

А.В. Иващенко,

д.м.н., профессор кафедры ортопедической стоматологии

СамГМУ, 443099, Самара, Россия

## Робот для установки дентальных цилиндрических имплантатов (оригинальное экспериментальное исследование)

**Реферат.** В настоящее время процесс установки дентальных имплантатов осуществляется с использованием механических устройств и навигационных шаблонов для стоматологических процедур. Однако применение данного оборудования не позволяет полностью исключить негативное влияние человеческого фактора. Внедрение возможностей роботизированной ассистенции позволяет стоматологу дополнить клиническое мышление высокой мануальной точностью, обеспечивающей роботами. Эволюция операционных технологий в медицине направлена на интеграцию механотронных устройств, однако их успешное внедрение обусловлено необходимостью фундаментального обоснования и системного подхода. В 2018 г. проф. А.В. Иващенко впервые в Российской Федерации разработал стоматологическую концепцию, базирующуюся на автоматизации оперативных вмешательств с применением цифровых роботизированных платформ. Был создан робот для экспериментального применения в дентальной имплантологии и в 2019 г. впервые в РФ было проведено экспериментальное исследование по установке дентального цилиндрического имплантата по методу проф. А.В. Иващенко с применением робота. **Цель работы** — установить цилиндрический дентальный имплантат в неподвижную челюсть экспериментального животного с применением робота и гистологически доказать эффективность предложенного метода.

**Материалы и методы.** Исследование было проведено на поросенке вьетнамской вислобрюхой породы. **Результаты.** Рентгенологические данные указывают на надежную стабилизацию установленного имплантата, соответствующего норме типа костной ткани. Гистологическое исследование тканей, окружающих дентальный имплантат, показало отсутствие воспаления в слизистой оболочке. К 6 месяцам после установки имплантат прочно интегрирован в окружающую костную ткань, патологической подвижности не наблюдается. Анализ выявил плотное прилегание собственной пластинки слизистой оболочки десны (*lamina propria*) как к поверхности имплантата, так и к кортикальному слою альвеолярной кости. *Lamina propria* представлена плотноволокнистой соединительной тканью: в периферических участках преобладают толстые коллагеновые пучки, а в зоне контакта с имплантатом — более тонкие и рыхло расположенные фибрillлярные структуры. Целостность покрывающего многослойного плоского эпителия сохранена. Костная ткань, окружающая имплантат, гистологически соответствует норме. **Заключение.** Полученные гистологические данные свидетельствуют о высоком прогностическом потенциале роботизированной установки дентальных имплантатов.

**Ключевые слова:** робот, роботизированная установка дентального имплантата

А.В. Ivashchenko,

Doctor of Science in Medicine, professor  
of the Prosthetic dentistry DepartmentSamara State Medical University,  
443099, Samara, Russia

## Robot for installing dental cylindrical implants (original experimental study)

**Abstract.** Currently, the process of installing dental implants is carried out using mechanical devices and navigation templates for dental procedures. However, the use of this equipment does not completely eliminate the negative impact of the “human factor”. In 2018, prof. A. V. Ivaschenko was the first in the Russian Federation to develop a dental concept based on the automation of surgical interventions using digital robotic platforms. The introduction of robotic assistance capabilities allows the dentist to complement clinical thinking with high manual precision provided by robots. The evolution of surgical technologies in medicine is aimed at integrating mechatronic devices, but their successful implementation is due to the need for fundamental justification and a systematic approach. **The authors set a goal** — to install a cylindrical dental implant in a fixed jaw of an experimental animal using a robot and histologically prove the effectiveness of the proposed method. A robot has been created for experimental use in dental implantology. In 2019, for the first time in the Russian Federation, an experimental study was conducted on the installation of a dental cylindrical implant using the method of prof. A.V. Ivaschenko using a robot. **Materials and**

**methods.** The study was conducted on a Vietnamese pot-bellied piglet. Radiological data indicate reliable stabilization of the installed implant and the normal type of bone tissue. **Results.** Histological examination of the tissues surrounding the dental implant showed the absence of inflammation in the mucous membrane. By six months after installation, the implant is firmly integrated into the surrounding bone tissue, and pathological mobility is not observed. The analysis revealed a tight fit of the proper plate of the mucous membrane of the gum (*lamina propria*) both to the surface of the implant and to the cortical layer of the alveolar bone. *Lamina propria* is represented by densely fibrous connective tissue: in the peripheral areas, thick collagen bundles predominate, and in the area of contact with the implant, thinner and loosely located fibrillar structures. The integrity of the covering multilayered squamous epithelium is preserved. The bone tissue surrounding the implant is histologically normal. **Conclusions.** The obtained histological data indicate a high prognostic potential of robotic installation of dental implants.

**Key words:** robot, robotic dental implant installation

## ВВЕДЕНИЕ

Роботизированная стоматология оформилась как самостоятельная научная дисциплина в конце XX в. [1, 2], фокусируясь на триединой концепции:

- 1) на методологическом обосновании фундаментальных принципов;
- 2) на конструировании робот-ассистированных хирургических систем (PAXC);
- 3) на клинической интеграции PAXC как структурного компонента хирургического инструментария.

Симбиоз клинического мышления и роботизированной прецизионности ( $\leq 0,1$  мм) создает новую операционную парадигму в стоматологической практике [3].

Современные методы установки имплантатов, использующие механические устройства и навигационные шаблоны, не устраниют систематические антропогенные операционные погрешности [4, 5]:

- средняя угловая девиация —  $7,2 \pm 1,8^\circ$ ;
- частота критических позиционных ошибок — 18,3%.

Концептуальные основы автоматизированной имплантологии были formalизованы на I Международном симпозиуме по медицинской робототехнике и CAS (Computer-Assisted Surgery; Питтсбург, 2003) [6, 7], установившем стратегические направления:

- Цифровизация планирования стоматологического вмешательства.
- Роботизация исполнения стоматологического лечения.

Несмотря на прогнозируемый рост внедрения PAXC (+10% в год) [8] и разработку принципиально новой концепции автоматизации проекта «Умная операционная» (РФ, 2025) [9], интегрирующей диагностические и хирургические модули, доля робот-ассистированных вмешательств не превышает 2% глобального объема операций [10, 11].

Исторически медицинские PAXC эволюционировали из промышленных механотронных устройств. В научной литературе описаны следующие типовые конфигурации стоматологических PAXC:

- Вноротовые системы представляют собой кинематическую платформу (манипулятор) с сервоприводами и фиксированным в них стоматологическим инструментом [12].
- Внутриротовые системы характеризуются интеграцией исполнительного механизма в интраоральную каппу [13, 14].

Внедрение PAXC обеспечило принципиально новый технический уровень решения стоматологических задач. Ключевые преимущества:

- минимизация влияния субъективного фактора;
- повышение инженерной точности вмешательств;
- улучшение предсказуемости клинических результатов [15].

Дальнейшая эволюция PAXC, стимулируемая разработкой новых материалов, будет характеризоваться по-вышением компактности, точности и скорости выполнения операций. Согласно А.В. Иващенко и соавт. (2021),

приоритетными направлениями развития являются [16]:

- совершенствование интраоперационной визуализации;
- развитие диагностических средств;
- оптимизация хирургического инструментария;
- интеграция инновационных решений в роботизированную ассистенцию.

Исходя из вышесказанного можно заключить, что будущее операционных технологий, применяемых в челюстно-лицевой области, неразрывно связано с механотронными устройствами, требующими строго обоснованного и рационального подхода к их применению [17]. Клиническое использование PAXC целесообразно преимущественно в ситуациях, где выполнение вмешательства врачом сопряжено со значительными техническими трудностями или невозможно [18].

В 2019 г. было проведено экспериментальное исследование по роботизированной установке цилиндрического дентального имплантата по методике проф. А.В. Иващенко.

**Цель исследования** — установить цилиндрический дентальный имплантата в неподвижную челюсть экспериментального животного с применением робота при полном автоматическом режиме и гистологически доказать эффективность предложенного метода.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В результате проектно-конструкторских работ, выполненных СКБ № 5 Самарского национального исследовательского университета им. акад. С.П. Королёва, создан опытный образец роботизированной системы механотронного типа для автоматизации хирургических этапов дентальной имплантологии. Устройство реализует принципы прецизионного позиционирования с точностью 0,05 мм и адаптивного силомоментного контроля (диапазон 10–50 Н·см).

Конструкция робота включает два основных модуля: управляющий пульт и исполнительный манипулятор. Интерфейс управления роботизированной системы включает следующие ключевые элементы на пульте оператора:

- консоль для ввода параметров имплантационного протокола в цифровом формате;
- цифровой физиодиспенсер для регулирования irrigation и скорости вращения режущего инструмента.

Пульт оснащен дублирующим контуром экстренной деактивации. Управление скоростью вращения остеотомического инструментария осуществляется через выделенные органы управления. Обработка цифровых данных, генерируемых PAXC в ходе операции, обеспечивается встроенным микропроцессором. Пространственный контроль траектории перемещения инструмента реализован через интерфейс робота, гарантирующий линейную точность позиционирования в 0,1 мм и угловую точность в 3°.

Роботизированная система обеспечивает непрерывный контроль кинематических параметров режущего инструмента (скорость вращения) при автоматической установке имплантата. Архитектура управления поддерживает интерактивный режим ручной коррекции, предоставляя оператору право вмешательства на любом этапе операции с целью остановки шпинделя, внесения изменений в настройки или точечной адаптации траектории.

В рамках доклинических исследований разработана экспериментальная платформа — операционный стол модульной архитектуры, включающий:

- позиционирующий модуль — двухплоскостной регулируемый фиксатор челюстного отдела с коррекцией в сагиттальной и фронтальной плоскости ( $\pm 15^\circ$ ), оснащенный кинематическим подбородочным упором;
- несущую систему — стабилизированную станину с телескопическими опорами (ход 200 мм, погрешность позиционирования — 0,5 мм), обеспечивающая 6 степеней свободы для адаптации к топографии операционного поля.

Позиционирование экспериментального объекта. Животное фиксировалось на операционном столе в пределах рабочей зоны робота. После активации механизма блокировки регулируемых опорных стоек обеспечивалась полная иммобилизация тела. Нижняя челюсть статически фиксировалась в двух плоскостях (сагиттальной и фронтальной) относительно базовой станины робота посредством регулируемого подбородочного фиксатора.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование выполнено на модели вьетнамской вислоухой свиньи возрастом до 5 месяцев и массой менее 10 кг, выбранной ввиду морфологического сходства строения челюстных костей с человеческой.

Локализация вмешательства: область нижнего первого моляра справа (FDI 4.6) после его экстракции.

Предоперационный этап включал общую анестезию по стандартному протоколу, получение альгинатных оттисков обеих челюстей и регистрацию

максимальной межрезцовой дистанции. На основе слепков изготовлены диагностические гипсовые модели и индивидуальная окклюзионная капа для поддержания вертикального размера прикуса интраоперационно.

После повторной индукции анестезии выполнена инфильтрационная анестезия 1,8 мл Septanest (1:200 000) в проекции зуба 4.6. Последовательность хирургических манипуляций:

- 1) остеотомия коронковой части моляра турбинным наконечником;
- 2) атравматичная экстракция корней по стандартной методике;
- 3) кюретаж альвеолярной лунки.

Роботизированное выполнение хирургического протокола включало автономное формирование реципиентного ложа и установку цилиндрического имплантата в режиме полной автоматизации (Level 5 по шкале автономности ISO 8373: 2021). Контроль безопасности осуществлялся оператором в режиме реального времени через дублирующую систему мониторинга. Фиксация имплантата производилась при скорости 70 об./мин и крутящем моменте 40 Н·см с последующей ретракцией инструмента. Фиксировали заглушку в теле дентального имплантата. В день операции показатель периодонтометрии установленного имплантата составлял +6,4.

Вестибулярный доступ осуществлен посредством трапециевидного мукoperиостального разреза с последующей субпериостальной элевацией лоскута для визуализации альвеолярного гребня. Раневая поверхность ушита узловатыми швами. Гемостаз достигнут электрокоагуляцией. В послеоперационном периоде (5 суток) проводилась антибиотикопрофилактика ампициллином (по 1 г в сутки внутримышечно). Осложнений в виде воспалительных реакций или экспонирования имплантационной заглушки не зафиксировано. Средняя температура 38,8°C соответствовала физиологическому окну метаболизма соответствующей биологической модели ( $Q_{10}=2,1$ ).

По истечении 6-месячного экспериментального периода биомодель была выведена из исследования в соответствии с нормами ФЗ № 52 «О животном мире» и приказом Минздрава РФ № 199н. Наблюдалась полная регенерация слизистой оболочки в периимплантатной зоне и достижение устойчивой вторичной остеоинтеграции имплантата. Для гистологического анализа проведен сегментарный остеотом участка челюсти с имплантатом с использованием охлаждаемого сепарационного диска (иригация 0,9% NaCl, рис. 1).

Перед гистологическим анализом образец челюстного сегмента с имплантатом был подвергнут компьютерно-томографическому сканированию (КТ). Количественная оценка деснитометрических показателей костной ткани периимплантатной зоны выявила характеристики, соответствующие остеоидному типу остеоинтеграции (класс D2), средняя минеральная плотность костной ткани равнялась 541 ед. по Хаунсфилду.



Рис. 1. Участок нижней челюсти животного на 6-й месяц наблюдения

Fig. 1. Section of the animal's lower jaw at the 6th month of observation

Количественная КЛКТ-денситометрия выявила критические интерпроксимальные расстояния:

- $\pm 0,15$  мм до нижнечелюстного канала (сосудисто-нервного пучка);
- $1,50 \pm 0,08$  мм до цементоэмалевой границы соседнего зуба.

Полученные значения соответствуют классу позиционной безопасности В по Misch (2015) при пороговом значении более 2,0 мм для нейрососудистых структур (рис. 2).

Гистологический анализ периимплантатных тканей на 6-м месяце наблюдения выявил отсутствие признаков воспаления слизистой оболочки десны и подтвердил полную клиническую интеграцию имплантата, характеризующуюся отсутствием патологической подвижности. Морфологическое исследование продемонстрировало плотное прилегание *lamina propria* как к поверхности имплантата, так и к кортикальной пластинке альвеолярной кости. Архитектоника соединительной ткани *lamina propria* имела радиальную организацию: периферические зоны содержали плотноволокнистую строму с толстыми коллагеновыми пучками, тогда как околоимплантальная область характеризовалась рыхлым расположением тонких фибрillлярных структур. Наблюдалась сохранная целостность эпителиального барьера, представленного многослойным плоским непрогревающим эпителием (рис. 3).

Морфогенетическая гетерогенность костного регенерата коррелировала с топографией имплантата, демонстрируя дифференцированные паттерны ремоделирования в апикальной, медиальной и корональной зонах. К терминальной точке наблюдения (6 мес) кортикальный слой достиг фазовой зрелости, гистологически представленной полиморфной архитектоникой с преобладанием ламинарной костной ткани ( $85,2 \pm 4,7\%$ ) над трабекулярными структурами. При окрашивании пикрофуксином по Ван Гизону гистопрепараты демонстрировали характерный паттерн чередования светлых полей (лакунарно-трабекулярные комплексы с остеоцитами в расширенных лакунах) и темных зон (формирующиеся остеоны с концентрическими пластинками). Такая морфологическая картина свидетельствует о завершенном ремоделировании костной ткани с образованием зрелых гаверсовых систем (рис. 4).

Строение периимплантатной зоны характеризовалась региональной вариабельностью: межтрабекулярные пространства содержали волокнистую соединительную и адипоцитарную ткани с полно-кровными микрососудами и единичными элементами лимфогистиоцитарного ряда (макрофаги, лимфоциты). В медиальной трети имплантата преобладала зрелая компактная кость остеонного типа с включением трабекулярных участков, содержащих остеоциты в расширенных лакунах. Межтрабекулярный матрикс представлен рыхлой неоформленной соединительной тканью с диффузной лимфогистиоцитарной инфильтрацией, расширенными сосудами (частично

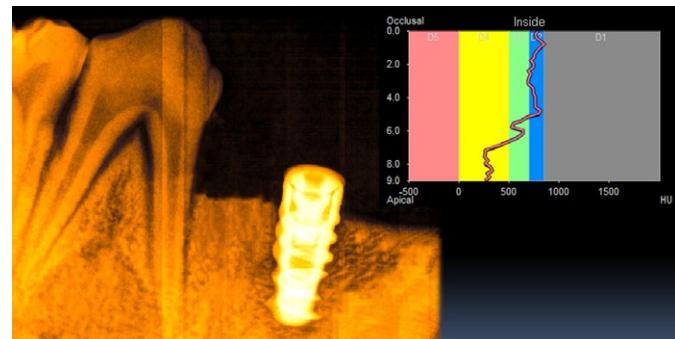


Рис. 2. Рентгенологическое исследование через 6 мес. после операции  
Fig. 2. X-ray examination 6 months after surgery

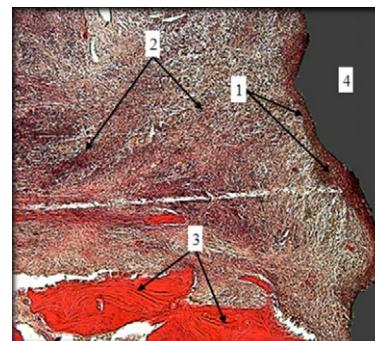


Рис. 3. Слизистая оболочка: многослойный плоский эпителий (1); собственная пластинка (2); костная ткань (3) альвеолярной части нижней челюсти в месте контакта с имплантатом (4). Окраска пикрофуксином по Ван Гизону, ув. 10

Fig. 3. Mucous membrane: stratified squamous epithelium (1); lamina propria (2); bone tissue (3) of the alveolar part of the mandible at the site of contact with the implant (4). Stained with picrofuchsin according to Van Gieson, mag. 10x

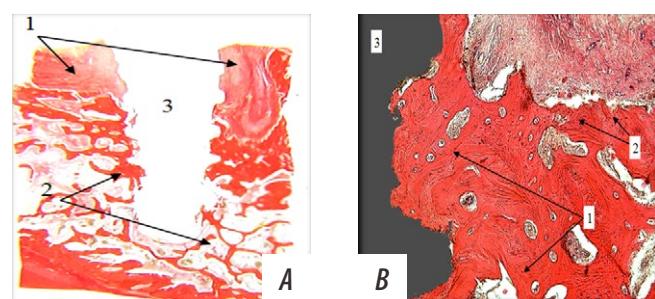


Рис. 4. А — продольный срез через ткани альвеолярной части нижней челюсти: слизистая оболочка (1); трабекулы костной ткани (2), контактирующие с имплантатом (3). Окраска PSR, ув. 2,5. В — гистологическая структура регенерата: зрелая (ламеллярная) костная ткань (1) с локусами локальной остеорезорбции (2) через 6 месяцев после начала наблюдения в проекции верхней трети установленного имплантата (3). Окраска гематоксилином и эозином, ув. 40

Fig. 4. A — longitudinal section through the tissues of the alveolar part of the mandible: mucosa (1); bone trabeculae (2) in contact with the implant (3). PSR staining, mag. 2.5x. B — histological structure of the regenerate: mature (lamellar) bone tissue (1) with loci of local osteoresorption (2) 6 months after the start of observation in the projection of the upper third of the installed implant (3). Hematoxylin and eosin staining, mag. 40x

с признаками полнокровия) и локальными скоплениями адипоцитов (рис. 5).

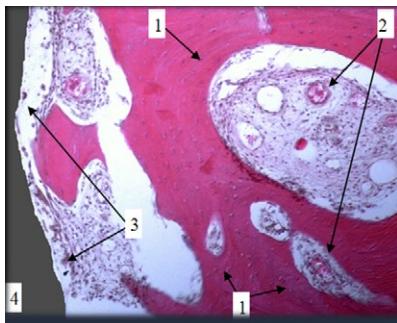


Рис. 5. Гистологическая структура регенерата: формирование остеонов (1); рыхлая неоформленная ткань с полнокровными сосудами (2); гигантские клетки инородных тел (3) через 6 месяцев в проекции средней трети установленного имплантата (4). Окраска гематоксилином и эозином, ув. 40

Fig. 5. Histological structure of the regenerate: formation of osteons (1); loose, unformed tissue with full-blooded vessels (2); giant cells of foreign bodies (3) after 6 months in the projection of the middle third of the installed implant (4). Hematoxylin and eosin staining, mag. 40x.



Рис. 6. Гистологическая структура регенерата периапикальной части имплантата через 6 месяцев после имплантации: зрелая костная ткань (1); фиброзная ткань и сосуды (2); лакуны, содержащие остеоклазы (3). Окраска пикрофуксином по Ван Гизону, ув. 40

Fig. 6. Histological structure of the regenerate of the periapical part of the implant 6 months after implantation: mature bone tissue (1); fibrous tissue and vessels (2); lacunae containing osteoclasts (3). Stained with picrofuchsin according to Van Gieson, mag. 40x

Через 6 месяцев после одномоментной экстракции и робот-ассистированной установки дентального имплантата достигнута полная остеоинтеграция. Гистоморфометрия выявила:

- относительная плотность кости —  $53,0 \pm 15,6\%$ ;
- индекс костно-имплантатного контакта (BIC) — 67,7%;
- трабекулярная толщина —  $72,8 \pm 18,8$  мкм;
- межтрабекулярное расстояние —  $244 \pm 39$  мкм;

Периапикальная зона демонстрировала комбинированную архитектонику:

- зрелая компактная кость с гаверсовыми системами;
- трабекулярные участки с радиально-ориентированными структурами (перпендикулярно к оси имплантата);
- фестончатый костный край в апикальном контакте;

Интертрабекулярные пространства содержали волокнистую соединительную ткань, адипоцитарные скопления, ангиогенез с полнокровными сосудами. Данная морфология свидетельствует о завершенном ремоделировании (особенно в надкостничной зоне) и обеспечивает биомеханическую стабильность, при этом  $BIC > 65\%$  соответствует критериям успешной остеоинтеграции по Albrektsson (рис. 6).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гистологический анализ демонстрирует, что применение роботизированной системы при установке дентального имплантата обеспечивает формирование прогностически благоприятных тканевых взаимоотношений, что подтверждается следующими морфологическими критериями:

- **полноценная остеоинтеграция с индексом костно-имплантатного контакта ( $BIC > 65\%$ );**
- **отсутствие признаков перииимплантита в мягких тканях;**
- **зональная организация костных тканей по всему периметру имплантата.**

Поступила/Received: 29.05.2025

Принята в печать/Accepted: 17.11.2025

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Иващенко А.В., Яблоков А.Е., Антонян Я.Э., Гелетин П.Н. Анализ методов дентальной имплантации. — Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: реабилитация, врач и здоровье. — 2018; 3 (33): 65—75. [eLibrary ID: 35530214](#)
2. Иващенко А.В. Анализ угловых отклонений стоматологического инструмента при использовании стандартного метода одонтопрепарирования. — Институт стоматологии. — 2014; 1 (62): 120—125. [eLibrary ID: 22133928](#)
3. Иващенко А.В. Клинико-морфологическое обоснование современных технологий реплантации, аутотрансплантации и протезирования зубов: дис. ... д.м.н. — СамГМУ, 2017. — 290 с.
4. Иващенко А.В., Яблоков А.Е., Баландин Е.И., Тлустенко В.П., Антонян Я.Э. Методики позиционирования дентальных имплантатов. — Вестник Российской Военно-медицинской академии. — 2018; 2 (62): 240—243. [eLibrary ID: 35185383](#)

## REFERENCES:

1. Ivaschenko A.V., Yablokov A.E., Antonyan Y.E., Geletin P.N. Analysis of dental implantation techniques. *Bulletin of Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2018; 3 (33): 65—75 (In Russian). [eLibrary ID: 35530214](#)
2. Ivaschenko A.V. Analysis of the angular deviations in dental instrument using the standard method of tooth preparation. *The Dental Institute.* 2014; 1 (62): 120—125 (In Russian). [eLibrary ID: 22133928](#)
3. Ivaschenko A.V. Clinical and morphological substantiation of modern technologies of replantation, autotransplantation and dental prosthetics: dissertation. Samara State Medical University, 2017. 290 p. (In Russian).
4. Ivaschenko A.V., Yablokov A.E., Balandin E.I., Tlustenko V.P., Antonyan Yu.E. Techniques for dental implants positioning. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy.* 2018; 2 (62): 240—243 (In Russian). [eLibrary ID: 35185383](#)

5. Иващенко А.В., Федяев И.М., Яблоков А.Е., Колганов И.Н., Баландин Е.И., Тлустенко В.П. Множественная реплантация зубов. — Вестник Российской государственного медицинского университета. — 2018; 3: 84—87. [eLibrary ID: 35724127](#)
6. Марченко Я.В., Потапов В.П., Иващенко А.В., Ильин А.Н. Морфофункциональные особенности кровоснабжения челюстно-лицевой области человека. — Морфологические ведомости. — 2008; 3—4: 135—136. [eLibrary ID: 14750421](#)
7. Потапов И.В., Иващенко А.В., Байриков А.И., Монаков Д.В., Монаков В.А. Обоснование использования навигационной системы в дентальной имплантологии. — Институт стоматологии. — 2014; 4 (65): 83—85. [eLibrary ID: 22857744](#)
8. Иващенко А.В., Яблоков А.Е., Архипов В.Д., Федяев И.М., Архипов В.Я., Тлустенко В.П. Органосохранные технологии как альтернатива дентальной имплантации. — Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. — 2019; 3 (71): 51—54. [eLibrary ID: 41104146](#)
9. Иващенко А.В. и др. Особенности регенерации костной ткани в периапикальной зоне у реплантованных зубов. — Проблемы стоматологии. — 2018; 2: 74—77. [eLibrary ID: 35295789](#)
10. Уханов М.М., Иващенко А.В. и др. Применение робот-ассистированных систем для операций в области головы и шеи. — Голова и шея. — 2019; 2: 52—63. [eLibrary ID: 41304661](#)
11. Уханов М.М., Иващенко А.В., Федяев И.М., Яблоков А.Е., Колганов И.Н., Тлустенко В.П. Применение роботов в стоматологии. Часть 1. Робот-ассистированные системы для обучения студентов-стоматологов и специалистов. — Российский стоматологический журнал. — 2018; 6: 314—324. [eLibrary ID: 38512282](#)
12. Байриков И.М., Иващенко А.В., Марков И.И. Реплантация и аутотрансплантация зубов — альтернатива имплантации в современных экологических условиях. — Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. — 2014; 5-2: 824—828. [eLibrary ID: 23212494](#)
13. Иващенко А.В. и др. Робот-ассистированные и роботизированные системы, применяемые в стоматологии. — Стоматология. — 2020; 1: 95—99. [eLibrary ID: 42479513](#)
14. Иващенко А.В., Баландин Е.И., Зубков Д.В. Роль тканей периодонта в репаративных процессах реплантации зубов (ближайшие результаты). — Клиническая стоматология. — 2016; 4 (80): 52—54. [eLibrary ID: 27389671](#)
15. Иващенко А.В. и др. Экспериментальное обоснование использования навигационной системы в дентальной имплантологии. — Российский стоматологический журнал. — 2014; 6: 12—14. [eLibrary ID: 22801187](#)
16. Иващенко А.В., Яблоков А.Е., Тлустенко В.С., Постников М.А., Попов Н.В., Тлустенко В.П., Тугушев В.В., Черезова Н.И., Мухина А.А., Беланов Г.Н. Оценка термометрических данных костной ткани при формировании воспринимающего материнского ложа под цилиндрические дентальные имплантаты. — Вестник Российской государственного медицинского университета. — 2021; 2: 49—54. [DOI: 10.24075/vrgmu.2021.013](#)
17. Ivashchenko A.V., et al. Robot-assisted and robotic systems used in dentistry. — *Biomedical Engineering*. — 2020; 5: 322—326. [DOI: 10.1007/s10527—020—09935-z](#)
18. Яблоков А.Е., Иващенко А.В., Федяев И.М., Колганов И.Н., Тлустенко В.П., Уханов М.М. Обзор робот-ассистированных систем, применяемых при обучении специалистов стоматологического профиля. — Российская стоматология. — 2019; 1: 28—31. [eLibrary ID: 39256689](#)
5. Ivashchenko A.V., Fedyaev I.M., Yablokov A.E., Kolganov I.N., Balandin E.I., Tlustenko V.P. Intentional replantation of multiple teeth. *Bulletin of Russian State Medical University*. 2018; 3: 84—87 (In Russian). [eLibrary ID: 35724127](#)
6. Marchenko Ya.V., Potapov V.P., Ivaschenko A.V., Ilyin A.N. Morphofunctional features of blood supply of maxillofacial area of the human. *Morphological Newsletter*. 2008; 3—4: 135—136 (In Russian). [eLibrary ID: 14750421](#)
7. Potapov I.V., Ivaschenko A.V., Bayrikov A.I., Monakov D.V., Monakov V.A. Experimental basis using the navigation system in dental implantology. *The Dental Institute*. 2014; 4 (65): 83—85 (In Russian). [eLibrary ID: 22857744](#)
8. Ivaschenko A.V., Yablokov A.E., Arkhipov V.D., Fedyaev I.M., Arkhipov V.Ya., Tlustenko V.P. Organ-saving technologies as an alternative to dental implantation. *Vestnik VSMU*. 2019; 3 (71): 51—54 (In Russian). [eLibrary ID: 41104146](#)
9. Ivashchenko A., Fedyaev I., Yablokov A., Balandin E. Features of regeneration of bone tissue in the periapical zone of the replanted teeth. *Actual Problems in Dentistry*. 2018; 2: 74—77 (In Russian). [eLibrary ID: 35295789](#)
10. Ulkhanov M., Ivashchenko A.V., Fedyaev I.M., Yablokov A.E., Kolganov I.N., Tlustenko V.P. Application of robot-associated systems for head and neck surgery. *Head and Neck*. 2019; 2: 52—63 (In Russian). [eLibrary ID: 41304661](#)
11. Ulkhanov M.M., Ivashchenko A.V., Fedyaev I.M., Yablokov A.E., Kolganov I.N., Tlustenko V.P. Use of robots in dentistry. Part 1. Robotic system for training dental students and professionals. *Russian Journal of Dentistry*. 2018; 6: 314—324 (In Russian). [eLibrary ID: 38512282](#)
12. Bayrikov I., Ivashchenko A., Markin I. Replantation and autotransplantation of teeth the alternative of implantation in the modern ecological conditions. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2014; 5—2: 824—828 (In Russian). [eLibrary ID: 23212494](#)
13. Ivashchenko A.V., Yablokov A.E., Komlev S.S., Stepanov G.V., Tsimbalistov A.V. Robot-assisted and robotic systems used in dentistry. *Stomatology*. 2020; 1: 95—99 (In Russian). [eLibrary ID: 42479513](#)
14. Ivashchenko A.V., Balandin E.I., Zubkov D.V. Function of periodontium tissues in restorative process of replantation of teeth (short-term results). *Clinical Dentistry (Russia)*. 2016; 4 (80): 52—54 (In Russian). [eLibrary ID: 27389671](#)
15. Ivashchenko A.V., Bayrikov A.I., Monakov D.V., Monakov V.A. Experimental substantiation of the use of the navigation system in dental implantology. *Russian Journal of Dentistry*. 2014; 6: 12—14 (In Russian). [eLibrary ID: 22801187](#)
16. Ivashchenko A.V., Yablokov A.E., Tlustenko V.S., Postnikov M.A., Popov N.V., Tlustenko V.P., Tugushev V.V., Cherezova N.I., Mukhina A.A., Belanov G.N. Analysis of osseous tissue temperature during preparation of recipient bed for cylindrical implants. *Bulletin of RSMU*. 2021; 2: 46—50. [DOI: 10.24075/brsmu.2021.013](#)
17. Ivashchenko A.V., Fedyaev I.M., Yablokov A.E., Tselkovich L.S., Sadykov M.I., Kondrashin D.V. Robot-assisted and robotic systems used in dentistry. *Biomedical Engineering*. 2020; 5: 322—326. [DOI: 10.1007/s10527—020—09935-z](#)
18. Yablokov A.E., Ivashchenko A.V., Fedyaev I.M., Kolganov I.N., Tlustenko V.P., Uhanov M.M. Overview of robot-assisted systems used in the training of dental professionals. *Russian Stomatology*. 2019; 1: 28—31 (In Russian). [eLibrary ID: 39256689](#)