

РАЗРАБОТКА НЕЙРОПРОТЕЗОВ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Попов И.О.

*Попов Иван Олегович – студент,
отделение лечебного дела,
Медицинский институт,*

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск*

Аннотация: в статье анализируются проблемы современного протезирования верхней конечности и использование технологии мозго-машинных интерфейсов для интеграции с механическими и электрическими частями протеза для увеличения функциональности и интуитивности управления. Также приведены результаты работ по созданию «умных» протезов с использованием нейроинтерфейсов и возможностей 3D-принтеров.

Ключевые слова: нейропротез, нейроинтерфейс, мозго-машинный интерфейс, медицина.

В настоящее время в сфере реабилитации наиболее актуальной остаётся тема «умных» протезов. Эти протезы, или нейропротезы – являются результатом синтеза медицины и высоких технологий. Современные методы реабилитации нацелены на максимальное восстановление функций организма человека. И если раньше старые протезы имели, в основном, косметическое восстановление, то теперь эти же протезы могут осуществлять ряд простых движений, которые существенно облегчают и улучшают жизнь инвалидов [1-4].

Настоящие протезы делятся на две большие группы, в зависимости от принципа их работы нейроинтерфейса: центральные и периферические. Центральные нейроинтерфейсы подразумевают собой управление устройством непосредственно через электроды в головном или спинном мозгу. Метод получения информации могут также подразделяться на поверхностные (с использованием системы ЭЭГ) и глубокие (с использованием имплантируемых электродов). Такая система имеет ряд плюсов и минусов. Из ряда достоинств можно отметить возможность снятия информации со скальпа при поражении проходящих двигательных путей. Из ряда недостатков на первое место встаёт недостаточно информированность сигналов. К сожалению, на данный момент ещё не было изобретена система ЭЭГ, которая бы покрывала активность менее 100 000 нейронов. Настоящая разрешающая способность таких электродов является, как минимум, выше 10 000 000 нейронов, что существенно усложняет возможности применения такой системы с любым тонким управлением. Такие аппараты способны производить ограниченное число команд, основанное на изменении паттернов общей электричество активности. Также стоит отметить повышенное содержание шумов, артефактов и дискомфорт в использовании их в повседневной жизни. Однако, использование математических моделей по повышению уровня сигнал/шум, определение значимых паттернов, реализованных в устройствах, измеряющие вызванные потенциалы, может частично минимизировать данные погрешности.

Вторые варианты управления устройствами являются периферические нейроинтерфейсы. В их основу заложены технологии, позволяющие считывать сигналы с мышц или периферических нервов. Такой способ значительно упрощает технологию разработки нейропротезов, так как он обладает рядом полезных свойств, а именно:

- Улучшенное отношение сигнал/шум;
- Наличие лишь незначительных факторов, влияющих на уровень сигнала;
- Упрощенная система интерфейса;
- Отсутствие дополнительных аксессуаров, необходимых для регистрации (как, например, шлем ЭЭГ);
- Уменьшение расстояние между электродами и процессорами ведёт к повышению скорости проведения сигналов, точности движения и упрощения структуры нейропротезов.

Следующим шагом к созданию нейроинтерфейсов является сбор необходимой информации, её анализ и перевод на цифровой (дискретный) язык. Любое действие происходит за счёт алгоритмов по типу «Сигнал-действие». Это значит, что при получении на входе процессора определённого паттерна сигналов включается специфический только к этому паттерну механическое действие. Например, при сокращении двуглавой мышцы плеча может быть запрограммировано сжатие пальцев верхней конечности.

На рынке высокотехнологичных протезов, в значительно большей степени, фигурируют зарубежные предприятия-производители нейропротезов. Известным примером могут являться корпорация DARPA, bebionic и другие. На отечественном же рынке демонстрируется отсутствие или недостаток производства

нейропротезов, что существенно сказывается на качестве протезов, закупаемая Фондом социального страхования [5-9].

Актуальность данной тематики заключается в разработке простых и функциональных нейропротезов, адаптированные под региональные особенности, и способные предоставляться всем инвалидам с условиями социального страхования. Работа проводится согласно указу Президента Российской Федерации Путина об импортозамещении.

Материалы и методы: Разработки проводятся на базе лаборатории биофизики ФТИ СВФУ. При создании нейропротеза были использованы возможности 3D принтера, при помощи которой была распечатана форма или каркас руки. Техническая составляющая и принцип работы являются конфиденциальной информацией. Команда исследователей состоит из студента медицинского института Попова Ивана, заведующего лабораторией «Биофизика» ФТИ Алексеева Айаасхана Ивановича, заведующий лабораторией «Механотроника» Филиппова Ивана Михайловича, выпускницы ТУСУР г. Томск Николаевой Анны, студентки МИ Саввиной Любовь Эдуардовны и специалистов-консультантов из разных направлений наук.

Результаты

В условиях лаборатории биофизики ФТИ была создана 3D модель руки для тестирования оптимального варианта вычислительной технологий (рис.1). Данная форма имитировала кисть и предплечье, имела функциональные фаланговые и лучезапястный суставы, которые давали возможность сокращать сгибатели всех пальцев и в отдельности (производить сжатие и разжатие кисти), а также супинацию и пронацию в области лучезапястного сустава.



Рис. 1. 3D-модель руки для тестирования вычислительной техники

Полость предплечья дает возможность имплантации в неё приводов для механической работы протеза, два питательных элемента и микропроцессор. Последнее служило для приема сигналов от миосенсоров, их обработки и дальнейшей передачи команд на приводы для совершения механического движения. Таким образом, протез может выполнять различные команды лишь по сокращению определенных мышц. Данная система была успешно опробована на одном из участников команды, показав отличные показатели точности, скорости и плавности движения.

Следующим этапом создания нейропротезов станет восстановление тактильной чувствительности. Для этого могут быть использованы датчики давления, потому как поверхностная чувствительность есть не что иное, как изменение потенциала в зависимости от приложенной силы извне. Физиология восстановления чувствительности следующая. Известно, что за осязание отвечают свободные нервные окончания и инкапсулированные окончания. Первые отличаются высоким порогом возбудимости, что необходимо для ноцицепции, ведь именно они являются первичным звеном в проведении болевых стимулов (сверхпороговых и высокочастотных). Инкапсулированные же окончания обладают значительно меньшим порогом возбудимости, что предоставляет возможность реагировать на незначительные изменения скорости и интенсивности раздражения. При отсутствии конечности могут возникать так называемые «фантомные боли» - результат неправильного проведения операции по ампутации конечности и формированию культи.

Для восстановления проводимости тактильной чувствительности необходимо использовать электромеханические элементы, способные генерировать напряжение электрического тока кратное степени давления, придаваемая на элемент извне. Сигналы, поступающие из «рецептора», поступают в микропроцессор, где они также анализируются и подаются на эфферентные 3 стимулирующих электрода, согласно периферическим нервам: лучевой, локтевой и срединный. Частотно-амплитудные

характеристики адаптируются под физические параметры нервной системы (создание микротоков, достаточных для генерации потенциала действия в нервных волокнах).

Вывод

Создание «умных» протезов на сегодняшний день занимает одно из лидирующих мест в сфере реабилитации. Результаты разработок показали, что возможно создание недорогих и качественных нейропротезов верхней конечности для инвалидов на территории РС(Я). Дальнейшие разработки будут вестись на базе Республиканской социально-оздоровительного центра комплексной реабилитации инвалидов.

Список литературы

1. *Иванова Н.С.* Конкурентная стратегия компании // Проблемы современной науки и образования, 2015. № 2 (42). С. 99-101.
2. *Aregueta-Robles U.A., Woolley A.J., Poole-Warren L.A. et al.* Organic electrode coatings for next-generation neural interfaces // Front. Neuroeng., 2014. V. 7. article 15 (18P.), DOI: 10.3389/fneng.2014.00015.
3. *Carandini M.* From circuits to behavior: a bridge too far? // Nat. Neurosci., 2012. V. 15. № 4. P. 507–509.
4. *Chandrakasan A.P., Verma N., Daly D.C.* Ultralow-power electronics for biomedical applications // Annu. Rev. Biomed. Eng., 2008. V. 10. P. 247–274.
5. *Cogan S.F.* Neural stimulation and recording electrodes // Annu. Rev. Biomed. Eng., 2008. V. 10. P. 275–309.
6. *Schwartz A.B., Weber D.J., Cui X.T. et al.* Brain-controlled interfaces: Movement restoration with neural prosthetics // Neuron, 2006. V. 52. P. 205–220.
7. *Sodagar A.M., Wise K.D., Najafi K.* A wireless implantable microsystem for multichannel neural recording // IEEE Trans. Microwave Theory Tech., 2009. V. 57. № 10. P. 2565–2573.
8. *Ганин И.П. и др.* Интерфейс «мозг–компьютер» «на волне P300»: исследование эффекта номера стимулов в последовательности их предъявления // Физиология человека. Т. 38. № 2. С. 5—13.
9. *Kaplan A.Y. et al.* Adapting the P300-based braincomputer interface for gaming: a review // IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 2013. Nicolelis M. A. Mind in Motion // Sci. Amer., 2012. № 307. P. 58—63.