низких концентраций растворов макросолей и регуляторов роста с целью минимизации затрат при массовом размножении растений *S. rebaudiana*.

Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН (№118021490111-5).

1. Alhady M.R.A.A. Micropropagation of *Stevia rebaudiana* bertonii - A new sweetening crop in Egypt / Global Journal of Biotechnology & Biochemistr. 2011. V. 6. №. 4. Pp. 178-182.
2. Taleie N., Hamidoghli S., Hamidoghli Y. In vitro plantlet propagation of *Stevia rebaudiana* Bertoni / South West Journal Horticulture Biology and Environment. 2012. V. 3. Pp. 99–108.
3. Goyal S.K., Samsheer, Goyal R.K. *Stevia* (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: a review / Int. J. Food Sci. Nutr. 2010. V.61. Pp. 1-10.
4. Hossain M.A., Shamimkabar A.M., Jahan T.A., Hassan M.N. Micropropagation of *Stevia* / International Journal of Sustainable Crop Production. 2008. V. 3(4). Pp. 1-9.
5. Mubarak M.H., Belal A.H., Geddaawy I.H., Sarag E.I., Nasr M.I. Micropropagation of *Stevia rebaudiana* in vitro / Meeting the Challenges of Sugar Crops and Integrated Industries in Developing Countries, Al Arish, Egypt. 2008. Pp. 293-298.
6. Шульгина А.А., Калашникова Е.А., Тараканов И.Г. Зависимость морфогенеза *Stevia rebaudiana* in vitro от факторов различной природы / Известия Уфимского научного центра РАН. 2018. №3-5. С. 105-109.
7. Бутенко Р.Г., Гусев М.В. и др. Клеточная инженерия. М.: Высшая школа, 1987. 127 с.
8. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / Physiologia Plantarum. 1962. V.15. Pp. 473-497.
9. Quoirin M., Lepoivre P. Etude de milieux adaptes aux cultures in vitro de *Prunus* / Acta Hort. 1977. V. 78. Pp. 437–442.
10. Егорова Д.А., Виноградова Ю.К., Горбунов Ю.Н., Молканова О.И. Клональное микроразмножение и оценка адаптивной способности белоцветковой формы *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. / Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2016. Т. 26. № 4. С. 25-31.

Маркелов Д.А., Аркатов Д.Н., Ермолаева В.В.

Биопротезирование. От мечты к реальности

*ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
(Россия, Саратов)*

doi: 10.18411/lj-11-2020-46

idsp: ljjournal-11-2020-46

Аннотация

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с развитием биопротезирования как отдельной отрасли биомедицинской инженерии, её роли в реабилитации и социальной адаптации людей с физическими недостатками. Проанализированы основные направления и перспективы использования биоинженерных технологий в создании искусственных органов и протезов. Особое внимание уделено принципам работы бионических протезов, проблемам их использования.

Ключевые слова: biomedical engineering, orthotics, proprioception, implants, artificial organs, the functionality, the bionic prosthetic technology.

Abstract

This article discusses issues related to the development of bioprosthetics as a separate branch of biomedical engineering, its role in the rehabilitation and social adaptation of people with physical disabilities. The main directions and prospects of using bioengineering technologies in the creation of artificial organs and prostheses are analyzed. Special attention is paid to the principles of operation of bionic prostheses and the problems of their use.

Keywords: ключевое слово на английском языке, ключевое слово, ключевое слово ключевое слово ключевое слово ключевое слово

Современное общество развивается семимильными шагами. Всё, что ещё вчера казалось несбыточной мечтой и объектом нашего воображения, становится абсолютной реальностью. Самые передовые технологии и изобретения науки и техники проникают во все сферы нашей деятельности, становясь жизненно важным стимулом развития общества в целом.

Одним из лидирующих направлений в области научных достижений на сегодняшний день является биоинженерия.

Биоинженерия (англ. Bioengineering) или биомедицинская инженерия – направление науки и техники, развивающее применение инженерных принципов в биологии и медицине [1]. К сфере деятельности медицинской биоинженерии относится как создание искусственных органов с помощью современных технологий, так и поиск способов выращивания органов и тканей методами регенеративной медицины.

Отдельная отрасль биомедицинской инженерии – биопротезирование – занимается проектированием и созданием протезов утраченных органов и конечностей на основе современных высокотехнологичных методов.

Важнейшей целью биопротезирования является достижение максимального сходства между искусственно созданным и натуральным органом, а значит, улучшение качества жизни людей, ощутивших себя физически неполноценными, оказавшимися перед суровой реальностью, в которой слово «инвалид» звучит как приговор.

Идея искусственного создания конечностей зародилась очень давно, ещё с древнейших времён. Первые протезы, как правило, производились из ткани, дерева и металла. Их главной целью было создать у человека чувство полноценности в обществе. В 2001 году на раскопках в Саккаре был обнаружен протез большого пальца ноги, датируемый 950–710 гг. до н.э. Он был выполнен из дерева с применением в качестве связки отдельных частей протеза кожаной нити.

Первый металлический протез ноги, выполненный из бронзы и железа, был обнаружен в Италии в 1858 году. Его создание к датируется 300 г. до н.э. Безусловно, первые протезы были мало функциональными и создавали лишь иллюзию утраченной конечности, а самое главное, не позволяли человеку вернуться к полноценной жизни.

С развитием человеческого общества развивались и совершенствовались навыки в области протезирования, т.к. проблема замещения утраченных органов оставалась актуальной. Устройства становились всё более сложными, модернизировались, претерпевали множество изменений в эстетической и механической составляющей.

Первая серьёзная модификация протеза голени была осуществлена учёным Питером Вердайном в 1696 году. Это был первый протез, не требующий фиксации. Его модель позже станет основой для современных протезов. Вслед за Питером Вердайном работали над совершенствованием протезов Уильям Селфо, Бенджамин Палмер, Дуглас Блай, Дюбуа Пармли. К концу XIX века немецкий биолог Густав Герман предложил заменить протезы из железа и меди на алюминиевые. Это позволило достичь лёгкости и большей функциональности протезов. Но способы их крепления к телу и фиксации долгое время оставались без изменений. В основном это были всё те же кожаные ремни.

XX век – время бурного развития науки, техники и медицины. Возможности биоинженерии и новейшие технологии, используемые в области биопротезирования помогли сделать протезы более совершенными, подвижными, «умными», а их управление перешло на новый уровень. Изобретение новых видов полимеров позволило создавать конструкции с чуть ли не идеальным соотношением надёжности и лёгкости.

Современный бионический протез представляет собой электронно-механическое устройство. Основными компонентами конструкции таких протезов являются каркас, механика и система управления.

Каркас – фундамент протеза, придающий прочность изделию. Производится в основном из пластика и легких металлов.

Механика – сервоприводы, которые предназначены для устойчивости конструкции. Являясь амортизаторами, они смягчают нагрузку при работе протеза.

Блок управления – сердце протеза. В блок входят датчики, сенсоры и процессоры. Их задача – подавать сигнал и вовремя его обрабатывать. Датчики обратной связи могут не только передавать сигналы от мозга к изделию, но и наоборот.

Протез закрепляется на части тела с помощью множества различных слоёв синтетической кожи, которая обратно симметрична биомеханике нижележащей ткани. Дабы получить идеальную симметричность, ученые создают математическую модель нужной конечности при помощи так называемого «средства визуализации МРТ».

В синтетическую кожу вшивается умный материал. Он под действием электрического тока имеет свойство становиться мягким или же, наоборот, твёрдым. Исследователи, изучив принцип управления костного мозга мышцами, применили тот же самый принцип и в протезе: при касании бионического протеза о какую-либо поверхность, процессор задаёт системе жёсткость, что значительно смягчает столкновение.

В современном бионическом протезе используется принцип проприоцепции. Проприоцепция – это способность ощущать взаимное расположение частей тела и величину прикладываемого в движении усилия [3]. Для его применения на ампутированной части человеческого тела восстанавливаются повреждённые нервы и сращиваются сухожилия противодействующих мышц. Благодаря восстановленным нервным окончаниям и мышцам, присоединённый протез ощущается как обычная биологическая конечность. Протезы, изготовленные по разработке нейробиолога Эндрю Шварца, заставили изменить жизнь парализованных людей. Первым пациентом стала женщина, которой была проведена операция по установке биоруки. Она страдала от тяжелого нейродегенеративного заболевания. Болезнь привела пациентку к потере двигательных функций во всем теле. В ее мозг были имплантированы электроды, с помощью которых и проходило управление бионическим протезом руки. В таком протезе руки тактильные сигналы передаются при помощи сенсоров, встроенных в кончики созданной ладони, запястья и пальцев. Данное нововведение позволило пациентке ощущать не только расположение самого протеза, но чувствовать и сжимать биорукой предметы.

Сегодня достижения науки в области биоинженерии позволяют вживлять протезы даже внутрь тела (искусственные сосуды, суставы и даже органы). В конце XX века началась разработка кардиопротеза, способного заменить человеку сердце. Так, в 2000 году, первый такой протез был установлен Питеру Хаутону, которому было суждено жить несколько недель. Однако операция удлинила срок его жизни не на недели или месяцы, а на целых семь лет. [2]

Настоящим достижением в области биопротезирования стало создание бионического глаза. Это устройство, помогающее незрячим людям частично восстановить зрение. Он представляет собой протез сетчатки, а именно полимерную матрицу с фотодиодами. Сигналы производят воздействия на нейроны в сетчатке глаза. Встроенная видеокамера фиксирует картинку и сохраняет ее в процессоре. Оттуда сигнал отправляется ресиверу и фотосенсору, который вживлён в сетчатку глаза. Через оптический нерв электрические импульсы передаются в мозг. В результате внедрения такого глаза человек получает возможность видеть мир в черно-белом свете и расплывчато, но люди, которые до этого были абсолютно слепыми, очень рады этой возможности. [4]

Сегодня применение возможностей 3D-принтеров открывает новую страницу в истории биопротезирования: от печати имплантатов и протезов к печати таких органов,

как сердце, почки и печень. Можно лишь предположить, что искусственно созданные органы даже будут превосходить по функциям натуральные.

Исследования в области биопротезирования сегодня остаются одной из самых востребованных в медицине. Несмотря на мирное время, тысячи людей в нашей стране каждый год попадают в трудную жизненную ситуацию, связанную с травматизмом или ампутацией конечностей, с утратой функций органов вследствие тяжёлых болезней.

Биопротезирование даёт таким людям новый шанс на полноценную жизнь, возвращает их к реабилитации в социальной среде. Однако, несмотря на прогресс в этой области, большинство выпускаемых моделей из-за сложности конструкции и производства стоят очень дорого (от трёх до пяти миллионов рублей), что ограничивает их массовое внедрение. К счастью, наука не стоит на месте и быстрые темпы её развития оставляют надежду на то, что качественные современные биопротезы станут доступны каждому, кто в них нуждается. Хочется верить, что произойдёт это очень скоро. Уже сейчас в некоторые современные протезы встроены функции электронных платежей, планируется создание протезов с дисплеями, по функционалу имеющими сходство с современными смартфонами с голосовым управлением. Не за горами момент, когда бионическое протезирование станет для человечества не только сбывшейся мечтой, но и методом совершенствования собственного тела и, возможно, поможет открыть человечеству путь к бессмертию.

1. Биоинженерия. «Словарь нанотехнологических терминов». Ширинский В. П., РОСНАНО.
 2. Биопротезирование и его перспективы Д. В. Денисов, Н. А. Серебрянская «Юный ученый», 2020. No 4 (34). С. 86-88.
 3. <https://kladzdor.ru/articles/detskoe-zdorove/propriotsepsiya-chto-eto/>
 4. https://spravochnick.ru/medicina/sovremennye_medicinskie_tehnologii/
-