фото хирургический шаблон снят для контроля остеотомии
Fig. 6. Creating the bed of the future implant by sequential drilling through the template. In the photo, the surgical template was removed to control the osteotomy

на верхней челюсти, зуб был удален 2 года назад. Пациенту был поставлен диагноз вторичная адентия 2.5 (рис. 1). Было принято решение о протезировании одиночной коронкой с опорой на дентальный имплантат.

Хирургическая часть выбранного плана лечения выполнялась в рамках цифрового протокола.

Шаг 1. Сбор данных

Был проведен осмотр полости рта, конусно-лучевая компьютерная томография и внутриротовое 3D-сканирование. На основе собранных данных были получены DICOM в STL-файлы.

Шаг 2. Виртуальное планирование

DICOM-файл был загружен в программу для планирования имплантации 3-Diagnosys. Затем в программу был загружен STL-файл и с помощью автоматического алгоритма, методом сопоставления точек, файлы были наложены друг на друга. Оптимальное расположение виртуального имплантата и изготовление правильного хирургического шаблона были достигнуты благодаря обратному планированию, исходя из расположения будущей реставрации (рис. 2). Затем импортировали файл из 3-Diagnosys в Plasty-CAD и смоделировали хирургический шаблон.

В завершение этапа планирования хирургический шаблон на основе имеющегося STL-файла был изготовлен на 3D-принтере (рис. 3).

Шаг 3. Хирургический этап — имплантация по шаблону

Хирургический протокол включал последовательное сверление с использованием шаблона и установку имплантата. Согласно виртуальному планированию, использование шаблона обеспечивает безопасность, предсказуемость и упорядочивает рабочий процесс.

Перед имплантацией плотность прилегания шаблона проверили в полости рта пациента (рис. 4).

После анестезии и откидывания слизисто-надкостничного лоскута (рис. 5) создали ложе будущего имплантата с помощью специализированного хирургического навигационного набора (рис. 6). Установка имплантата производилась через хирургический шаблон (рис. 7а, б). Послеоперационный снимок показал правильное положение имплантата и достаточное расстояние по отношению к соседним зубам и верхнечелюстному синусу (рис. 8).

Выводы

В последнее время установка имплантата с использованием хирургического шаблона стала популярным методом лечения среди стоматологов-хирургов. Тем не менее, дентальная имплантация под компьютерным управлением — это чувствительная к технике процедура, включающая множество диагностических и терапевтических мероприятий [6, 17, 30]. Управляемые протоколы имеют ряд преимуществ:

- точный анализ костной топографии позволяет получать информацию о размере, направлении и местоположении кости для точного позиционирования имплантатов;
- безлоскутная операция сокращает время хирургической манипуляции и характеризуется благоприятным послеоперационным течением;
- сохранение структуры мягких тканей и объема твердых тканей в операционном поле;
- интеграция реставрационных детерминант в хирургическое планирование, что приводит к более эстетичному, функциональному и предсказуемому результату протезирования;



а
б
Рис. 7. а – установка имплантата через шаблон;
б – установка формирователя десны и наложение швов
Fig. 7. а – Implant placement using a template; б – The installation of the healing abutment and suturing



Рис. 8. Послеоперационный контрольный снимок
Fig. 8. Postoperative control image

- возможность предварительного изготовления протеза, основанного на запланированном положении имплантата;
- упрощение хирургической процедуры для стоматолога [27].

Однако этот метод не лишен недостатков:

- неспособность хирурга визуализировать анатомические структуры;
- необходимость дополнительного цифрового планирования [16].

Список литературы / References

1. Brief J., Edinger D., Hassfeld S., Eggers G. Accuracy of image-guided implantology // *Clin Oral Implants Res.* — 2005;16 (4):495-501. doi:10.1111/j. 1600-0501.2005.01133. x
2. Tahmaseb A., Wismeijer D., Coucke W., Derksen W. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review // *Int J Oral Maxillofac Implants.* — 2014;29:25-42.
3. Vercreyssen M., van de Wiele G., Teughels W., Naert I., Jacobs R., Quirynen M. Implant- and patient-centred outcomes of guided surgery, a 1-year follow-up: an RCT comparing guided surgery with conventional implant placement // *J Clin Periodontol.* — 2014;41 (12):1154-1160.
4. Pozzi A., Tallarico M., Marchetti M., Scarfò B., Esposito M. Computer-guided versus free-hand placement of immediately loaded dental implants: 1-year post-loading results of a multicentre randomised controlled trial // *Eur J Oral Implantol.* — 2014;7 (3):229-242.
5. Cassetta M., Giansanti M., Di Mambro A., Stefanelli L.V. Accuracy of positioning of implants inserted using a mucosa-supported stereolithographic surgical guide in the edentulous maxilla and mandible // *Int J Oral Maxillofac Implants.* — 2014;29 (5): 1071-1078.
6. Tahmaseb A., Wismeijer D., Coucke W., Derksen W. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review // *Int J Oral Maxillofac Implants.* — 2014;29 (Suppl): 25-42.
7. Mangano F., Gandolfi A., Luongo G., Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature // *BMC Oral Health.* — 2017;17:149.
8. Tallarico M., Xhanari E., Cocchi F., Canullo L., Schipani F., Meloni S.M. Accuracy of computer-assisted template-based implant placement using a conventional impression and scan model or digital impression: A preliminary report from a randomized controlled trial // *J. Oral Sci. Rehabil.* — 2017;3:8-16.
9. Tallarico M., Esposito M., Xhanari E., Caneva M., Meloni S.M. Computer-guided vs freehand placement of immediately loaded dental implants: 5-year post-loading results of a randomised controlled trial // *Eur. J. Oral Implantol.* — 2018;11:203-213.
10. Sommacal B., Savic M., Filippi A., Kühl S., Thieringer F.M. Evaluation of Two 3D Printers for Guided Implant Surgery // *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* — 2018;33: 743-746.
11. Colombo M., Mangano C., Mijiritsky E., Krebs M., Hauschild U., Fortin T. Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: A critical review based on randomized controlled trials // *BMC Oral Health.* — 2017;17:150.
12. Meloni S.M., Tallarico M., Pisano M., Xhanari E., Canullo L. Immediate loading of fixed complete denture prosthesis supported by 4-8 implants placed using guided surgery: A 5 years prospective study on 66 patients with 356 implants // *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* — 2017;19:195-206.
13. Schneider D., Schober F., Grohmann P., Hammerle C.H., Jung R.E. In-vitro evaluation of the tolerance of surgical instruments in templates for computer-assisted guided implantology produced by 3-D printing // *Clin. Oral Implants Res.* — 2015;26: 320-325.
14. Ganz S.D. Three-dimensional imaging and guided surgery for dental implants // *Dent Clin North Am.* — 2015;59 (2):265-290.
15. Flügge T., Derksen W., Te Poel J., Hassan B., Nelson K., Wismeijer D. Registration of cone beam computed tomography data and intraoral surface scans — A prerequisite for guided implant surgery with CAD/CAM drilling guides // *Clin Oral Implants Res.* — 2017;28 (9):1113-1118.

16. Deeb G.R., Antonos L., Tack S. et al. Is cone beam computed technology always necessary for implant placement? // *J Oral Maxillofac Surg.* — 2017; 75 (2): 285-289.
17. Duello G.V. Intraoral scanning for single-tooth implant prosthetics: rationale for a digital protocol // *Compend Contin Educ Dent.* — 2018;39 (1):28-34.
18. Marghalani A., Weber Hy.-P., Finkelman M. et al. Digital versus conventional implant impressions for partially edentulous arches: an evaluation of accuracy // *J Prosthet Dent.* — 2018;119 (4):574-579.
19. Nedelcu R., Olsson P., Nystrom I. et al. Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: a novel in vivo analysis method // *J Dent.* — 2018;69:110-118.
20. Papaspyridakos P., Gallucci G.O., Chen C.-J. et al. Digital versus conventional implant impressions for edentulous patients: accuracy outcomes // *Clin Oral Implants Res.* — 2016;27 (4):465-472.
21. Smeets R., Stadlinger B., Schwarz F., Beck-Broichsitter B., Jung O., Precht C., Kloss F., Gröbe A., Heiland M., Ebker T. Impact of dental implant surface modifications on Osseointegration // *Biomed Res Int.* — 2016;2016:6285620.
22. Verbruggen M., van de Wiele G., Teughels W., Naert I., Jacobs R., Quirynen M. Implant- and patient-centred outcomes of guided surgery, a 1-year follow-up: an RCT comparing guided surgery with conventional implant placement // *J Clin Periodontol.* — 2014;41 (12):1154-1160.
23. Cassetta M., Giansanti M., Di Mambro A., Stefanelli L.V. Accuracy of positioning of implants inserted using a mucosa-supported stereolithographic surgical guide in the edentulous maxilla and mandible // *Int J Oral Maxillofac Implants.* — 2014;29 (5):1071-1078.
24. Tahmaseb A., Wismeijer D., Coucke W., Derksen W. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review // *Int J Oral Maxillofac Implants.* — 2014;29 (Suppl): 25-42.
25. Grandi T., Guazzi P., Samarani R., Maghaireh H., Grandi G. One abutment-one time versus a provisional abutment in immediately loaded post-extractive single implants: a 1-year follow-up of a multicentre randomised controlled trial // *Eur J Oral Implantol.* — 2014;7 (2):141-149.
26. O'Connor Esteban M., Riad Deglow E., Zubizarreta-Macho A., Hernández Montero S. Influence of the Digital Mock-Up and Experience on the Ability to Determine the Prosthetically Correct Dental Implant Position during Digital Planning: An In Vitro Study // *J Clin Med.* — 2019;9 (1):48.
27. Sun T.M., Lee H.E., Lan T.H. The influence of dental experience on a dental implant navigation system // *BMC Oral Health.* — 2019;19:222-233.
28. Tahmaseb A., Wu V., Wismeijer D., Coucke W., Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis // *Clin. Oral Implants Res.* — 2018;16:416-435.
29. Fabbri G., Cannistraro G., Pulcinì C., Sorrentino R. The full-mouth mock-up: A dynamic diagnostic approach (DDA) to test function and esthetics in complex rehabilitations with increased vertical dimension of occlusion // *Int. J. Esthet. Dent.* — 2018;13:460-474.
30. Schulz M.C., Hofmann F., Range U., Lauer G., Haim D. Pilot-drill guided vs. full-guided implant insertion in artificial mandibles — A prospective laboratory study in fifth-year dental students // *Int. J. Implant Dent.* — 2019;5:23-28.
31. Al Yafi F., Camenisch B., Al-Sabbagh M. Is Digital Guided Implant Surgery Accurate and Reliable? // *Dent Clin North Am.* — 2019;63 (3):381-397.
32. Oh J.H., An X., Jeong S.M., Choi B.H. Digital Workflow for Computer-Guided Implant Surgery in Edentulous Patients: A Case Report // *J Oral Maxillofac Surg.* — 2017;75 (12):2541-2549.
33. Stapleton B.M., Lin W.S., Ntounis A., Harris B.T., Morton D. Application of digital diagnostic impression, virtual planning, and computer-guided implant surgery for a CAD/CAM-fabricated, implant-supported fixed dental prosthesis: a clinical report // *J Prosthet Dent.* — 2014;112 (3):402-408.
34. Charette J.R., Goldberg J., Harris B.T., Morton D., Llop D.R., Lin W.S. Cone beam computed tomography imaging as a primary diagnostic tool for computer-guided surgery and CAD-CAM interim removable and fixed dental prostheses // *J Prosthet Dent.* — 2016;116 (2):157-165.
35. Arunyanak S.P., Harris B.T., Grant G.T., Morton D., Lin W.S. Digital approach to planning computer-guided surgery and immediate provisionalization in a partially edentulous patient // *J Prosthet Dent.* — 2016;116 (1):8-14.
36. Orentlicher G., Horowitz A., Kobren L. Computer-Guided Dental Implant Treatment of Complete Arch Restoration of Edentulous and Terminal Dentition Patients // *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* — 2019;31 (3):399-426.
37. Pozzi A., Arcuri L., Moy P. K. Temporary Shell Proof-of-Concept Technique: Digital-Assisted Workflow to Enable Customized Immediate Function in Two Visits in Partially Edentulous Patients // *Compend Contin Educ Dent.* — 2018;39 (3):e9-e12.
38. Pascual D., Vaysse J. Chirurgie implantaire et prothèse guidées et assistées par ordinateur: le flux numérique continu [Guided and computer-assisted implant surgery and prosthetic: The continuous digital workflow] // *Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale.* — 2016;117 (1):28-35.
39. Oh K.C., Jeon C., Park J.M., Shim J.S. Digital workflow to provide an immediate interim restoration after single-implant placement by using a surgical guide and a matrix-positioning device // *J Prosthet Dent.* — 2019;121 (1):17-21.
40. Joda T., Zarone F., Ferrari M. The complete digital workflow in fixed prosthodontics: a systematic review // *BMC Oral Health.* — 2017;19;17 (1):124.
41. Joda T., Brägger U. Time-efficiency analysis of the treatment with monolithic implant crowns in a digital workflow: a randomized controlled trial // *Clin Oral Implants Res.* — 2016;27 (11):1401-1406.
42. Joda T., Ferrari M., Brägger U. Monolithic implant-supported lithium disilicate (LS2) crowns in a complete digital workflow: A prospective clinical trial with a 2-year follow-up // *Clin Implant Dent Relat Res.* — 2017;19 (3):505-511.
43. Soardi C.M., Bramanti E., Cicciù M. Clinical and radiological 12-year follow-up of full arch maxilla prosthetic restoration supported by dental implants positioned through guide flapless surgery // *Minerva Stomatol.* — 2014;63 (3):85-94.
44. Edelhoff D., Schweiger J., Prandtmayr M., GÜth J.F. Metal-free implant-supported single-tooth restorations. Part I: Abutments and cemented crowns // *Quintessence Int.* — 2019;50 (3):176-184.
45. Hassan B., Gimenez Gonzalez B., Tahmaseb A., Greven M., Wismeijer D. A digital approach integrating facial scanning in a CAD-CAM workflow for complete-mouth implant-supported rehabilitation of patients with edentulism: A pilot clinical study // *J Prosthet Dent.* — 2017;117 (4):486-492.
46. Papaspyridakos P., Ben Yehuda D., Rajput N., Weber H.P. Digital Workflow: From Guided Surgery to Final Full-Arch Implant Prosthesis in Three Visits // *Compend Contin Educ Dent.* — 2018;39 (7):e1-e4.
47. Benic G.I., Elmasry M., Hämmerle C.H. Novel digital imaging techniques to assess the outcome in oral rehabilitation with dental implants: a narrative review // *Clin Oral Implants Res.* — 2015;26 Suppl 11:86-96.
48. Rios H.F., Borgnakke W.S., Benavides E. The Use of Cone-Beam Computed Tomography in Management of Patients Requiring Dental Implants: An American Academy of Periodontology Best Evidence Review // *J Periodontol.* — 2017;88 (10):946-959.
49. Smitkarn P., Subbalekha K., Mattheos N., Pimkhaokham A. The accuracy of single-tooth implants placed using fully digital-guided surgery and freehand implant surgery // *J Clin Periodontol.* — 2019;46 (9):949-957.
50. Tan P. L. B., Layton D.M., Wise S.L. In vitro comparison of guided versus freehand implant placement: use of a new combined TRIOS surface scanning, Implant Studio, CBCT, and stereolithographic virtually planned and guided technique // *Int J Comput Dent.* — 2018;21 (2):87-95.
51. Bencharit S., Staffen A., Yeung M., Whitley D. 3rd, Laskin D.M., Deeb G.R. In Vivo Tooth-Supported Implant Surgical Guides Fabricated With Desktop Stereolithographic Printers: Fully Guided Surgery Is More Accurate Than Partially Guided Surgery // *J Oral Maxillofac Surg.* — 2018;76 (7):1431-1439.
52. Deeb G.R., Allen R.K., Hall V.P., Whitley D. 3rd, Laskin D.M., Bencharit S. How Accurate Are Implant Surgical Guides Produced With Desktop Stereolithographic 3-Dimensional Printers? // *J Oral Maxillofac Surg.* — 2017;75 (12):2559. e1-2559. e8.
53. Mandelaris G.A., Stefanelli L.V., DeGroot B.S. Dynamic Navigation for Surgical Implant Placement: Overview of Technology, Key Concepts, and a Case Report // *Compend Contin Educ Dent.* — 2018;39 (9):614-621; quiz 622.
54. Pellegrino G., Mangano C., Mangano R., Ferri A., Taraschi V., Marchetti C. Augmented reality for dental implantology: a pilot clinical report of two cases // *BMC Oral Health.* — 2019;19;19 (1):158.
55. Ayoub A., Pulijala Y. The application of virtual reality and augmented reality in Oral & Maxillofacial Surgery // *BMC Oral Health.* — 2019;8;19 (1):238.
56. Kaewsiri D., Panmekiate S., Subbalekha K., Mattheos N., Pimkhaokham A. The accuracy of static vs. dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial // *Clin Oral Implants Res.* — 2019;30 (6):505-514.