

# ТИТАНОВЫЕ ФИКСАТОРЫ С МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

А.И. ЯРЁМЕНКО<sup>1</sup>, К.И. СТАРКОВСКИЙ<sup>1,2</sup>, А.Л. РУБЕЖОВ<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Кафедра стоматологии хирургической и челюстно-лицевой хирургии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>2</sup> Стоматологическая поликлиника № 9, Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>3</sup> Кафедра стоматологии общей практики, Северо-западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Цель:** разработка титанового фиксатора с биологически модифицированной поверхностью, определение его биосовместимости и возможности применения в клинической практике у пациентов с переломами нижней челюсти.

**Материал и методы:** проведено экспериментальное исследование по изучению биосовместимости разработанных титановых фиксаторов на лабораторных животных, а так же лечение 14 пациентов с переломами нижней челюсти. Всем больным был произведён остеосинтез нижней челюсти с применением разработанных титановых фиксаторов с биологически модифицированной поверхностью.

**Результаты:** выявлено, что в наибольшей мере требованиям, предъявляемым к материалам для металлоостеосинтеза нижней челюсти, отвечают фиксаторы, изготовленные из цельнолитого титана с лазерно-обработанной поверхностью.

**Заключение:** применение разработанных титановых фиксаторов с биологически модифицированной поверхностью позволяет точно фиксировать и удерживать отломки нижней челюсти в правильном физиологическом положении до окончательной консолидации.

**Ключевые слова:** биосовместимость, минипластина, нижняя челюсть, остеointеграция, остеосинтез, полимерное покрытие, титан, фиксатор.

**Для цитирования:** Ярёмченко АИ, Старковский КИ, Рубежов АЛ. Титановые фиксаторы с модифицированной поверхностью и их применение для остеосинтеза нижней челюсти. *Вестник Авиценны*. 2021;23(1):53-9. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2021-23-1-53-59>

## TITANIUM CLAMPS WITH MODIFIED SURFACE AND THEIR APPLICATION FOR MANDIBLE OSTEOSYNTHESIS

A.I. YARYOMENKO<sup>1</sup>, K.I. STARKOVSKIY<sup>1,2</sup>, A.L. RUBEZHOV<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Department of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Dental Clinic № 9, Saint Petersburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Department of Dentistry of General Practice, Mechnikov North-West State Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation

**Objective:** To develop titanium clamps with a biologically modified surface, and estimate its biocompatibility and probability of its application in clinical practice for patients with mandibular fractures.

**Methods:** The experimental research was conducted on laboratory animals, as well as in treatment of 14 patients with mandibular fractures, to study biocompatibility of the designed titanium clamps. All the patients underwent osteosynthesis of the lower jaw with the application of the designed titanium clamps with a biologically modified surface.

**Results:** It has been revealed that the all-cast titanium clamps with the laser-processed surface most optimally meet the requirements imposed to the materials applied to mandible metalosteo-synthesis.

**Conclusions:** The application of the designed titanium clamps with a biologically modified surface allows accurately fix and hold lower jaw fractures in the exact physiological position until final consolidation.

**Keywords:** *Biocompatibility, miniplate, mandible, osteointegration, osteosynthesis, polymeric covering, titanium clamp.*

**For citation:** Yaryomenko AI, Starkovskiy KI, Rubezhov AL. Titanovye fiksatory s modifitsirovannoy poverkhnost'yu i ikh primeneniye dlya osteosinteza nizhney chelyusti [Titanium clamps with modified surface and their application for mandible osteosynthesis]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2021;23(1):53-9. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2021-23-1-53-59>

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии для фиксации отломков нижней челюсти при её переломах широко применяется металлоостеосинтез с использованием титановых минипластин [1-3]. В разное время для их изготовления использовались различные материалы: сплавы металлов, пластические массы и пр. В начальном периоде сво-

его практического применения в челюстно-лицевой хирургии металлоостеосинтез имел большие недостатки из-за отсутствия специальных биосовместимых сплавов для изготовления минипластин, а так же биосовместимых покрытий на их поверхности [4, 5]. В современной клинической практике используются минипластины, изготовленные из амагнитных металлов и сплавов, например сплавов титана, которые не обладают негативным

влиянием на костную ткань и окружающие мягкие ткани [6, 7]. Однако в течение долгого времени, находясь в тканях, они подвергаются коррозии [8]. Лабораторные и клинические исследования свидетельствуют о биологической совместимости титана марки ВТ1-0 с тканями организма [9, 10], кроме того, доказана гипоаллергенность титана и его сплавов [11, 12]. Несмотря на большой выбор изделий для остеосинтеза сохраняется актуальность разработки титановых фиксаторов с модифицированной поверхностью, оказывающей антисептический эффект [13].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработка титанового фиксатора с биологически модифицированной поверхностью, определение его биосовместимости и возможности применения в клинической практике у пациентов с переломами нижней челюсти.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Кафедрами стоматологии хирургической и челюстно-лицевой хирургии и общей и биоорганической химии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова совместно с кафедрой «Технология и исследование материалов» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Петра Великого разработаны фиксаторы из титана с биологически модифицированной поверхностью для остеосинтеза нижней челюсти (рис. 1).

Титановые фиксаторы изготавливали двумя методами: из порошка титана марки ВТ1-0 методом порошковой металлургии и из цельнолитой пластины из титана марки ВТ1-0 с лазерно-обработанной поверхностью. После их изготовления исследовали их физико-механические свойства (табл. 1).

Были разработаны антимикробные покрытия, которые наносили на поверхность титановых фиксаторов:

Плёнкообразующее антисептическое средство, включающее активные компоненты (масс. %) – метронидазол (0,02-0,18) и хлоргексидина биглюконат (0,002-0,22) в заданной концентрации и плёнкообразующую композицию для иммобилизации

**Рис. 1** Внешний вид титанового фиксатора для остеосинтеза нижней челюсти в стерильной упаковке



активных компонентов, содержащая ПВС, крахмал, глицерин и растворитель (вода). Патент № 2410092 [14].

Фармакологическая антимикробная композиция пролонгированного действия, включающая (масс. %) пихтовое масло (0,8-1,2), мирамистин (0,002-0,004), депротенинизированный диализат из крови здоровых молочных телят (9,0-10,0), ретинола ацетат (0,8-12,0), аминокaproновую кислоту (23,0-27,0), лидокаина гидрохлорид (0,9-1,1) и плёнкообразующую смесь ПВС, крахмала и глицерина на основе 0,89% водного раствора NaCl. Патент № 2463066 [15].

Перед нанесением покрытий № 1 и № 2 проводили обезжиривание титановой минипластины в специально приготовленном моющем растворе с pH=10,5 с последующим её промыванием в дистиллированной воде и высушиванием в термостате при температуре +37°C в течение 5 часов.

Способ нанесения покрытий варьировал в зависимости от метода изготовления титанового фиксатора: методом порошковой металлургии или из цельнолитого титана с лазерно-обработанной поверхностью. На фиксатор из порошкового титана покрытия наносили методом впрыскивания его в микрорельеф в течение двух часов под давлением 100 мм Hg. На поверхности фиксатора из цельнолитого титана проводили экспозицию разработанных покрытий в течение двух часов. За это время покрытие просачивалось в поры, созданные при помощи лазерной обработки поверхности. Далее проводили подсушивание покрытия в течение пяти часов при +60°C. Контроль толщины и равномерности нанесённого покрытия (500 мкм) проводили с помощью прибора «Магнитный толщиномер покрытий МТ-201» и сканирующего зондового микроскопа.

На базе вивария НИЦ Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова проводили экспериментальные исследования на животных по исследованию биосовместимости и остеоинтеграции разработанных титановых фиксаторов. Исследование проводили на 20 кроликах (самцах) породы Шиншилла, массой 4,0 кг. Биосовместимость оценивали по влиянию фиксаторов на параметры гемолитической активности комплемента в пробах сыворотки крови, полученных от больных с заболеваниями челюстно-лицевой области. В качестве позитивного контроля, с целью снижения уровня комплемента, использовали полисахарид зимозан. Для оценки остеоинтеграции проводили установку разработанных титановых фиксаторов с биологически модифицированной поверхностью двадцати лабораторным кроликам с дальнейшим морфологическим исследованием аутопсийного материала. Морфологические исследования проводили на базе ФГБУ РНИИТО им. Р.Р. Вредена.

Для оценки противомикробного эффекта, оказываемого разработанными титановыми фиксаторами и обоснования целесообразности использования его в клинической практике для лечения переломов нижней челюсти, проводили сравнительное исследование противомикробной активности при помощи диско-диффузионного метода.

Клинические исследования проводили на базе клиники челюстно-лицевой хирургии Первого Санкт-Петербургского

**Таблица 1** Физико-механические свойства фиксаторов из титана

Материал	$\sigma_r$ , МПа	$\sigma_{иr}$ , МПа	$\epsilon_{равнr}$ , %	$\sigma_{вр}$ , МПа	$e_r$	$\Psi$ , %
Порошковый титан	304,7	442,1	17,9	910,0	1,139	68,9
Цельнолитой титан	340	420	17,6	815	0,96	62



**Рис. 2** Внешний вид больного с переломом нижней челюсти в области угла справа и слева



**Рис. 3** Установленный титановый фиксатор

государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова. Было прооперировано 14 больных (3 женщины и 11 мужчин), с односторонним переломом нижней челюсти – 5 человек, с двусторонним переломом нижней челюсти – 9 человек (рис. 2).

Под общим обезболиванием или под местной анестезией с премедикацией проводили остеосинтез отломков нижней челюсти (рис. 3).

Проводился рентгенологический контроль после проведения остеосинтеза и через 12 месяцев на контрольном осмотре (рис. 4).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 22.0. С целью определения, подчиняются ли исследуемые выборки закону нормального распределения, был использован тест Колмогорова-Смирнова и Лиллифорса. Для сравнения двух групп нормально распределённых данных был использован t-тест Стьюдента. Для сравнения двух групп данных, распределение которых отличалось от нормального, применяли W-критерий Уилкоксона для зависимых выборок и U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок. Различия считались статистически значимыми при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты экспериментального исследования подтвердили биосовместимость и остеоинтеграцию разработанных титановых минипластин с биомодифицированной поверхностью.

Анализ крови кроликов перед операцией во всех пяти группах не показал превышение нормальных значений показателей крови. В первый день после операции возрос уровень лейкоци-

**Рис. 4** Контрольная ортопантограмма после проведения остеосинтеза нижней челюсти



тов и СОЭ, причём наиболее сильно у кроликов, которым была имплантирована стандартная титановая минипластина ( $p < 0,05$ ). Колебания в первых четырёх группах были статистически незначительными ( $p > 0,05$ ). Процентное соотношение лимфоцитов не выходило за границы нормы. Через трое суток после операции отмечается снижение уровня лейкоцитов и СОЭ, увеличение количества лимфоцитов у всех кроликов (табл. 2). В исследуемой группе кроликов, где имплантировалась стандартная минипластина, снижение числа лейкоцитов и СОЭ было незначительным (до  $12,45 \pm 0,58$  и  $9,92 \pm 0,16$  соответственно).

Оценка гемолитической активности сыворотки крови выявила, что Ig-T и Vlys в контрольных и опытных пробах существенно не отличались между собой ( $p > 0,05$ ) и не отличались от таких же параметров для исходной сыворотки ( $p > 0,05$ ) при регистрации суммарной активности комплемента. Не было обнаружено и существенных изменений функциональной активности С3 после инкубации сывороток с обработанными и необработанными фрагментами фиксаторов. В результате обработки сыворотки полисахаридом зимозаном не наблюдается дозозависимое и зависимое от времени увеличение Ig-T и уменьшение Vlys. На основе полученных данных можно утверждать, что титановые фиксаторы с модифицированной поверхностью не оказывают существенного влияния ни на суммарную активность комплемента, ни на функциональную активность С3 и являются иммунорезистентными.

Проведённый сравнительный анализ показывает, что имеются статистически значимые различия по уровню СОЭ и содержанию лейкоцитов и лимфоцитов у лабораторных животных (кроликов), которым были имплантированы разработанные титановые фиксаторы из порошкового и цельнолитого титана с нанесёнными покрытиями и стандартные титановые минипластины ( $p < 0,05$ ). Это доказывает тот факт, что разработанные титановые фиксаторы с нанесёнными покрытиями способствуют более быстрому стиханию воспаления.

Оценивая результаты внедрения титанового фиксатора на поверхность кости, лишённой надкостницы, можно говорить о том, что в ранние сроки после операции наблюдались поверхностный некроз костной ткани, связанный с оперативным вмешательством, и признаки затихающего реактивного воспаления. В волокнистой ткани вокруг фиксатора отмечались слабо выраженные признаки воспаления, стихавшего к четвёртой неделе, у части животных – раньше, к третьей неделе.

На поверхности кортикальной пластинки наблюдалась остеогенная активность – пролиферация остеобластов и синтез остеоида с последующим костеобразованием. В результате, через 9 недель у 18 животных (90 %) кортикальная пластинка была

**Таблица 2** Показатели крови кролика до и после установки титанового фиксатора

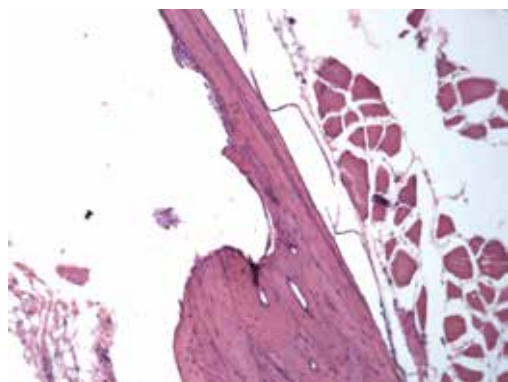
Вид фиксатора	До операции	I сутки	III сутки
<b>Лейкоциты (<math>\times 10^3/\mu\text{л}</math>)</b>			
ТФПТ+П1	8,95 $\pm$ 0,86	10,81 $\pm$ 0,52*	9,98 $\pm$ 0,21**
ТФПТ+П2	8,78 $\pm$ 0,88	10,69 $\pm$ 0,62*	10,01 $\pm$ 0,41**
ТФЦТ+П1	9,21 $\pm$ 0,75	10,91 $\pm$ 0,68	9,95 $\pm$ 0,54
ТФЦТ+П2	9,02 $\pm$ 0,65	10,95 $\pm$ 0,72	10,02 $\pm$ 0,15
Стандартная пластина	8,57 $\pm$ 0,79	14,02 $\pm$ 0,61*	12,45 $\pm$ 0,58**
<b>Лимфоциты (%)</b>			
ТФПТ+П1	41,1 $\pm$ 0,12	45,0 $\pm$ 0,02 <sup>+</sup>	51,1 $\pm$ 0,07 <sup>++</sup>
ТФПТ+П2	39,8 $\pm$ 0,17	42,3 $\pm$ 0,01 <sup>+</sup>	49,8 $\pm$ 0,15 <sup>++</sup>
ТФЦТ+П1	41,2 $\pm$ 0,09	42,9 $\pm$ 0,21 <sup>+</sup>	45,5 $\pm$ 0,11 <sup>++</sup>
ТФЦТ+П2	40,7 $\pm$ 0,07	41,9 $\pm$ 0,18	47,2 $\pm$ 0,12
Стандартная пластина	57,3 $\pm$ 0,16	68,2 $\pm$ 0,11 <sup>+</sup>	68,9 $\pm$ 0,04 <sup>++</sup>
<b>СОЭ (мм/ч)</b>			
ТФПТ+П1	1,84 $\pm$ 0,21	8,52 $\pm$ 0,61* <sup>+</sup>	7,05 $\pm$ 0,65* <sup>++</sup>
ТФПТ+П2	1,89 $\pm$ 0,34	8,56 $\pm$ 0,85* <sup>+</sup>	7,15 $\pm$ 0,45* <sup>++</sup>
ТФЦТ+П1	2,01 $\pm$ 0,54	8,99 $\pm$ 0,54* <sup>+</sup>	6,86 $\pm$ 0,67* <sup>++</sup>
ТФЦТ+П2	1,98 $\pm$ 0,42	7,95 $\pm$ 0,67* <sup>+</sup>	6,88 $\pm$ 0,65
Стандартная пластина	1,91 $\pm$ 0,38	10,25 $\pm$ 0,31* <sup>+</sup>	9,92 $\pm$ 0,16* <sup>++</sup>

**Примечания:** ТФПТ+П1 – титановый фиксатор, изготовленный из порошкового титана с нанесённым покрытием № 1; ТФПТ+П2 – титановый фиксатор, изготовленный из порошкового титана с нанесённым покрытием № 2; ТФЦТ+П1 – титановый фиксатор, изготовленный из цельнолитого титана с нанесённым покрытием № 1; ТФЦТ+П2 – титановый фиксатор, изготовленный из цельнолитого титана с нанесённым покрытием № 2; \* –  $p < 0,05$  по отношению к титановым фиксаторам, изготовленным из порошкового и цельнолитого титана с нанесёнными покрытиями на сроке наблюдения 1 сутки для лейкоцитов; \*\* –  $p < 0,05$  – то же самое на сроке наблюдения 3 суток для лейкоцитов; + –  $p < 0,05$  – то же самое на сроке наблюдения 1 сутки для лимфоцитов; ++ –  $p < 0,05$  – то же самое на сроке наблюдения 3 суток для лимфоцитов; \*<sup>+</sup> –  $p < 0,05$  – то же самое на сроке наблюдения 1 сутки для СОЭ; \*\*<sup>+</sup> –  $p < 0,05$  – то же самое на сроке наблюдения 3 суток для СОЭ

представлена зрелой пластинчатой костью, неодинаковой по толщине (рис. 5).

У двух животных (10%) на сроке 4 недель и у одного – через 9 недель – в фиброзной капсуле были отмечены частицы инородного материала в волокнистой ткани окружающей капсулы, по-видимому, частицы металла или оксидов, без клеточной реакции. В прилежащей мышце в конце эксперимента наблюдались слабо выраженные явления фибрирования эндо- и перимизия. В окружающей фиброзной капсуле на всех сроках наблюдения отсутствовали признаки отторжения титанового фиксатора.

Проводя сравнительный анализ данных микробиологического исследования (табл. 3), можно увидеть, что зона пода-



**Рис. 5** Неравномерное истончение кортикальной пластинки. Окраска гематоксилином и эозином, ув.  $\times 200$

вления роста *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Bacteroides spp.*, *Peptostreptococcus spp.* и *Fusobacterium spp.* значительно больше по диаметру и более пролонгирована по времени у титановых фиксаторов, на которые нанесено покрытие, изготовленное по патенту № 2463066. Имеются статистически значимые различия между зонами подавления роста между титановыми фиксаторами с нанесёнными покрытиями по патентам № 2463066 и № 5410092 ( $p < 0,05$ ).

Несмотря на это, зона подавления роста микроорганизмов во втором случае так же велика. Таким образом, к использованию в клинической практике в наибольшей степени можно рекомендовать титановые фиксаторы, изготовленные из цельнолитого титана с нанесённым покрытием № 2 (Патент № 2463066).

Среди изученных титановых минипластин с нанесённым покрытием в наибольшей мере требованиям, предъявляемым к материалам, применяемым для металлоостеосинтеза нижней челюсти, отвечают фиксаторы, изготовленные из цельнолитого титана с лазерно-обработанной поверхностью. Целесообразность использования лазерно-обработанных поверхностей титановых фиксаторов также было освещена в работе Cook SD, Dalton JE [9]. Титановые фиксаторы с лазерно-обработанной поверхностью не только надёжно фиксируют отломки нижней челюсти, но и за счёт нанесённого на поверхность биологически модифицированного полимерного покрытия, оказывают антисептический эффект в послеоперационной ране. Результаты экспериментальных исследований на животных явились фактором для апробации этих титановых фиксаторов в клинической практике.



**Таблица 3** Показатели противомикробной активности разработанных титановых фиксаторов

Вид фиксатора	Диаметр зоны угнетения роста микроорганизмов, мм				
	I	II	III	IV	V
Время экспозиции, сутки					
<b>Staphylococcus aureus</b>					
ТФПТ+П1	20±0,02	17±0,04	17±0,02	17±0,04	15±0,03
ТФПТ+П2	21±0,03*	19±0,04*	19±0,04*	18±0,03*	16±0,04*
ТФЦТ+П1	20±0,03	18±0,04	18±0,02	16±0,02	15±0,02
ТФЦТ+П2	21±0,04**	20±0,04**	19±0,03**	17±0,03**	16±0,04**
<b>Candida albicans</b>					
ТФПТ+П1	20±0,04	19±0,02	18±0,04	17±0,04	14±0,02
ТФПТ+П2	21±0,03#	20±0,03#	19±0,02#	18±0,02#	16±0,04#
ТФЦТ+П1	21±0,03	19±0,02	17±0,03	16±0,02	15±0,02
ТФЦТ+П2	22±0,02#	20±0,04#	19±0,04#	18±0,03#	16±0,02#
<b>Bacteroides spp.</b>					
ТФПТ+П1	18±0,02	15±0,03	15±0,02	14±0,03	11±0,02
ТФПТ+П2	21±0,02*#	20±0,02*#	19±0,04*#	16±0,02*#	14±0,04*#
ТФЦТ+П1	19±0,03	15±0,03	14±0,02	14±0,02	12±0,04
ТФЦТ+П2	21±0,04*#	19±0,04*#	17±0,02*#	16±0,02*#	13±0,04*#
<b>Peptostreptococcus spp.</b>					
ТФПТ+П1	16±0,02	15±0,03	14±0,03	12±0,03	10±0,02
ТФПТ+П2	21±0,04#*	20±0,02#*	19±0,02#*	18±0,02#*	15±0,04#*
ТФЦТ+П1	17±0,02	14±0,02	13±0,02	12±0,04	11±0,02
ТФЦТ+П2	20±0,03#**	19±0,02#**	18±0,04#**	15±0,04#**	13±0,04#**
<b>Fusobacterium spp.</b>					
ТФПТ+П1	17±0,03	17±0,03	15±0,02	14±0,02	12±0,02
ТФПТ+П2	20±0,04*#*	19±0,02*#*	16±0,02*#*	15±0,04*#*	13±0,04*#*
ТФЦТ+П1	18±0,02	17±0,04	16±0,02	14±0,02	13±0,02
ТФЦТ+П2	19±0,043*#*	18±0,04*#*	17±0,03*#*	16±0,04*#*	15±0,02*#*

Примечания: ТФПТ+П1 – титановый фиксатор, изготовленный из порошкового титана с нанесённым покрытием № 1; ТФПТ+П2 – титановый фиксатор, изготовленный из порошкового титана с нанесённым покрытием № 2; ТФЦТ+П1 – титановый фиксатор, изготовленный из цельнолитого титана с нанесённым покрытием № 1; ТФЦТ+П2 – титановый фиксатор, изготовленный из цельнолитого титана с нанесённым покрытием № 2; \* –  $p < 0,05$  по отношению к ТФПТ+П1 на том же сроке наблюдения для *Staphylococcus aureus*; \*\* –  $p < 0,05$  – по отношению к ТФЦТ+П1 на том же сроке наблюдения для *Staphylococcus aureus*; # –  $p < 0,05$  – по отношению к ТФПТ+П1 на том же сроке наблюдения для *Candida albicans*; \*# –  $p < 0,05$  – по отношению к ТФПТ+П1 на том же сроке наблюдения для *Bacteroides spp.*; \*## –  $p < 0,05$  – по отношению к ТФЦТ+П1 на том же сроке наблюдения для *Bacteroides spp.*; \*#\* –  $p < 0,05$  – по отношению к ТФПТ+П1 на том же сроке наблюдения для *Peptostreptococcus spp.*; \*##\* –  $p < 0,05$  – по отношению к ТФЦТ+П1 на том же сроке наблюдения для *Peptostreptococcus spp.*; \*#\*# –  $p < 0,05$  – по отношению к ТФПТ+П1 на том же сроке наблюдения для *Fusobacterium spp.*; \*#\*#\* –  $p < 0,05$  – по отношению к ТФЦТ+П1 на том же сроке наблюдения для *Fusobacterium spp.*

Послеоперационный период у большинства больных (13 человек, 92,9%) протекал без осложнений. При использовании одного титанового фиксатора с биологически модифицированной поверхностью фиксация отломков нижней челюсти оценивалась как удовлетворительная, в связи с чем, необходимости в использовании второй конструкции не было. Такого же мнения и Alpert B et al [4], которые отмечают, что использование одной титановой минипластины вместо двух значительно снижает риск возникновения осложнений в виде острого воспаления в ране.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ данных, полученных в результате исследования разработанных титановых фиксаторов, продемонстрировал их биосовместимость и выраженный противомикробный эффект. При клиническом использовании разработанных титановых фиксаторов отломки нижней челюсти точно фиксируются, удерживаются в правильном физиологическом положении до окончательной консолидации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Левенец АА, Горбач НА, Фокас НН. Челюстно-лицевой травматизм как социальная, экономическая и медицинская проблема. *Сибирское медицинское обозрение*. 2013;80(2):13-8.
2. Лепилин АВ, Бахтеева ГР, Ноздрачев ВГ. Клинико-статистический анализ травматических повреждений челюстно-лицевой области и их осложнений по материалам работы отделения челюстно-лицевой хирургии за 2008-2012 гг. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2013;9(3):425-8.

## REFERENCES

1. Levenets AA, Gorbach NA, Fokas NN. Chelyustno-litsevoy travmatizm kak sotsialnaya, ekonomicheskaya i medicinskaya problema [Maxillofacial injuries as a social, economic and medical problem]. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie*. 2013;80(2):13-8.
2. Lepilin AV, Bakhteeva GR, Nozdrachyov VG. Kliniko-statisticheskiy analiz travmaticheskikh povrezhdeniy chelyustno-litsevoy oblasti i ikh oslozhneniy po materialam raboty otdeleniya chelyustno-litsevoi khirurgii za 2008-2012

3. Самуткина МГ. Анализ современной эпидемиологической картины переломов нижней челюсти (по материалам клиники челюстно-лицевой хирургии Самарского государственного медицинского университета). *Врач-аспирант*. 2013;60(5.3):451-7.
4. Alpert B, Engelstad M, Kushner GM. Invited review: Small versus large plate fixation of mandibular fractures. *Journal Craniomaxillofacial Trauma*. 2013;3(5):33-9.
5. Сидельников АИ. Сравнительная характеристика материалов группы титана, используемых в производстве современных дентальных имплантатов. *Инфо-Дент*. 2000;5:10-2.
6. Байриков ИМ, Имбрыков КВ, Савельев АЛ, Самуткина МГ, Фишер ИИ. Реабилитация больных с травматической болезнью при переломах нижней челюсти. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2011;1:65-6.
7. Омарбаев ТЖ, Кожакхметов ОА, Мысаев АО. История развития пластин для накостного остеосинтеза. *Наука и здравоохранение*. 2012;2:70-3.
8. Купп ЛИ. Поверхности имплантатов и костеобразование. *Новое в стоматологии*. 2001;9:85-7.
9. Cook SD, Dalton JE. Biocompatibility and biofunctionality of implanted materials. *Journal Alpha Omega*. 2017;85(4):41-7.
10. Сафаров СА, Щербовских АЕ, Петров ЮВ, Байриков ИМ. Клинико-функциональное обоснование использования внутрикостных фиксаторов, покрытых композиционными материалами, для остеосинтеза переломов нижней челюсти. *Казанский медицинский журнал*. 2014;95(2):219-23.
11. Коротких НГ, Бугримов ДЮ, Ларина ОЕ, Степанов ИВ, Станислав ИН. Применение титановых конструкций с наноструктурным биопокрытием в комплексном лечении переломов нижней челюсти. *Российский стоматологический журнал*. 2012;3:16-8.
12. Хасанов РА, Добжанский АВ, Батыршин ИА. Опыт применения кортикальных фиксирующих винтов в лечении переломов нижней челюсти. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2013;6:202-3.
13. Маланчук ВА, Астапенко ЕА. О целесообразности применения биорезорбируемых фиксаторов для остеосинтеза при переломах нижней челюсти. *Вісник проблем біології і медицини*. 2013;2:168-71.
14. Соловьёв ММ, Криволюцкая ЕГ, Матина ВН, Дунаевская НА, Карпищенко СА, Лавренова ГВ, и др. *Плёнообразующее антисептическое средство для лечения гнойно-воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области*. Патент Российской Федерации № 2410092. 08.09.2009.
15. Ярёмченко АИ, Карпищенко СА, Авхутская ГС, Лавренова ГВ, Матина ВН, Кравцова ИА, и др. *Фармакологическая антимикробная композиция пролонгированного действия*. Патент Российской Федерации № 2463066. 19.08.2011.
- gg. [Clinical and statistical analysis of traumatic injuries of the maxillofacial region and their complications based on the materials of the Department of Maxillofacial Surgery for 2008-2012]. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal*. 2013;9(3):425-8.
3. Samutkina MG. Analiz sovremennoy epidemiologicheskoy kartiny perelomov nizhney chelyusti (po materialam kliniki chelyustno-litsevoy khirurgii Samar-skogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta) [Analysis of the current epidemiological picture of mandibular fractures (based on the materials of the maxillofacial surgery clinic of the Samara State Medical University)]. *Vrach-aspirant*. 2013;60(5.3):451-7.
4. Alpert B, Engelstad M, Kushner GM. Invited review: small versus large plate fixation of mandibular fractures. *Journal Craniomaxillofacial Trauma*. 2013;3(5):33-9.
5. Sidelnikov AI. Sravnitel'naya kharakteristika materialov gruppy titana, ispol'zuemykh v proizvodstve sovremennykh dental'nykh implantatov [Comparative characteristics of titanium group materials used in the production of modern dental implants]. *Info-Dent*. 2000;5:10-2.
6. Bayrikov IM, Imbryakov KV, Saveliev AL, Samutkina MG, Fisher II. Reabilitatsiya bol'nykh s travmaticheskoy bolezn'yu pri perelomakh nizhney chelyusti [Rehabilitation of patients with traumatic disease in case of mandibular fractures]. *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii*. 2011;1:65-6.
7. Omarbaev TZ, Kozhakhmetov OA, Mysaev AO. Istoriya razvitiya plastin dlya nakostnogo osteosinteza [The history of the development of plates for bone osteosynthesis]. *Nauka i zdravoookhranenie*. 2012;2:70-3.
8. Kupp LI. Poverkhnosti implantatov i kosteobrazovanie [Implant surfaces and bone formation]. *Novoe v stomatologii*. 2001;9:85-7.
9. Cook SD, Dalton JE. Biocompatibility and biofunctionality of implanted materials. *Journal Alpha Omega*. 2017;85(4):41-7.
10. Safarov SA, Shcherbovskikh AE, Petrov YuV, Bayrikov IM. Kliniko-funktsional'noe obosnovanie ispol'zovaniya vnutrikostnykh fiksatorov, pokrytykh kompozitsionnymi materialami, dlya osteosinteza perelomov nizhney chelyusti [Clinical and functional rationale for the use of intraosseous fixators covered with composite materials for osteosynthesis of mandibular fractures]. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2014;95(2):219-23.
11. Korotkikh NG, Bugrimov DYU, Larina OE, Stepanov IV, Stanislav IN. Primene-nie titanovykh konstruksiy s nanostrukturnym biopokrytiem v kompleksnom lechenii perelomov nizhney chelyusti [The use of titanium structures with nanostructured biocoating in the complex treatment of mandibular fractures]. *Rossiyskiy stomatologicheskii zhurnal*. 2012;3:16-8.
12. Khasanov RA, Dobzhanskiy AV, Bатыrshin IA. Opyt primeneniya kortikal'nykh fiksiruyushchikh vintov v lechenii perelomov nizhney chelyusti [Experience in the use of cortical fixing screws in the treatment of mandibular fractures]. *Meditsinskiy vestnik Bashkortostana*. 2013;6:202-3.
13. Malanchuk VA, Astapenko EA. O tselesoobraznosti primeneniya biorezorbiruemykh fiksatorov dlya osteosinteza pri perelomakh nizhney chelyusti [On the feasibility of using bioresorbable fixators for osteosynthesis in mandibular fractures]. *Visnik problem biologii i meditsini*. 2013;2:168-71.
14. Solovyov MM, Krivolutskaya EG, Matina VN, Dunayevskaya NA, Karpishchenko SA, Lavrenova GV, i dr. *Plyonkoobrazuyushchee antisepticheskoe sredstvo dlya lecheniya gnoyno-vospalitel'nykh zabolevaniy chelyustno-litsevoy oblasti* [Film-forming antiseptic for the treatment of purulent-inflammatory diseases of the maxillofacial region]. Patent Rossiyskoy Federatsii № 2410092. 08.09.2009.
15. Yaryomenko AI, Karpishchenko SA, Avkhutskaya GS, Lavrenova GV, Matina VN, Kravtsova IA, i dr. *Farmakologicheskaya antimikrobnaya kompozitsiya prolongirovannogo deystviya* [Pharmacological antimicrobial composition of prolonged action]. Patent Rossiyskoy Federatsii № 2463066. 19.08.2011.

## И СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Ярёмченко Андрей Ильич**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой стоматологии хирургической и челюстно-лицевой хирургии, Первый Санкт-Петербургский медицинский университет им. акад. И.П. Павлова  
 Researcher ID: Q-6840-2018  
 Scopus ID: 57192215862

## И AUTHOR INFORMATION

**Yaryomenko Andrey Ilyich**, Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Head of the Department of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University  
 Researcher ID: Q-6840-2018  
 Scopus ID: 57192215862  
 ORCID ID: 0000-0002-7700-7724

ORCID ID: 0000-0002-7700-7724  
SPIN-код: 7903-8540  
Author ID: 94972  
E-mail: ayaremenko@me.com

**Старковский Константин Игоревич**, заместитель главного врача по медицинской части, Стоматологическая поликлиника № 9; аспирант кафедры стоматологии хирургической и челюстно-лицевой хирургии, Первый Санкт-Петербургский медицинский университет им. акад. И.П. Павлова

ORCID ID: 0000-0002-0210-0553  
SPIN-код: 4364-7868  
Author ID: 1093251  
E-mail: persicorum@mail.ru

**Рубежов Александр Леонидович**, главный врач, Стоматологическая поликлиника № 9; доцент кафедры стоматологии общей практики, Северо-западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова

Researcher ID: O-3929-2015  
ORCID ID: 0000-0002-0227-7869  
SPIN-код: 6291-5135  
Author ID: 422976  
E-mail: rubezhov68@mail.ru

**Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов**

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получили

**Конфликт интересов:** отсутствует

 АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

**Старковский Константин Игоревич**

заместитель главного врача по медицинской части, Стоматологическая поликлиника № 9; аспирант кафедры стоматологии хирургической и челюстно-лицевой хирургии, Первый Санкт-Петербургский медицинский университет им. акад. И.П. Павлова

191028, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Чайковского, д. 27  
Тел.: +7 (906) 2569188  
E-mail: persicorum@mail.ru

**ВКЛАД АВТОРОВ**

Разработка концепции и дизайна исследования: ЯАИ, РАЛ  
Сбор материала: СКИ  
Статистическая обработка данных: СКИ  
Анализ полученных данных: СКИ  
Подготовка текста: ЯАИ, СКИ, РАЛ  
Редактирование: ЯАИ, РАЛ  
Общая ответственность: СКИ

*Поступила* 10.12.2020  
*Принята в печать* 29.03.2021

SPIN-код: 7903-8540  
Author ID: 94972  
E-mail: ayaremenko@me.com

**Starkovskiy Konstantin Igorevich**, Deputy Chief Physician for Medical Affairs, Dental Clinic № 9; Postgraduate Student of the Department of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University

ORCID ID: 0000-0002-0210-0553  
SPIN-код: 4364-7868  
Author ID: 1093251  
E-mail: persicorum@mail.ru

**Rubezhov Aleksandr Leonidovich**, Chief Physician Dental Clinic № 9; Associate Professor of the Department of Dentistry of General Practice, Mechnikov North-West State Medical University

Researcher ID: O-3929-2015  
ORCID ID: 0000-0002-0227-7869  
SPIN-код: 6291-5135  
Author ID: 422976  
E-mail: rubezhov68@mail.ru

**Information about the source of support in the form of grants, equipment, and drugs**

The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

**Conflicts of interest:** The authors have no conflicts of interest

 ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

**Starkovskiy Konstantin Igorevich**

Deputy Chief Physician for Medical Affairs, Dental Clinic № 9; Postgraduate Student of the Department of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University

191028, Russian Federation, Saint-Petersburg, Chaykovskogo Str., 27  
Tel.: +7 (906) 2569188  
E-mail: persicorum@mail.ru

**AUTHOR CONTRIBUTIONS**

Conception and design: YaAI, RAL  
Data collection: SKI  
Statistical analysis: SKI  
Analysis and interpretation: SKI  
Writing the article: YaAI, SKI, RAL  
Critical revision of the article: YaAI, RAL  
Overall responsibility: SKI

*Submitted* 10.12.2020  
*Accepted* 29.03.2021