

# Применение персонифицированных биоимплантов при стопе Шарко

А.И. Маслова, С.А. Степанова, А.К. Назарян, Л.Т. Волова

Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия

**Обоснование.** Стопа Шарко (диабетическая остеоартропатия) — тяжелая прогрессирующая патология, сопровождающаяся разрушением суставно-связочного аппарата стопы, костной деструкцией и фрагментацией, встречается у трети больных сахарным диабетом с периферической нейропатией [1].

Долгое время, сталкиваясь с данным заболеванием, хирурги отдавали предпочтение ампутации. Однако учитывая, что пятилетняя выживаемость больных диабетом после ампутации составляет 50 %, стало очевидным, что высока потребность в альтернативных методах лечения. Целью оперативных вмешательств является восстановление возможности опоры и ходьбы за счет реконструкции ее анатомической структуры и биомеханики [2]. Выбор стратегии лечения находится в широком диапазоне от экзостозэктомии с иссечением язвы и пластикой кожного дефекта до тотальной реконструкции стопы с применением персонифицированного биоимплантата.

**Цель** — разработка технологии получения индивидуальных биоимплантов с использованием 3D-моделирования.

**Методы.** В лаборатории 3D-моделирования тела человека Центра НТИ «Бионическая инженерия в медицине» ведется разработка технологии получения индивидуальной модели имплантата, а в центре «Биотех» получают костный блок и из него по полученной модели вырезают биоимплантат, который впоследствии стерилизуют и устанавливают пациенту. Аллокостные материалы — материалы, полученные из костной и соединительной ткани, которые являются чужеродными для реципиента, но получаются из биоматериала донора того же вида.

**Результаты.** Изготовление аллогенного костного импланта включает в себя 5 взаимосвязанных этапов.

Первым этапом: получение стандартного аллогенного костного блока.

Процесс начинается с механической очистки костного материала. После этого материал обрабатывают низкочастотным ультразвуком, в результате чего достигается эффект кавитации, происходит разрушение клеток и клеточных структур, включая липидные. В результате в межтрабекулярном пространстве полностью отсутствуют элементы костного мозга, лакуны костной ткани свободны от остеоцитов [3]. Костный материал подвергается дальнейшей лиофилизации, затем механической обработке на станке.

Второй этап: получение цифровой модели будущего персонифицированного крупноблочного импланта.

Происходит следующая последовательность действий: пациенту перед оперативным вмешательством проводят компьютерную томографию, полученные данные подвергаются моделированию, при этом получается персонифицированная 3D модель костного дефекта.

Третий этап: послойная сегментация твердотельной 3D-модели персонифицированного костного имплантата.

Полученную модель загружают в разработанными авторами программу, при помощи которой происходит управление процессом вырезания импланта, также задействуются внешние настраиваемые инструменты послойной сегментации модели.

Четвертый этап: фиксация и фрезеровка.

Аллогенный костный материал фиксируют на авторское устройство в виде оснастки, затем по данным сегментарной персонализированной 3D-модели, загруженным в устройство происходит фрезеровка, в итоге получается готовый костный имплант подходящий лишь конкретному пациенту из аллогенного материала.

Пятый этап: Стерилизация и упаковка [4].

**Выводы.** Операции с использованием персонифицированного биоимплантата позволяют восстановить и сохранить длину конечности. Операции проводятся в 2 этапа: на первом этапе проводится резекция поврежденного участка костей стопы и замещение антибактериальным цементным спейсером. Пациенту устанавливают аппарат Илизарова для фиксации костей стопы. Далее проводится компьютерная томография

(КТ), воссоздается трехмерная структура костных структур стопы. Инженер по компьютерной графике совместно с врачом определяют область, которую необходимо заместить. По 3D-модели на фрезерном станке вырезается персонафицированный биоимплантат.

Второй этап операции — это имплантация; удаляется цемент и на его место устанавливается биоимплантат, который точно совпадает с прилежащими костями.

На сегодняшний день проведено 24 операции в ГКБ им. С.С. Юдина (г. Москва). Пациенты от 30 до 70 лет. У первых пациентов, которым проводили операции, сделали повторное КТ, на сегодняшний день нет осложнений и наблюдается зона консолидации.

Таким образом, уникальность заключается в создании импланта под конкретного пациента, что позволит минимизировать осложнения и спасти конечность.

**Ключевые слова:** персонафицированный биоимплантат; стопа Шарко; аллогенный материал; крупноблочный имплант; компьютерная графика; аппарат Илизарова.

## Список литературы

1. Malhotra R., Chan C.S., Nather A. Osteomyelitis in the diabetic foot // Univ Orthop Hand J. 2014. Vol. 5, No. 1. P. 19–25. DOI: 10.3402/dfa.v5.24445
2. Gouveri E., Papanas N. Charcot osteoarthropathy in diabetes: a brief review with an emphasis on clinical practice // World Diabetes. 2011. Vol. 2, No. 5. P. 59–65. DOI: 10.4239/wjd.v2.i5.59
3. Патент РФ на изобретение № 2366173 /10.09.2009. Волова Л.Т. Способ изготовления крупноблочных лиофилизированных костных имплантов.
4. Котельников Г.П., Колсанов А.В., Волова Л.Т., и др. Технология производства персонафицированного реконструктивного аллогенного костного имплантата // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2019. № 3. С. 65–72. DOI: 10.17116/hirurgia201903165

## *Сведения об авторах:*

**Анастасия Ивановна Маслова** — студентка, группа Л410, институт клинической медицины; Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия. E-mail: maslova.nasty01@mail.ru

**София Алексеевна Степанова** — студентка, группа 420, институт клинической медицины; Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия. E-mail: stpshhh@gmail.com

**Айкуш Карлосовна Назарян** — доцент кафедры оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом медицинских информационных технологий, кандидат медицинских наук; Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия. E-mail: a.k.nazaryan@samsmu.ru

**Лариса Теодоровна Волова** — профессор, доктор медицинских наук; Биотехнологический центр «Биотех» СамГМУ, Самара, Россия. E-mail: l.t.volova@samsmu.ru