



## ПРИМЕНЕНИЕ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ ЧРЕСКОЖНЫХ ИМПЛАНТАТОВ

Е.Н. ОВЧИННИКОВ, М.В. СТОГОВ, А.А. ЕМАНОВ, В.П. КУЗНЕЦОВ, Е.А. КИРЕЕВА

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава РФ, ул. М. Ульяновой, 6, Курган, 640014, Россия

**Аннотация.** *Цель исследования* – оценка возможности стимулирования остеоинтеграции чрескожных имплантатов постоянным электрическим током для оптимизации одноэтапной технологии их интеграции в условиях применения системы внешней фиксации. *Материалы и методы исследования.* Исследование выполнено на 20 кроликах самцах породы шиншилла. Всем кроликам в культю большеберцовой кости устанавливали имплантат для протезирования культей трубчатых костей. Дополнительно на кость на 6 недель устанавливалось удерживающее компрессионное устройство. После имплантации животные были разделены на 3 группы: группа 1 ( $n=8$ ) – животным после имплантации дополнительных воздействий не оказывали; группа 2 ( $n=6$ ) – животным на 7-е сутки после имплантации на имплантат подавали постоянный электрический ток силой 150 мкА, длительностью 1 минута в объеме 7 сеансов через день; в группе 3 ( $n=6$ ) – животным на 14-е сутки после имплантации на имплантат подавали постоянный электрический ток силой 150 мкА, длительностью 1 минута, в объеме 7 сеансов через день. Электроды фиксировали на имплантате (катод) и на проксимальной спице удерживающего устройства (анод). Длительность наблюдения составила 26 недель. *Результаты и их обсуждение.* Обнаружено, что на 7-8-й неделе после имплантации отмечалось выпадение имплантата у 4 из 8 животных группы 1; у 3 из 6 – в группе 2; у 1 из 6 – в группе 3. У животных группы 2 отмечены более высокие значения ( $p<0,05$ ) активности щелочной фосфатазы (маркер остеогенеза) относительно значений группы 1 и 3. Активность костного изофермента кислой фосфатазы (маркер остеолиза) была статистически значимо ниже у кроликов группы 3 относительно животных групп 1 и 2. *Заключение.* Применение постоянного электрического тока способствует повышению остеоинтеграции чрескожных имплантатов при параметрах сила тока в 150 мкА, длительностью 7 сеансов в течение одной минуты через день и начале воздействия на 14-е сутки после имплантации.

**Ключевые слова:** остеоинтеграция, чрескожные имплантаты, протезирование, постоянный электрический ток.

## APPLICATION OF DIRECT ELECTRICAL CURRENT FOR STIMULATION OF OSSEOINTEGRATION IN PERCUTANEOUS IMPLANTS

E.N. OVCHINNIKOV, M.V. STOGOV, A.A. EMANOV, V.P. KUZNETSOV, E.A. KIREEVA

Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after Academician G.A. Ilizarov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 6 M. Ulyanova St., Kurgan, 640014, Russia

**Abstract.** *Purpose of the study* was to evaluate the possibility of stimulating osseointegration of percutaneous implants using direct electrical current to optimize the one-stage integration technology under external fixation conditions. *Materials and Methods.* The study was conducted on 20 male Chinchilla rabbits. All animals received an implant in the tibial stump for prosthetic replacement of tubular bone stumps. Additionally, a retaining compression device was applied to the bone for six weeks. After implantation, the animals were divided into three groups: Group 1 ( $n=8$ ) received no additional interventions after implantation; In Group 2 ( $n=6$ ), starting on the 7th day after implantation, animals received direct electrical current stimulation of 150  $\mu$ A for 1 minute, with a total of 7 sessions every other day; in Group 3 ( $n=6$ ), starting on the 14th day after implantation, animals received direct electrical current stimulation of 150  $\mu$ A for 1 minute, with a total of 7 sessions every other day. Electrodes were fixed on the implant (cathode) and the proximal wire of the retaining device (anode). The observation period lasted 26 weeks. *Results and Discussion.* It was found that implant loss occurred in 4 out of 8 animals in Group 1, 3 out of 6 in Group 2, and 1 out of 6 in Group 3 by weeks 7–8 after implantation. Group 2 animals showed significantly higher ( $p<0.05$ ) alkaline phosphatase activity (which is a marker of osteogenesis) compared to Groups 1 and 3. Bone isoenzyme activity of acid phosphatase (which is a marker of osteolysis) was significantly lower in Group 3 compared to Groups 1 and 2. *Conclusion.* The application of direct electrical cur-

rent enhances osseointegration of percutaneous implants under the following conditions: current strength of 150  $\mu$ A, duration of 1 minute per session, 7 sessions every other day, and initiation of stimulation on the 14th day after implantation.

**Keywords:** osseointegration, percutaneous implants, prosthetics, direct electrical current.

**Введение.** Современные системы чрескожного остеointеграционного протезирования являются новым методом лечения пациентов с потерей конечностей и, как правило, представляют собой двухэтапную технологию [6, 7]. Переход на одноэтапную технологию позволяет повысить эффективность и безопасность данного метода, но требует ряд мероприятий, направленных на оптимизацию процесса остеointеграции. В этом направлении ранее нами было показано, что эффективная остеointеграция чрескожных имплантатов при одноэтапной процедуре может достигаться за счёт применения дополнительных фиксирующих имплантат устройств в совокупности с возможностью этих устройств обеспечивать механическую компрессию имплантата [1]. Однако, обеспечение таких биомеханических условий оказалось недостаточным для оптимальной интеграции имплантатов в условиях одноэтапности процесса. Поэтому необходимым для разработки дополнительных технологий стимулирующих процесс остеointеграции чрескожных имплантатов. В этом плане перспективным на наш взгляд является прием стимуляции остеointеграции путем воздействия через сам имплантат постоянным электрическим током [5]. Возникающая при этом поляризация имплантатов может усиливать пролиферацию и дифференцировку остеобластов, продукцию остеокальцина, остеопоггерина и других факторов роста [4]. В этом плане использование электропроводящей основы системы имплантат-удерживающее устройство может являться основой для развития нового варианта локализованной доставки электрической стимуляции к месту регенерации кости [2, 3].

**Цель исследования** – оценка возможности стимулирования остеointеграции чрескожных имплантатов постоянным электрическим током для оптимизации одноэтапной технологии их интеграции в условиях применения системы внешней фиксации.

**Материалы и методы исследования.** Исследование выполнено на 20 кроликах самцах породы шиншилла (возраст 6-10 месяцев, средний вес  $3,2 \pm 0,3$  кг). Всем кроликам производили остеотомию большеберцовой кости на границе верхней и средней трети с последующей установкой оригинального имплантата (патент на полезную модель №152558) (рис. 1 в). Дополнительно на кость устанавливали компрессионное устройство (патент № 185647) (рис. 1 а, б). Кость в устройстве подвергалась компрессионной нагрузке в 3,5Н в течение 6 недель, после чего компрессионное устройство демонтировали. Имплантат изготавливали из нержавеющей стали марки *EOS PHI* методом селективного лазерного сплавления на 3D принтере *EOS EOSINT M 280* (Германия). Все изделия перед применением проходили стерилизационную обработку в сухо-жировом шкафу.

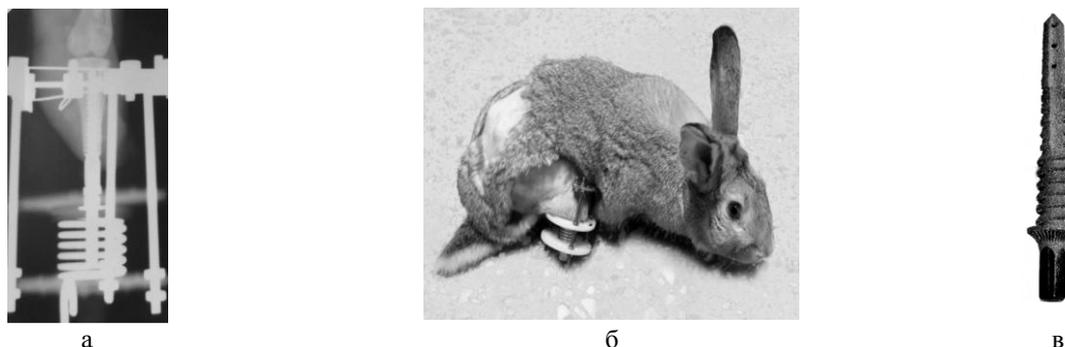


Рис. 1. Рентгенограмма установленного имплантата в устройстве внешней фиксации с компрессионным нагружением (а), внешний вид кролика (б), имплантат (в)

После имплантации животные были разделены на 3 группы: группа 1 (контроль,  $n=8$ ) – животным данной группы после имплантации дополнительных воздействий не оказывали; группа 2 ( $n=6$ ) – животным на 7-е сутки после имплантации на имплантат подавали постоянный электрический ток силой 150  $\mu$ кА, длительностью 1 минута. Выполнено 7 сеансов электростимуляции (7, 9, 11, 13, 15, 17, 19-е сутки после имплантации); в группе 3 ( $n=6$ ) – животным на 14-е сутки после имплантации на имплантат подавали постоянный электрический ток силой 150  $\mu$ кА, длительностью 1 минута. Всего выполнено 7 сеансов (14, 16, 18, 20, 22, 24, 26-е сутки после имплантации). Электроды фиксировали на имплантате (катод) и на проксимальной спице удерживающего устройства (анод).

В ходе исследования животные содержались в виварии ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова». Кроликов содержали в клетках по одному животному. Все клетки были оборудованы емкостями для

корма и воды. В качестве подстилки использовали опилки хвойных пород деревьев. Клетки подвергали ежедневной влажной уборке. Корм выдавался один раз в день, чистая питьевая вода – без ограничений. Наблюдения за животными осуществляли ежедневно. Перед поступлением в эксперимент кролики проходили карантин в течение 21 суток. Длительность наблюдения составила 26 недель.

Исследование проведено при соблюдении принципов гуманного обращения с лабораторными животными в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целей и Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях. До начала исследования было получено одобрение локального этического комитета (протокол № 1 (71) от 28.04.2022).

Для оценки приживаемости имплантатов выполняли комплекс рентгенологических и лабораторных исследований. Для рентгенографии использовался рентгеновский аппарат «Compact», (Милан, Италия). Сила тока составляла 60 мА, напряжение 57-69 кV, время экспозиции – 0,4-0,6 сек. Параметры работы аппарата зависели от конституции животного. Рентгенографию конечности кролика выполняли в прямой и боковой проекции. Рентгенографию в период проводили до и после оперативного вмешательства, на 21, 42, 84, 105 180 сутки после операции.

Лабораторные исследования включали гематологический и биохимический анализ крови. Биохимические исследования включали определение в сыворотке крови концентрации мочевины, креатинина, глюкозы, общего кальция, неорганического фосфата, калия, натрия, хлоридов, а также определение активности щелочной фосфатазы (ЩФ) и тартратрезистентного (костного) изофермента кислой фосфатазы (ТрКФ), аминотрансфераз (АЛТ, АСТ). Биохимические исследования выполнены на автоматическом биохимическом анализаторе Hitachi/ВМ 902 (F.Hoffmann-La Roche Ltd., Италия), используя наборы реагентов Витал Диагностикс (Россия), БиоСистемс (Испания). Гематологические исследования выполнены на автоматическом анализаторе ProCyte Dx (IDEXX Lab, Нидерланды).

Результаты в табл. 2 представлены в виде медианы, 1-3 квартиля (Me, Q1-Q3). Процедуру статистической оценки значимости отличий показателей на сроках эксперимента с дооперационными значениями проводили с использованием W-критерия Вилкоксона. Достоверность межгрупповых различий оценивали с помощью непараметрического H-критерия Крускала-Уоллиса. Минимальный уровень значимости (p) принимали равным 0,05.

**Результаты и их обсуждение.** Клиническое состояние кроликов всех групп в постимплантационный период было удовлетворительным. В первые трое суток у всех животных выявляли отеки в области культи, отмечалось снижение аппетита. Опорная функция конечности у всех животных восстанавливалась на 4-5-е сутки после операции и далее присутствовала у всех животных на всем протяжении наблюдения. Гибели животных вне плана не было.

На 3-й неделе после имплантации у четырех животных группы 1 и трех животных группы 2 отмечалось воспаление вокруг мягких тканей, в третьей группе – лишь в одном случае. Лейкоцитоз отмечен у трёх животных группы 1 и по одному случаю у животных групп 2 и 3. Воспаление во всех случаях купировалось путём обработки имплантата антисептическими средствами.

В течение 7-14 дней после демонтажа удерживающего устройства (7-8-я неделя после имплантации) отмечено выпадение имплантата у 4 (50%) животных группы 1; у 3 (50%) группы 2; у одного кролика (17%) группы 3 (табл. 1). У остальных животных имплантаты сохранялись до конца периода наблюдения.

Таблица 1

**Выживаемость (количество протезов/количество животных; частота выживаемости) имплантатов у кроликов на сроках эксперимента**

Группа	3 недели	6 недель	12 недель	20 недель	26 недель
1	8/8; 1,0	8/8; 1,0	4/8; 0,50	4/8; 0,50	4/8; 0,50
2	6/6; 1,0	6/6; 1,0	3/6; 0,50	3/6; 0,50	3/6; 0,50
3	6/6; 1,0	6/6; 1,0	5/6; 0,83	5/6; 0,83	5/6; 0,83

По данным рентгенографии у животных группы 1 через 6 недель после имплантации в большинстве случаев отмечалась резорбция кости в периимплантном пространстве, лизис костной ткани в области дистального отдела. Во второй группе в половине случаев (3 животных) отмечалась аналогичная картина, как и в первой группе. В третьей группе на этом сроке эксперимента в большинстве случаев визуализировались первые рентгенологические признаки остеоинтеграции, незначительные гомогенные тени в проекции костномозгового канала в проксимальном отделе.

Через 12 недель после имплантации у всех 4 животных группы 1 имплантат был стабилен, отмеча-

лась частичная резорбция возле имплантата с незначительной его миграцией (рис. 2 а). Во второй группе у всех трех животных отмечалась интеграция на всем протяжении имплантата (рис. 2 б). В группе 3 в двух случаях визуализировали отсутствие резорбции в дистальном отделе с полной органотипической перестройкой переимплантного пространства (рис. 2 в), в 3-х случаях рентгенологическая картина была аналогична картине животных группы 2.

На 26-й неделе после имплантации у животных первой и второй группы в 3-х случаях и у 5-ти животных третьей группы отмечалось полная органотипическая перестройка кости возле имплантата. Таким образом, рентгенологическая картина выявила наиболее выраженные признаки остеоинтеграции у кроликов группы 3 по сравнению с другими группами, особенно по отношению к группе 1. У животных второй группы рентгенологическая картина на всех этапах эксперимента определялась как признаками наличия стабильности, так и наоборот – их отсутствием.



Рис. 2. Рентгенологическая картина у кроликов через 12 недель после имплантации: а) группа 1; б) группа 2; в) группа 3

Таблица 2

**Изменение активности фосфатаз и их соотношение в сыворотке крови кроликов на сроках (неделя) эксперимента, Me (Q1-Q3)**

Показатель	Гр.	0	4	6	12	26
ЩФ, Е/л	1	65 (45-74)	36 (31-45)*	49 (47-60)	48 (44-66)	52 (46-55)
	2	55 (43-69)	<u>57</u> (43-67)	52 (44-64)	46 (45-50)	54 (38-60)
	3	59 (53-70)	29 (27-32)*	46 (39-52)*	49 (48-52)*	40 (38-49)*
ТрКФ, Е/л	1	31 (24-38)	42 (32-50)*	32 (24-35)	24 (22-26)	32 (25-33)
	2	34 (28-40)	42 (41-48)*	34 (29-37)	29 (28-31)	27 (25-29)*
	3	31 (29-36)	47 (39-51)*	27 (25-31)	<u>17</u> (16-20)*	<u>21</u> (18-24)*
ЩФ/ ТрКФ	1	1,47 (1,30-1,80)	0,60* (0,51-0,94)	1,17 (0,94-1,65)	1,40 (1,19-1,80)	1,26 (1,01-1,57)
	2	1,35 (0,91-1,69)	<u>1,20</u> (0,96-1,47)	1,27 (1,01-1,61)	1,29 (0,94-1,45)	1,70* (1,45-2,25)
	3	1,45 (1,30-1,77)	0,54* (0,46-0,74)	1,34 (1,16-1,51)	<u>2,11*</u> (2,06-2,16)	1,63 (1,54-1,75)

Примечания: \* – различия с дооперационными (срок 0) значениями  $p < 0,05$ ; подчеркнуты межгрупповые различия показателей при  $p < 0,05$

Результаты исследования фосфатазной активности сыворотки крови показали статистически значимое снижение активности ЩФ относительно дооперационных значений у животных группы 1 и группы 3 (табл. 2). При этом у кроликов группы 1 снижение активности ЩФ отмечалось только на 4-й недели

после имплантации, тогда как у кроликов группы 3 сниженная активность ЩФ относительно исходных значений отмечена на всех сроках наблюдения. Активность ЩФ у животных группы 2 статистически значимо относительно исходных до операционных значений на сроках эксперимента не отличалась, однако, на 4-й неделе отмечены достоверные ( $p < 0,05$ ) отличия от животных групп 1 и 3.

Активность ТрКФ была статистически значимо повышена относительно дооперационных значений у животных всех групп на 4-й неделе после имплантации. У кроликов группы 3 на 12-й и 26-й неделе эксперимента отмечено снижение активности ТрКФ относительно исходных значений, в группе 2 – только на 26-й неделе. При этом активность ТрКФ у животных группы 3 также была статистически значимо ниже животных групп 2 и группы 1.

Оценивая динамику маркеров обмена костной ткани нужно отметить, что воздействие электрического тока оказывало разное влияние на обмен кости, зависящее от сроков применения воздействия. Так, применение электровоздействия с 7-х суток послеоперационного периода (группа 2), вероятно, вызывало активацию остеогенеза (отмечен рост ЩФ). Начало же применения электровоздействия через 14 суток после имплантации (группа 3), скорее всего, в большей степени ингибировало остеогенез (отмечено существенное снижение активности ТрКФ).

Для оценки изменений остеогенной и остеолитической активности в исследуемых группах нами был дополнительно рассчитано соотношение ЩФ/ТрКФ (табл. 2). Обнаружено изменение баланса в сторону резорбции (снижение ЩФ/ТрКФ) у животных группы 1 и группы 3 на 4-й неделе после имплантации. У животных группы 2 такого изменения в данный срок не наблюдалось. В последующие сроки наблюдения соотношение ЩФ/ТрКФ в группе 1 достоверно от исходных значений не отличалось, тогда как в группах 2 и 3 отмечалось повышение данного индекса относительно дооперационного уровня: в группе 2 – на 26-й неделе после операции, в группе 3 – на 12-й (при этом значения ЩФ/ТрКФ на данном сроке были значимо выше значений животных группы 1 и группы 2).

Последнее наблюдение подтверждает наличие отличий процессов остеогенеза/остеолиза в зависимости от сроков воздействия электрическим током. Так, воздействие на 7-е сутки после операции (группа 2) стимулировало остеогенез в ранние после имплантации сроки. В свою очередь использование электростимуляции с 14-х суток обнаруживало отсроченный эффект – существенное снижение остеолиза на 12-й и 26-й недели после имплантации.

Таким образом, в плане влияния на остеогенез режим применения тока на 7-е сутки после имплантации очевиден. Однако, если учитывать особенности экспериментальной модели, то применение тока на 14-е сутки может быть более оправданным. Это вызвано тем, что до 6-й недели интеграция и удержание имплантата поддерживалось за счет установленного фиксирующего устройства. Таким образом, после снятия удерживающего устройства остеоинтеграция должна обеспечиваться за счет костеобразования в зоне приживления, что и отмечалось в группе 3, правда, не напрямую, за счет стимулированного остеогенеза, а за счет ингибирования остеолиза.

Изменения других биохимических показателей сыворотки крови (креатинин, мочевины, глюкоза, АЛТ, АСТ, общий кальций и неорганический фосфат, калий, натрий, хлориды) у животных изученных групп достоверно относительно друг друга не изменялись. Эти данные также свидетельствуют об отсутствии выраженных местных и системных реакций, что говорит о приемлемой безопасности воздействия электрическим током в выбранных режимах.

Следовательно, комплекс выполненных исследований показывает, что применение электрического тока для улучшения остеоинтеграции чрескожных имплантатов оказывает положительное влияние на их приживление. При этом оптимальным выглядит применение электрического тока, в изученном режиме, начиная с 14-х суток после имплантации.

**Заключение.** Таким образом, применение постоянного электрического тока способствует повышению остеоинтеграции чрескожных имплантатов. Оптимальный режим применения постоянного электрического тока:

- сила тока 150 мкА;
- 7 сеансов длительностью 1 минута через день;
- начало воздействия на 14-е сутки после имплантации;
- электроды фиксируются на имплантате (катод) и на проксимальной спице удерживающего устройства (анод). Технология имеет приемлемую безопасность, серьезных нежелательных реакций и осложнений не обнаружено.

В целом разработанная технология стимуляции остеоинтеграции чрескожных имплантатов, на основе полученных данных по их эффективности и безопасности, может быть применима для задач протезирования культей мелких костей (пальцы кисти) и длинных костей конечности в условиях применения биомеханической системы внешней фиксации (удерживающее компрессионное устройство). Важно отметить, что применение данных разработок повышает эффективность одноэтапной технологии протезирования. Очевидно, что полученные результаты имеют ограничения в части объемов выборки экспериментальных животных. Ограничения в части экстраполяции результатов исследования для клинической

практики нами оценены как невысокие, т.к. использованные экспериментальные модели были приближены к модели клинического применения (одноэтапное протезирование) с достаточно длительным сроком последующего наблюдения.

### Литература

1. Выживаемость чрескожных имплантатов в условиях различной механической нагрузки на кость / А.А. Еманов [и др.] // Гений ортопедии. 2018. № 4. С. 500-506.
2. Овчинников Е.Н., Стогов М.В. Стимуляция остеогенеза постоянным электрическим током (обзор литературы). // Травматология и ортопедия России. 2019. № 3. С. 185-191.
3. Bioactive polymeric materials and electrical stimulation strategies for musculoskeletal tissue repair and regeneration / B. Ferrigno [et al.] // Bioact. Mater. 2020. Vol. 5. № 3. P. 468-485.
4. Electrical stimulation in bone tissue engineering treatments / L. Leppik [et al.] // Eur. J. Trauma Emerg. Surg. 2020. Vol. 46. № 2. P. 231-244.
5. Electrochemical methods to enhance osseointegrated prostheses / M.T. Ehrensberger [et al.] // Biomed. Eng. Lett. 2020. Vol. 10. № 1. P. 17-41.
6. Li Y., Felländer-Tsai L. The bone anchored prostheses for amputees - Historical development, current status, and future aspects // Biomaterials. 2021. Vol. 273. P. 120836.
7. Ontario Health (Quality). Osseointegrated prosthetic implants for people with lower-limb amputation: a health technology assessment // Ont. Health Technol. Assess Ser. 2019. Vol. 19. № 7. P. 1-126.

### References

1. Vyzhivaemost' chreskoznyh implantatov v usloviyah razlichnoj mekhanicheskoy nagruzki na kost' [Survival rate of percutaneous implants under conditions of various mechanical stress on the bone]/ AA. Emanov [i dr.]. Genij ortopedii. 2018;4:500-6. Russian.
2. Ovchinnikov EN, Stogov MV. Stimulyaciya osteogeneza postoyannym elektricheskim tokom (obzor literatury) [Stimulation of osteogenesis by direct electric current (literature review)]. Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2019;3:185-91. Russian.
3. Bioactive polymeric materials and electrical stimulation strategies for musculoskeletal tissue repair and regeneration / B. Ferrigno [et al.] Bioact. Mater. 2020;5:468-485.
4. Electrical stimulation in bone tissue engineering treatments / L. Leppik [et al.] Eur. J. Trauma Emerg. Surg. 2020; 46.:231-244.
5. Electrochemical methods to enhance osseointegrated prostheses / MT. Ehrensberger [et al.] Biomed. Eng. Lett. 2020;10:17-41.
6. Li Y, Felländer-Tsai L. The bone anchored prostheses for amputees - Historical development, current status, and future aspects. Biomaterials. 2021;273:120836.
7. Ontario Health (Quality). Osseointegrated prosthetic implants for people with lower-limb amputation: a health technology assessment. Ont. Health Technol. Assess Ser. 2019;19:1-126.

---

#### Библиографическая ссылка:

Овчинников Е.Н., Стогов М.В., Еманов А.А., Кузнецов В.П., Киреева Е.А. Применение постоянного электрического тока для стимуляции остеointegrации чрескожных имплантатов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2025. №1. Публикация 3-6. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2025-1/3-6.pdf> (дата обращения: 17.02.2025). DOI: 10.24412/2075-4094-2025-1-3-6. EDN LZRNNB \*

#### Bibliographic reference:

Ovchinnikov EN, Stogov MV, Emanov AA, Kuznetsov VP, Kireeva EA. Primenenie postoyannogo elektricheskogo toka dlya stimulyacii osteointegracii chreskoznyh implantatov [Application of direct electrical current for stimulation of osseointegration in percutaneous implants]. Journal of New Medical Technologies, e-edition. 2025 [cited 2025 Feb 17];1 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2025-1/3-6.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2025-1-3-6. EDN LZRNNB

\* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2025-1/e2025-1.pdf>

\*\*идентификатор для научных публикаций EDN (eLIBRARY Document Number) будет активен после загрузки полной версии журнала в eLIBRARY