

## Управляемая имплантация и синус-лифтинг при выраженной резорбции костной ткани верхней челюсти: ретроспективное клиническое исследование с периодом последующего наблюдения до 10 лет

Roberto Pistilli<sup>a,1</sup>, Luigi Canullo<sup>b,1,\*</sup>, Paolo Pesce<sup>c</sup>, Valeria Pistilli<sup>a</sup>, Vito Carlo Alberto Caponio<sup>d</sup>, Luca Sbricoli<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Отделение челюстно-лицевой хирургии, больница Сан-Камилло, Рим, Италия.

<sup>b</sup> Частная практика, Виа Ницца, 46, Рим 00198, Италия.

<sup>c</sup> Кафедра хирургических наук (DISC), Университет Генуя, больница С. Мартино, Л. Розанна Бенци 10, Генуя 16132, Италия.

<sup>d</sup> Кафедра клинической и экспериментальной медицины, Университет Фоджа, 71122, Италия.

<sup>e</sup> Кафедра неврологии, факультет стоматологии, Университет Падуи, Италия.

### ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

#### Ключевые слова:

Синус-лифтинг  
Управляемая имплантация  
Критический дефект  
Дентальные имплантаты

### АННОТАЦИЯ

**Цели.** В боковом отделе верхней челюсти, из-за наличия верхнечелюстного синуса, остаточная высота кости менее 3 мм является критическим фактором, который может повлиять на стабильность и приживаемость имплантата. Использование управляемой имплантации может облегчить хирургические процедуры и установку имплантата при выраженной резорбции костной ткани верхней челюсти. Кроме того, это может положительно влиять на долгосрочную приживаемость имплантатов и исходы реставраций с опорой на имплантаты. Целью исследования была оценка реставраций с опорой на имплантаты при выраженной резорбции костной ткани верхней челюсти (< 3 мм) после синус-лифтинга с использованием коллагенсодержащего ксенотрансплантата и методики управляемой имплантации.

**Методы.** В исследование были включены 43 пациента с потребностью в реставрации с опорой на имплантаты и остаточной высотой кости от 1 до 3 мм. Аспекты хирургического вмешательства и протезирования планировали с использованием цифровой технологии, с помощью ПО Realguide 5.0 (3diemte, Варезе, Италия). Был выполнен открытый синус-лифтинг с одновременной установкой имплантатов, с использованием хирургического шаблона для пилотного сверла с опорой на зуб. В качестве материала для реставрации использовали предварительно гидратированный коллагенсодержащий свиной костный матрикс. Реставрации с использованием технологии CAD/CAM выполняли после шести месяцев заживления. Использовали гладкий титановый абатмент с уступом и коронки CAD/CAM. Высоту кости на уровне ложа имплантата измеряли с использованием программного обеспечения для анализа изображений, применяемого для оценки до- и послеоперационных рентгенограмм, а также при последующем наблюдении. Биологические и технические осложнения регистрировали в течение всех периодов последующего наблюдения.

**Результаты.** Был выполнен синус-лифтинг 54 синусов. После периода последующего наблюдения средней продолжительностью 5,11 года (СО: 2,47) не наблюдалось ни одного случая неприживания имплантата или признаков заболевания. Средняя высота исходной кости составила 2,07 мм (СО: 0,75). При окончательной оценке высота синуса после синус-лифтинга составляла 12,83 мм (СО: 1,23). В двух случаях наблюдалась незначительная перфорация мембраны синуса, а у пяти пациентов отмечены минимальные послеоперационные осложнения, полностью разрешившиеся на фоне медикаментозного лечения. Среднесрочных биологических осложнений не наблюдалось. В течение всего периода последующего наблюдения не было зарегистрировано ни одного случая развития перимплантного мукозита и перимплантита. У четырех пациентов (7,4 %) наблюдалось отвинчивание протеза.

**Выводы.** Настоящее исследование продемонстрировало эффективность цифрового планирования и управляемой имплантации в среднесрочной перспективе при реставрациях с использованием дентальных имплантатов у пациентов с выраженной резорбцией костной ткани бокового отдела верхней челюсти.

**Клиническая значимость.** В этой статье подчеркивается высокий потенциал применения цифровых технологий в среднесрочной перспективе при реставрациях с опорой на имплантаты у пациентов с выраженной резорбцией костной ткани верхней челюсти с одновременным выполнением синус-лифтинга.

## 1. Введение

Синус-лифтинг стал общепринятой хирургической процедурой для увеличения объема кости перед установкой имплантата.

Согласно принципам направленной регенерации костной ткани, при синус-лифтинге костный трансплантат выполняет функцию наполнителя под приподнятой мембраной синуса [1]. Этот биологический аспект подчеркивает важную роль остеокондуктивных свойств материала трансплантата при синус-лифтинге. Роль остеогенного источника регенерации кости выполняют два разных анатомических участка: базальная кость синуса и надкостница, представленная слоем базальных клеток слизистой оболочки синуса. Следуя этому биологическому принципу, д-р Карл Миш разработал классификацию для лечения адентии в боковом отделе верхней челюсти на основе количества костной ткани под синусом и ширины

альвеолярного гребня [2]. Эта классификация, основанная на возможности стабилизации имплантата при первой операции, предполагает три варианта лечения: с клинической точки зрения высота нативного костного гребня 3 мм служит пороговым значением для одноэтапной операции. Решение об использовании одно- или двухэтапных методов основано на остаточной высоте кости и возможности достижения первичной стабильности установленных имплантатов. При большей высоте костного гребня возможно применение одноступенчатого метода с боковым или трансальвеолярным доступом. С другой стороны, при высоте костного гребня ниже указанного предела рекомендована двухэтапная методика с открытым синус-лифтингом и последующей установкой имплантата после периода заживления. Очевидно, что выраженная резорбция костной ткани верхней челюсти служит критическим фактором для регенерации костной ткани и, следовательно, для успеха имплантации. В опубликованных исследованиях отмечены низкие показатели

\* Автор, ответственный за корреспонденцию.

Электронная почта: [luigicanullo@yahoo.com](mailto:luigicanullo@yahoo.com) (L. Canullo).

<sup>1</sup> Авторы, которые внесли равный вклад в эту работу.

<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104137>

Получено 16 августа 2021 г.; получено в пересмотренной версии 18 марта 2022 г.; принято к публикации 19 апреля 2022 г.; опубликовано онлайн 21 апреля 2022 г.

0300-5712/© 2022 Автор(-ы). Опубликовано Elsevier Inc. Статья опубликована в открытом доступе в соответствии с лицензией CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

регенерации костной ткани (менее 10 %) [3]. При этом для данного клинического сценария также характерен высокий риск неприживления имплантата при использовании костного аутотрансплантата (5–20 %) [4].

Управляемую имплантацию применяют для реализации оптимального позиционирования имплантата, определяемого по результатам рентгенографического анализа, в клинической практике [5]. Несмотря на возможную ошибку в ходе процедуры (отклонение от запланированного положения имплантата и предполагаемого клинического исхода), этот подход может быть полезен при синус-лифтинге в критических случаях. Он позволяет более эффективно проанализировать потенциальные сложности в ходе операции и выбрать оптимальный участок для стабилизации имплантата [5]. Оптимальное трехмерное позиционирование имплантатов может повысить эффективность реставрации и обеспечить адекватный профиль выступления. Таким образом, оптимальный выбор протеза может обеспечить более качественный уход за ним со стороны пациента и снизить риск биологических осложнений. Younes и соавт. [6] в недавнем рандомизированном контролируемом исследовании, в котором сравнивали управляемую имплантацию и позиционирование имплантата вручную, пришли к выводу, что дополнительные затраты на управляемую имплантацию оправданы, поскольку она повышает точность окончательного положения конструкции. Улучшение ангуляции имплантата при небольшом апикальном глобальном смещении позволило отказаться от использования имплантатов с цементной фиксацией. Применение управляемой имплантации при выраженной резорбции костной ткани верхней челюсти оценивали в ряде исследований. Planinic и соавт. [7] отметили схожие показатели вторичной стабильности при использовании управляемой имплантации по безлоскутной методике и традиционной хирургической процедуры. An и соавт. [8] сочетали использование управляемой имплантации по безлоскутной методике при синус-лифтинге на верхней челюсти с немедленной нефункциональной нагрузкой на дентальные имплантаты. Приживаемость имплантатов составила 100 %, а убыль кости вокруг имплантата через 37 месяцев была минимальной. Ozman и соавт. [9] отметили более высокую эффективность и воспроизводимость результатов при одноэтапной установке имплантатов с синус-лифтингом и компьютерным планированием операции. Наконец, использование цифровых технологий при выраженной резорбции костной ткани синусов верхней челюсти (от 2,6 до 4,9 мм) было эффективным с точки зрения оптимального поддержания высоты альвеолярного гребня вокруг одновременно установленных имплантатов, без убыли кости вокруг имплантата через 1 год [10]. Методика управляемой имплантации с использованием пилотного сверла была внедрена в клиническую практику около 15 лет назад. Она используется для контроля правильности позиционирования имплантата, с возможностью коррекции окончательного положения с помощью оставшихся сверл. Это, как правило, контрастирует с полностью управляемой техникой, где использование всех сверл запланировано перед операцией и не позволяет хирургу вносить исправления [11]. В настоящее время отсутствуют исследования по оценке среднесрочной приживаемости дентальных имплантатов, установленных с использованием метода управляемой имплантации с одновременным открытым синус-лифтингом.

Цель настоящего исследования — клиническая оценка среднесрочной приживаемости реставраций с опорой на имплантаты после управляемой имплантации при выраженной резорбции костной ткани верхней челюсти, с

одновременным синус-лифтингом с использованием предварительно гидратированных коллагенсодержащих кортикально-губчатых гранул, тщательно смешанных с коллагеновым гелем.

## 2. Материалы и методы

### 2.1. Дизайн исследования и отбор пациентов

С января 2011 года одним хирургом-стоматологом (RP) в исследование были последовательно включены 43 пациента с запланированной реставрацией с опорой на имплантаты при выраженной резорбции костной ткани верхней челюсти (< 3 мм), с процедурой синус-лифтинга. Все пациенты были в целом здоровы. Их информировали о процедуре, после чего пациенты подписывали форму информированного согласия. Последующее наблюдение проводили до февраля 2021 года; средняя продолжительность периода последующего наблюдения составила 60 месяцев после протезирования. Единственным анатомическим критерием включения была остаточная высота костного гребня (расстояние между дном верхнечелюстной пазухи и костным гребнем) от 1 до 3 мм. Другими критериями включения были возраст старше 18 лет, отсутствие соответствующих заболеваний, статус курения не более 10 сигарет в день и общий индекс налета и кровоточивости  $\leq 25\%$ . Критериями исключения были острые инфекции слизистой оболочки синуса или хронический синусит, аллергии дыхательных путей, применение бисфосфонатов и неконтролируемый сахарный диабет ( $HbA1c > 6\%$ , уровень гликемии  $> 110$  мг/дл).

Данное исследование было выполнено в соответствии с принципами, изложенными в Хельсинкской декларации, в отношении экспериментов с участием человека. Клиническое исследование проводили в соответствии с Руководством по надлежащей клинической практике (GCP) и рекомендациями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований с участием людей, пересмотренной в г. Форталеза (2013 г.). Все пациенты были проинформированы о преимуществах и возможных рисках процедуры синус-лифтинга на верхней челюсти и альтернативных методах и предоставили письменное информированное согласие.

Исследование выполнено под эгидой этического комитета (№ 2021.43).

### 2.2. Предоперационная и послеоперационная лекарственная терапия

Было выполнено предоперационное цифровое панорамное исследование; его данные впоследствии использовали в качестве исходных. Для оценки анатомии синусов также требовалось КТ-исследование (рис. 1а и б). Для контроля позиционирования имплантата применяли компьютерное планирование. Тем не менее особое внимание было уделено выбору оптимального участка кости, чтобы обеспечить надлежащий наклон конструкции и стабилизацию имплантата.

Использовали программное обеспечение 3Diagnosys (3diemme, Варезе, Италия). После января 2019 года программное обеспечение заменили его обновленной версией (Realguide 5.0, 3diemme, Варезе, Италия). Это программное обеспечение обеспечивало полностью цифровой рабочий процесс, начиная от диагностики и планирования позиционирования имплантата до разработки хирургического шаблона и предварительной визуализации оптимальной

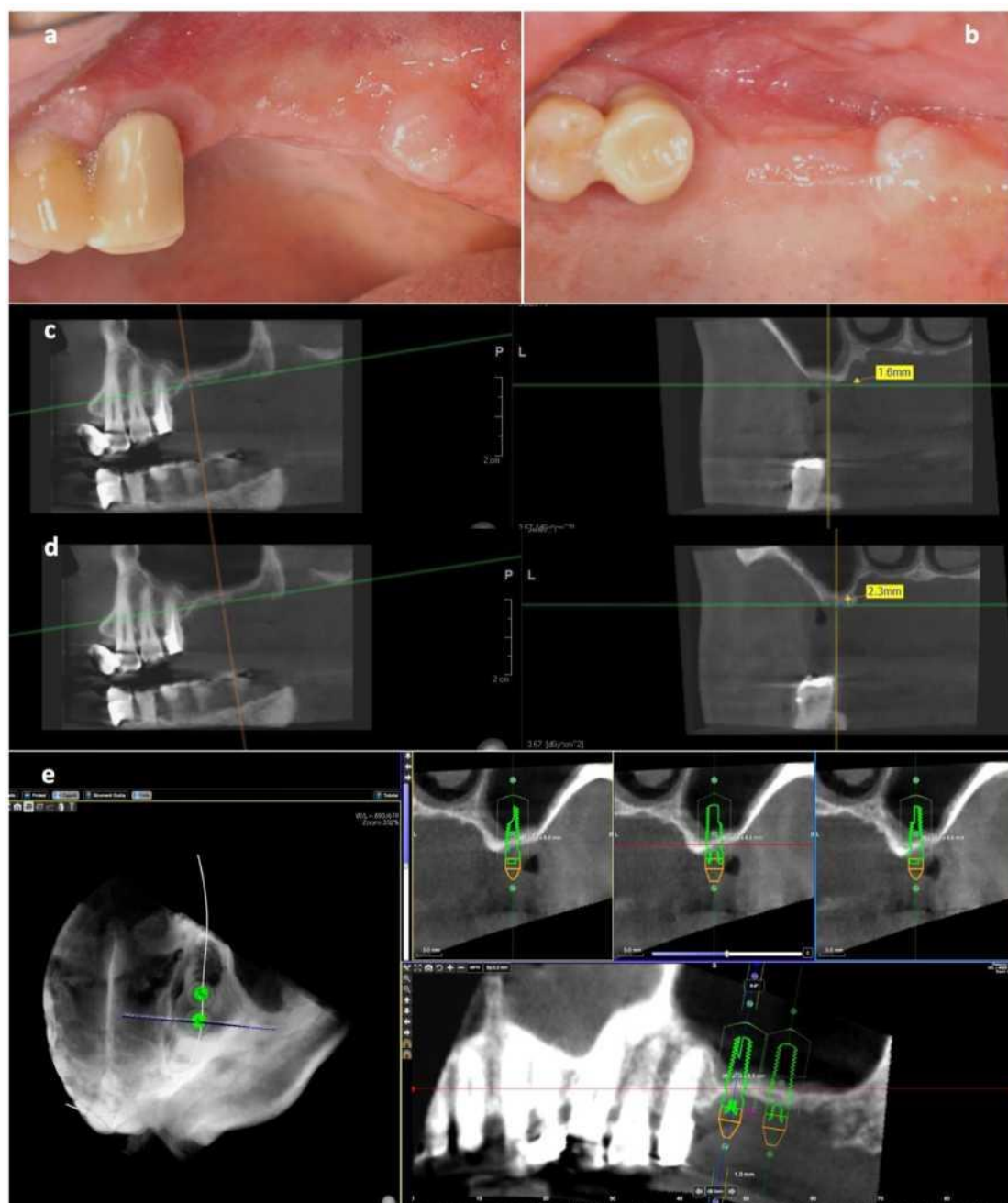


Рис. 1. Клинические изображения, полученные до операции (a, b), и конусно-лучевая КТ на участке имплантации (c, d).

конструкции протеза. Хирургический шаблон для пилотного сверла готовили соответствующим образом.

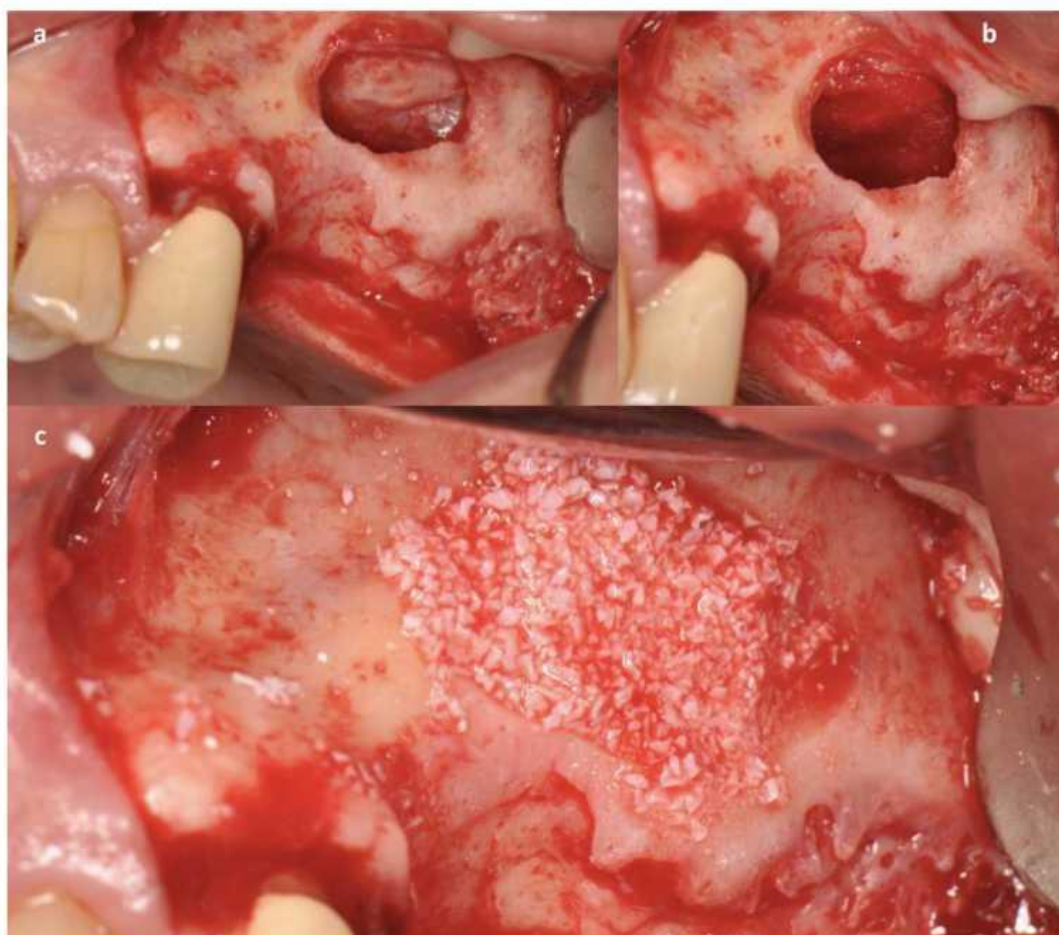
За 1–7 дней до хирургического вмешательства была запланирована профессиональная гигиеническая чистка всей полости рта. Пациенты получали пенициллина клавуланат в дозе 1 г за один день до операции, после чего получали его в дозе 3 г/сут в течение шести дней. Пациенты с аллергией на пенициллин получали клиндамицин в дозе 450 мг. Непосредственно перед операцией выполняли полоскание рта в течение 3 минут с использованием 0,2 % хлоргексидина глюконата.

### 2.3. Хирургическая методика

Готовили область синуса к операции под местной анестезией. Применяли небный разрез для поддержания стабильности шаблона, что обеспечивало возможность установки имплантата через открытый лоскут. После подъема

лоскута костное окно оставляли прикрепленным к слизистой оболочке синуса. Слизистую оболочку синуса поднимали с использованием специально разработанных элеваторов (Medesy, Маниаго, Порденоне, Италия), чтобы избежать разрыва.

Остеотомии выполняли с использованием более узкого сверла, способного обеспечить установку имплантата для повышения первичной стабильности. Затем материал трансплантата (MP3, OsteoBioI, Tecness, Джавено, Италия) помещали в верхний отдел синуса, рядом с медиальным отделом участка трансплантации, созданного в полости синуса. Материал трансплантата тщательно уплотняли на каждой стадии (рис. 2). Затем устанавливали от одного до трех имплантатов разных производителей, со значением крутящего момента  $> 10$  Н, с использованием специального устройства (W&H, Инсбрук, Австрия). Для закрытия щечного окна использовали мембрану (Evolution, OsteoBioI, Tecness,



**Рис. 2.** Конструкция костного окна с поднятой слизистой оболочкой синуса (а, b) и заполнением полости исследуемым материалом трансплантата (с).

Джавено, Италия). Затем слизистую оболочку полости рта ушивали узловыми швами с использованием рассасывающегося шовного материала 5.0.

#### 2.4. Послеоперационные инструкции

Пациентам было рекомендовано воздерживаться от сморкания в течение как минимум 7 дней после операции, а также кашлять или чихать с открытым ртом, чтобы предотвратить повышение давления в прооперированном синусе. Выполняли новое цифровое панорамное исследование для послеоперационной оценки. Всем пациентам была назначена послеоперационная лекарственная терапия по следующей схеме: беклометазона дипропионат (Кленил А, Chiesi, Парма, Италия) в форме аэрозоля один раз в сутки в течение 6 дней и нафазолин (спрей Риназина, GSK inc, Лондон, Великобритания), две дозы два раза в сутки в течение 6 дней. Через шесть месяцев после операции выполняли процедуру раскрытия имплантата. Выполняли минимальный разрез гребня непосредственно над областью установки имплантата, чтобы получить доступ к винтам-заглушкам, и удаляли их. Прикрепленную кератинизированную слизистую оболочку сохраняли как в небной, так и в щечной области вокруг всех имплантатов. Используя разработанные слепочные трансферы, получали оттиски и устанавливали специальные заживляющие абатменты со значением крутящего момента 10 Н. Критерии клинической оценки при раскрытии имплантата включали стабильность во всех направлениях, возможную резорбцию альвеолярного гребня, а также любые сообщения о боли или

дискомфорте. Две недели спустя размещали титановые абатменты со значением крутящего момента 32 Н и устанавливали временную несъемную конструкцию. При установке нескольких имплантатов применяли шинированные коронки, чтобы обеспечить лучшее распределение окклюзионной нагрузки. Через неделю постоянные коронки цементировали с использованием временного цемента (Temp Bond, Kerr, США) (рис. 3). Пациентов приглашали в исследовательский центр в период с января по февраль 2021 года для проверки приживаемости имплантатов, параметров пародонта и состояния регенерированного синуса. Для этого выполняли цифровую панорамную томографию (рис. 4).

#### 2.5. Рентгенографическая оценка

Высоту кости после трансплантации оценивали с помощью компьютеризированной методики измерения для цифровых панорамных снимков зубных рядов. С помощью программного приложения для анализа изображений (Autocad 2006, версия Z 54.10, Autodesk) рассчитывали изменения высоты кости после трансплантации на уровне ложа имплантата, сравнивая панорамные снимки, полученные до операции и в период последующего наблюдения, с возможностью компенсации потенциальных радиографических искажений<sup>14, 15</sup>. На каждом уровне имплантата изображения, полученные для одних и тех же пациентов, совмещали с помощью программного обеспечения путем сопоставления общих ориентиров. Затем рассчитывали линейное расстояние между наиболее

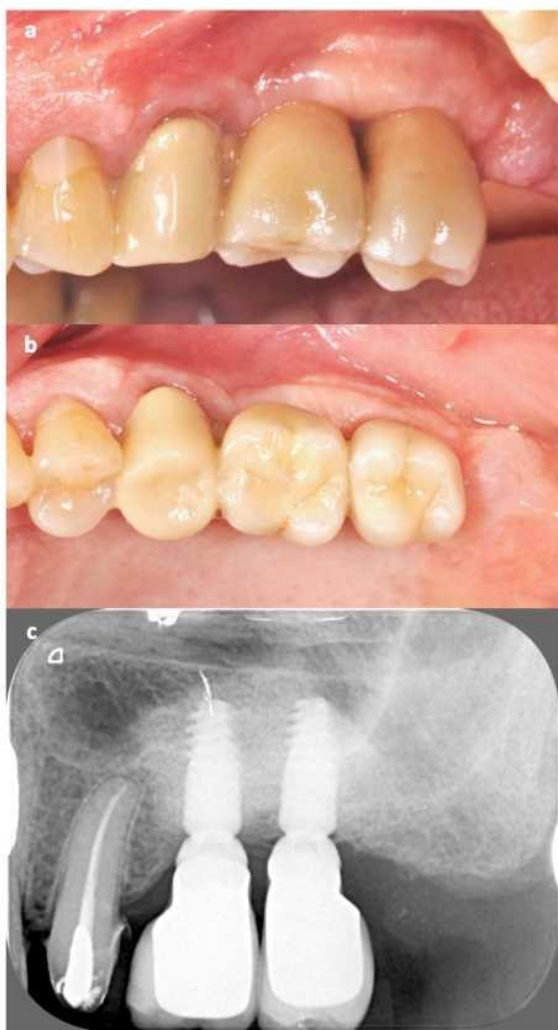


Рис. 3. Клинические изображения, полученные после операции (a, b), и результаты рентгенографических исследований через один год (с).

корональной и наиболее апикальной точкой со зрелой костной тканью. Все измерения и сбор данных выполнял один и тот же квалифицированный независимый эксперт без участия хирурга-имплантолога.

## 2.6. Результаты

Биологические и технические осложнения регистрировали с момента операции до последнего визита в рамках последующего наблюдения. В течение всех периодов последующего наблюдения регистрировали непосредственные хирургические осложнения (незначительная и значительная перфорация мембраны, первичная стабильность имплантата, несостоятельность швов, недостаточность остеоинтеграции) и биологические осложнения (отек, носовое кровотечение, синусит). Также регистрировали частоту развития периимплантного мукозита и перимплантита. Согласно рекомендациям, разработанным на последней встрече EFP-AAP [12,13], периимплантный мукозит определяли как «воспалительное поражение мягких тканей, окружающих внутрикостный имплантат, без потери поддерживающей костной ткани или продолжающейся убыли кости вокруг имплантата». Перимплантит определяли как «патологическое состояние, возникающее в тканях вокруг дентальных имплантатов, характеризующееся воспалением околоимплантатной слизистой оболочки и прогрессирующей потерей поддерживающей костной ткани».

Регистрировали механические осложнения (связанные с предварительно изготовленными компонентами имплантата, например переломы дентального имплантата и перелом или отвинчивание фиксирующего винта) и технические осложнения (компоненты, предоставленные стоматологической лабораторией, такие как скол или перелом коронки), как описано Salvi и Bragger [14].

## 2.7. Статистический анализ

Были получены демографические данные пациентов (пол, возраст). Для описания изменений стабильности имплантата с течением времени использовали данные описательной статистики, включая средние значения и стандартное отклонение. Регистрировали значения высоты и ширины кости до и после операции. Регистрировали параметры состояния области вокруг имплантата, такие как глубина карманов при зондировании (PPD), кровоточивость при зондировании (BOR) и индекс зубного налета (PI), на участке хирургического вмешательства. Статистический анализ проводили с помощью программного обеспечения SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Кэри, Северная Каролина, США) для Windows.

## 3. Результаты

В общей сложности вмешательство было выполнено у 43 пациентов, на 54 синусах. После синус-лифтинга было установлено 113 имплантатов. Все пациенты выполнили последний визит в рамках последующего наблюдения, и случаи выбывания из исследования отсутствовали. Возраст пациентов составил 63,06 года (СО: 10,52). В исследование были включены 18 женщин и 31 мужчина. Минимальные перфорации мембраны синуса наблюдались в 2 случаях. Для их коррекции использовали коллагеновую мембрану. Значительных перфораций слизистой оболочки не наблюдалось.

Использовали различные марки имплантатов: у 19 пациентов (24 синуса и 51 имплантат) применяли имплантаты In-Kone (Global D, Лион, Франция), у 14 пациентов (16 синусов и 35 имплантатов) — имплантаты Apyridge (Megagen, Тэгу, Корея), у 4 пациентов (5 синусов и 10 имплантатов) — имплантаты I. C. E. (Alphabio Tec, Тель-Авив, Израиль), у 3 пациентов (4 синуса и 7 имплантатов) — имплантаты Way Extra (Geass, Удине, Италия), у 3 пациентов (5 синусов и 10 имплантатов) — имплантаты Premium Khono (Sweden & Martina, Падуя, Италия).

Диаметр всех используемых имплантатов составлял от 3,7 до 4 мм, а длина — от 9 до 11,5 мм. У всех пациентов было установлено как минимум два имплантата.

Средняя продолжительность периода последующего наблюдения составила 5,11 года (СО: 2,47, диапазон от 1 до 10 лет). На момент последнего визита случаи неприживления, подвижности или инфицирования имплантата отсутствовали. Параметры состояния области вокруг имплантата в регенерированном синусе свидетельствовали о нормальном состоянии (PPD < 3 мм, BOR < 2, PI < 2), хотя BOR и PI наблюдались на 62,8 и 78,3 % участков соответственно. В конце периода последующего наблюдения случаев развития периимплантита не наблюдалось. Средняя высота исходной кости составила 2,07 мм (СО: 0,75). Средняя мезиобуккальная ширина синуса составила 16,05 мм (СО: 2,79). После операции, на последнем визите в рамках последующего наблюдения, высота синуса после синус-лифтинга составляла 12,83 мм (СО: 1,23).

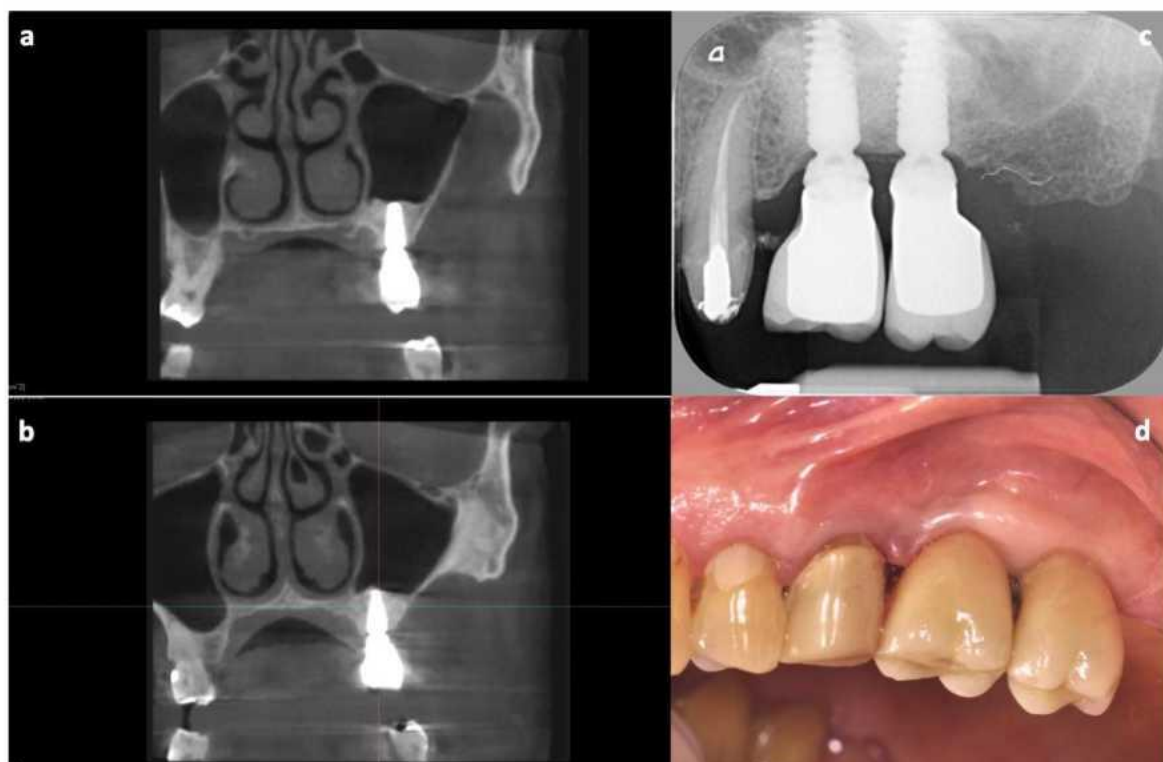


Рис. 4. Послеоперационное рентгенографическое исследование (конусно-лучевая КТ с использованием имплантатов в качестве эталона [a, b] и рентгенографическое исследование Endoral [c]) и клинические изображения, полученные через 7 лет последующего наблюдения (d).

В качестве биологического непосредственного послеоперационного осложнения у всех пациентов (100 %) отмечался отек. В 6 случаях (11 %) пациенты сообщали об эпизодах носового кровотечения на визитах для снятия швов.

Синусит был зарегистрирован в 5 случаях (9,2 %). Его купировали путем назначения различных антибиотиков (Авелокс 400 мг один раз в сутки в течение 6 дней) и сосудосуживающего средства для слизистой оболочки (спрей Риназина, две дозы каждые 12 часов в течение 10 дней). В конце лечения у участников исследования не было зарегистрировано дополнительных эпизодов.

Механические осложнения (отвинчивание протеза) наблюдались в 4 случаях (7,4 %). В этих случаях выполняли расцементировку коронок и прикручивали абатменты. После повторного цементирования коронки проверяли окклюзионные контакты и удаляли возможные предварительные дезокклюзионные контакты.

#### 4. Обсуждение

В настоящем исследовании представлены клинические результаты установки имплантатов после синус-лифтинга с высотой исходной кости в качестве критического фактора, с использованием цифрового метода. После периода последующего наблюдения средней продолжительностью 5,11 года случаи неприживания имплантата или признаки заболевания пародонта отсутствовали. В недавнем систематическом обзоре с продолжительностью периода последующего наблюдения до 120 месяцев Romero-Millan и соавт. сравнили показатели приживаемости дентальных имплантатов при установке после синус-лифтинга и в нативную кость [15]. Авторы установили, что клинические параметры были схожими в обеих группах, однако частота клинических осложнений была выше при синус-лифтинге. В данном исследовании только в двух из 54 случаев наблюдалась минимальная перфорация слизистой оболочки

синуса, и только в пяти из 54 случаев были отмечены незначительные послеоперационные осложнения. Эти осложнения не повлияли на приживаемость дентальных имплантатов: в период последующего наблюдения отклонения от нормы не наблюдались. Эти данные контрастируют с результатами недавнего систематического обзора и метаанализа, выполненных Al-Moraissi и соавт. [16]. Авторы установили, что интраоперационная перфорация мембраны может повышать риск неприживания имплантата, независимо от размера перфорации, что может быть вмешивающимся фактором. Кроме того, остаточная высота альвеолярного гребня и время заживления не учитывались, что четко указано авторами, по мнению которых 48 % случаев неприживания имплантата были обусловлены факторами, отличными от перфорации мембраны. Напротив, другие авторы [17, 18] не сообщали о статистически значимых различиях в частоте неприживания имплантатов после синус-лифтинга, при наличии или отсутствии перфорации мембраны.

Средняя остаточная высота кости для всех синусов верхней челюсти до процедуры синус-лифтинга составляла 2,07 мм, поэтому авторы выбрали процедуру открытого синус-лифтинга. Некоторые авторы оценивали минимальную остаточную высоту кости, чтобы сделать выбор между боковым доступом и доступом со стороны альвеолярного гребня. Некоторые авторы предложили пороговое значение 5 мм [19, 20]. Остаточную высоту кости следует учитывать при принятии решения о немедленной установке имплантата, независимо от процедуры аугментации. В прошлом остаточную высоту кости оценивали как фактор, влияющий на стабильность и остеоинтеграцию дентальных имплантатов. В исследовании на животных Fenner и соавт. отметили прямую зависимость между остаточной высотой кости и стабильностью имплантата. Кроме того, в группе с остаточной высотой кости 2 мм были отмечены только два случая неприживания имплантата. Однако важно отметить,

что имплантаты устанавливали одновременно с проведением процедуры синус-лифтинга [21]. Влияние остаточной высоты альвеолярной кости на приживаемость имплантатов при синус-лифтинге на верхней челюсти оценивали в обзоре литературы, выполненном Rios и соавт. В обзор было включено 18 статей. Было установлено, что приживаемость имплантатов в верхнечелюстных синусах с исходной остаточной высотой кости  $< 5$  мм составила 96 %; в верхнечелюстных синусах с исходной остаточной высотой кости  $> 4$  мм этот показатель составил 99 % [22]. Несмотря на небольшую разницу между двумя процентными значениями, интересно отметить, что в большинстве рассмотренных исследований установку имплантатов выполняли одновременно с процедурой аугментации (а этот фактор, как известно, влияет на приживаемость имплантатов). Кроме того, цифровое планирование и управляемая имплантация позволили хирургу лучше оценить качество костной ткани и, следовательно, диаметр последнего сверла. Это положительно повлияло на первичную стабильность имплантатов.

Существуют данные о применении компьютерного планирования при синус-лифтинге для более эффективного формирования костного окна [23]. Тем не менее в настоящем исследовании были представлены другие преимущества, по сравнению с описанными в литературе.

Использование управляемой имплантации позволило повысить стабильность имплантата на момент операции. При цифровом планировании в пределах конструкции выбирали оптимальный участок для установки имплантата [5]. Кроме того, были выбраны щечно-небная и мезиодистальная ангуляция имплантата, в соответствии с трехмерной моделью регенерации костной ткани. В то же время использование хирургического шаблона позволило свести к минимуму микродвижения имплантата при удалении хирургических насадок. Результаты этого исследования согласуются с результатами недавней работы An и соавт. [8], где имплантаты устанавливали одновременно с проведением процедуры синус-лифтинга; приживаемость имплантатов составила 100 %. В исследовании An и соавт. остаточная высота кости была аналогичной ( $< 3$  мм), однако авторы использовали доступ со стороны альвеолярного гребня. По мнению авторов настоящего исследования, боковой доступ может помочь хирургам лучше разместить трансплантат и более тщательно контролировать возможные перфорации мембраны.

Выявленные осложнения были незначительными и сопоставимыми с наблюдавшимися в недавно опубликованных исследованиях [24]. Единственным механическим осложнением было отвинчивание протеза, которое произошло только в четырех случаях и было легко устранено. Случаи развития периимплантного мукозита и периимплантита в конце периода последующего наблюдения отсутствовали. По мнению авторов, использование цифровых технологий позволило обеспечить оптимальное позиционирование конструкций и, впоследствии, оптимальную конструкцию итогового протеза. Это могло повлиять на частоту возникновения заболеваний периимплантных тканей в среднесрочной перспективе. Кроме того, исходное цифровое планирование позволяло оптимизировать конструкцию протеза, что способствовало снижению частоты осложнений.

Метод пилотного сверла, используемый в этой работе, обычно противопоставляется полностью управляемой имплантации, где использование всех сверл и установка имплантата предусмотрены в плане операции. В этом исследовании требовалось использование пилотного сверла

из-за сниженного количества исходной костной ткани. Таким образом, хирург мог в любой момент проверить качество подготовки, чтобы предотвратить негативное влияние на первичную стабильность имплантатов. Кроме того, любые возможные ошибки при первоначальном планировании операции можно исправить после пилотного сверления, что позволяет персонализировать хирургический протокол в соответствии с клинической ситуацией. Хотя полностью управляемая имплантация улучшает предсказуемость конечного положения имплантата с точки зрения планирования, данные научной литературы свидетельствуют, что показатели точности хирургического вмешательства при использовании пилотного сверла и полностью управляемой имплантации сопоставимы [25, 26].

К ограничениям настоящего исследования относятся небольшой размер выборки и ретроспективный дизайн, что не позволяет выполнить сравнение с другими методами синус-лифтинга, сроками установки имплантатов и методиками управляемой имплантации. Средняя продолжительность периода последующего наблюдения в данном исследовании соответствует таковой в предыдущих исследованиях.

## 5. Выводы

Настоящее ретроспективное исследование продемонстрировало эффективность цифрового метода при восстановлении костной ткани верхней челюсти с выраженной резорбцией. Цифровое планирование позволило врачам устанавливать имплантаты одновременно с проведением процедуры синус-лифтинга, даже при высоте нативной кости менее 3 мм. Оптимизация конечного положения имплантатов позволила разработать оптимальную форму и конструкцию протезов. Это может объяснять низкую частоту механических осложнений (четыре случая отвинчивания протеза) и отсутствие биологических осложнений в среднесрочной перспективе. В конце лечения величина наращивания костной ткани составила более 10 мм.

## Вклад авторов

**Roberto Pistilli:** визуализация, разработка концепции и написание текста (обзор и редактирование). **Luigi Canullo:** визуализация, разработка концепции, курирование данных, формальный анализ и написание текста (обзор и редактирование). **Paolo Pesce:** визуализация, разработка концепции и написание текста (обзор и редактирование). **Valeria Pistilli:** визуализация, разработка концепции и написание текста (обзор и редактирование). **Vito Carlo Alberto Caponio:** визуализация, разработка концепции и написание текста (обзор и редактирование). **Luca Sbricoli:** визуализация, разработка концепции и написание текста (обзор и редактирование).

## Заявление о конфликте интересов

Отсутствует.

## Благодарности

Данное исследование выполнено без внешнего финансирования.

## Список литературы

- [1] S. Lundgren, S. Andersson, F. Gualini, L. Sennerby, Bone reformation with sinus membrane elevation: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation, *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* 6 (2004) 165-173.
- [2] R.R. Resnik, *Misch's Contemporary Implant Dentistry*, 4th ed., Elsevier, St. Louis, 2020.
- [3] C. Stacchi, T. Lombardi, R. Ottonelli, F. Berton, G. Perinetti, T. Traini, New bone formation after transcrestal sinus floor elevation was influenced by sinus cavity dimensions: a prospective histologic and histomorphometric study, *Clin. Oral. Implant Res.* 29 (2018) 465-479, <https://doi.org/10.1111/clr.13144>.
- [4] H.-S. Cha, A. Kim, H. Nowzari, H.S. Chang, K.M. Ahn, Simultaneous sinus lift and implant installation: prospective study of consecutive two hundred seventeen sinus lift and four hundred sixty-two implants: simultaneous sinus lift and implant installation, *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* 16 (2014) 337-347, <https://doi.org/10.1111/cid.12012>.
- [5] D.N. Tatakis, H. Chien, A.O. Parashis, Guided implant surgery risks and their prevention, *Periodontol* 81 (2019) 194-208, <https://doi.org/10.1111/prd.12292>, 2000.
- [6] F. Younes, A. Eghbali, T. De Bruyckere, R. Cleymaet, J. Cosyn, A randomized controlled trial on the efficiency of free-handed, pilot-drill guided and fully guided implant surgery in partially edentulous patients, *Clin Oral Implant Res* 30 (2019) 131-138, <https://doi.org/10.1111/clr.13399>.
- [7] D. Planinic, I. Dubravica, Z. Sarac, R. Poljak-Guberina, A. Celebic, I. Bago, T. Cabov, B. Peric, Comparison of different surgical procedures on the stability of dental implants in posterior maxilla: a randomized clinical study, *J. Stomatol. Oral Maxillofac. Surg.* 122 (2021) 487-493, <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2020.08.004>.
- [8] X. An, C. Lee, Y. Fang, B. Choi, Immediate nonfunctional loading of implants placed simultaneously using computer-guided flapless maxillary crestal sinus augmentation with bone morphogenetic protein-2/collagen matrix, *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* 21 (2019) 1054-1061, <https://doi.org/10.1111/cid.12831>.
- [9] A.H. Osman, H. Mansour, M. Atef, M. Hakam, Computer guided sinus floor elevation through lateral window approach with simultaneous implant placement, *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* 20 (2018) 137-143, <https://doi.org/10.1111/cid.12559>.
- [10] J. Fornell, L.Å. Johansson, A. Bolin, S. Isaksson, L. Sennerby, Flapless, CBCT-guided osteotome sinus floor elevation with simultaneous implant installation. I: radiographic examination and surgical technique. A prospective 1-year follow-up: flapless, CBCT-guided, osteotome sinus floor elevation with simultaneous implant installation, *Clin. Oral. Implant Res.* 23 (2012) 28-34, <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2010.02151.x>.
- [11] M. Vercruyssen, I. Laleman, R. Jacobs, M. Quirynen, Computer-supported implant planning and guided surgery: a narrative review, *Clin. Oral Implant Res.* 26 (2015) 69-76, <https://doi.org/10.1111/clr.12638>.
- [12] L.J.A. Heitz-Mayfield, G.E. Salvi, Peri-implant mucositis, *J. Clin. Periodontol.* 45 (2018) S237-S245, <https://doi.org/10.1111/jcpe.12953>.
- [13] F. Schwarz, J. Derks, A. Monje, H.-L. Wang, Peri-implantitis, *J. Clin. Periodontol.* 45 (2018) S246-S266, <https://doi.org/10.1111/jcpe.12954>.
- [14] G.E. Salvi, U. Bragger, Mechanical and technical risks in implant therapy, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 24 (2009) 69-85. Suppl.
- [15] J. Romero-Millan, J. Aizcorbe-Vicente, M. Penarrocha-Diago, P. Galindo-Moreno, L. Canullo, D. Penarrocha-Oltra, Implants in the posterior maxilla: open sinus lift versus conventional implant placement. A systematic review, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 34 (2019) e65-e76, <https://doi.org/10.11607/jomi.7274>.
- [16] E. Al-Moraissi, A. Elsharkawy, B. Abotaleb, K. Alkebsi, H. Al-Motwakel, Does intraoperative perforation of Schneiderian membrane during sinus lift surgery causes an increased risk of implants failure?: a systematic review and meta regression analysis, *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* 20 (2018) 882-889, <https://doi.org/10.1111/cid.12660>.
- [17] C. de Almeida Ferreira, C. Martinelli, A. Novaes, T. Pignaton, C. Guignone, A. de Almeida, E. Saba-Chujfi, Effect of maxillary sinus membrane perforation on implant survival rate: a retrospective study, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 32 (2017) 401-407, <https://doi.org/10.11607/jomi.4419>.
- [18] S.J. Froum, I. Khoully, G. Favero, S.C. Cho, Effect of maxillary sinus membrane perforation on vital bone formation and implant survival: a retrospective study, *J. Periodontol.* 84 (2013) 1094-1099, <https://doi.org/10.1902/jop.2012.120458>.
- [19] D. Emmerich, W. Att, C. Stappert, Sinus floor elevation using osteotomes: a systematic review and meta-analysis, *J. Periodontol.* 76 (2005) 1237-1251, <https://doi.org/10.1902/jop.2005.76.8.1237>.
- [20] E.A. Al-Moraissi, A.S. Alkhatari, B. Abotaleb, N.H. Altairi, M. Del Fabbro, Do osteoconductive bone substitutes result in similar bone regeneration for maxillary sinus augmentation when compared to osteogenic and osteoinductive bone grafts? A systematic review and frequentist network meta-analysis, *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 49 (2020) 107-120, <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2019.05.004>.
- [21] M. Fenner, E. Vairaktaris, P. Stockmann, K.A. Schlegel, F.W. Neukam, E. Nkenke, Influence of residual alveolar bone height on implant stability in the maxilla: an experimental animal study, *Clin. Oral. Implant Res.* 20 (2009) 751-755, <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01570.x>.
- [22] H.F. Rios, G. Avila, P. Galindo, E. Bratu, H.L. Wang, The influence of remaining alveolar bone upon lateral window sinus augmentation implant survival, *Implant Dent.* 18 (2009) 402-412, <https://doi.org/10.1097/ID.0b013e3181b4af93>.
- [23] G.D. Strbac, K. Giannis, A. Schnappauf, K. Bertl, A. Stavropoulos, C. Ulm, Guided lateral sinus lift procedure using 3-dimensionally printed templates for a safe surgical approach: a proof-of-concept case report, *J. Oral Maxillofac. Surg.* 78 (2020) 1529-1537, <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.04.042>.
- [24] S.A. Danesh-Sani, P.M. Loomer, S.S. Wallace, A comprehensive clinical review of maxillary sinus floor elevation: anatomy, techniques, biomaterials and complications, *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.* 54 (2016) 724-730, <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2016.05.008>.
- [25] S. Kühl, S. Zürcher, T. Mahid, M. Müller-Gerbl, A. Filippi, P. Cattin, Accuracy of full guided vs. half-guided implant surgery, *Clin. Oral Implant Res.* 24 (2013) 763-769, <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02484.x>.
- [26] J. Gargallo-Albiol, S. Barotchi, O. Salomoa-Coll, H.L. Wang, Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review, *Ann. Anat.* 225 (2019) 1-10, <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2019.04.005>.