

УДК 612.821

ТЕХНОЛОГИЯ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА НА ОСНОВЕ ЧАСТОТНО-АМПЛИТУДНОГО АНАЛИЗА ЭЭГ

Коровина Е. С., Лихолатов Н. Э., Пятин В.Ф., Захаров А.В.

Самарский государственный медицинский университет, г. Самара

В технологии интерфейсов мозг-компьютер (ИМК), основанной на возможности человека произвольно модифицировать собственную ЭЭГ, актуальным является поиск управляющего биологического сигнала. В качестве такого сигнала в заданном корковом регионе может выступать паттерн десинхронизации при создании двигательного образа. Цель настоящей работы – исследование ЭЭГ коррелятов реальных и планируемых сгибаний пальцев правой руки.

В исследовании приняло участие 7 студентов-добровольцев Самарского государственного медицинского университета в возрасте 18-20 лет. ЭЭГ регистрировалась монополярно с помощью 128-канальной системы записи ЭЭГ (BP-010302 BrainAmp Standart 128). Испытуемые находились с закрытыми глазами в звукоизолированной комнате в состоянии покоя, сидя в ЭЭГ-кресле (Neurobotics, Россия). Регистрировались фоновая ЭЭГ, ЭЭГ при реальном выполнении движений (10 сессий) и ЭЭГ при планировании движений (10 сессий). Продолжительность одной сессии – 4 сек. Тестовое движение – сгибание пальцев правой руки.

При обработке ЭЭГ с помощью MatLab разделялась на отдельные частотные диапазоны: дельта (0,3-3,9 Гц), тета1 (4,0-5,9 Гц), тета2 (6,0-7,6 Гц), альфа1 (7,7-9,2 Гц), альфа2 (9,3-10,5 Гц), альфа3 (10,6-12,9 Гц), бета1 (13,0-19,9 Гц), бета2 (20,0-35,0 Гц), гамма (36,0-170,0 Гц). Каждый частотный диапазон обрабатывался с помощью IBM SPSS Statistics 22. Достоверность измерений оценивалась параметрическими (t-тест Стьюдента для зависимых и независимых выборок) и непараметрическими (t-тест Вилкоксона для зависимых выборок и критерий Манна-Уитни для независимых выборок) методами. Статистически значимыми изменения средних величин считались при $p < 0,001$. Производился регрессионный анализ для оценки вероятности планирования движения в записи ЭЭГ.

Анализ полученных нами данных показал, что нейрофизиологическими коррелятами реального и планируемого движения являются альфа1-, альфа2- и бета1-диапазоны ЭЭГ. В бета1-диапазоне ЭЭГ при реальном и планируемом движении достоверные изменения мощности ($p < 0,001$) в виде синхронизации отмечались в 23 и 65 отведениях, соответственно. Обширная пространственная локализация отведений ЭЭГ в бета1-диапазоне может быть связана с участием заднетеменных областей в процессинге представления человека о собственном теле, нижневисочных и теменных – в актуализации памяти. По литературным данным, премоторная и нижнетеменная ассоциативные области коры больших полушарий соответствуют локализации системы зеркальных нейронов. Таким образом, планирование движения пальцев правой руки в бета1-диапазоне ЭЭГ активирует в большей степени ассоциативные области коры больших полушарий, а не только сенсомоторную кору, при участии которой реализуются двигательные программы.

Достоверные изменения в альфа2-диапазоне ($p < 0,001$) носили более локальный характер (23 отведения – реальное движение, 14 – планируемое). Выявленная нами десинхронизация альфа2-ритма в моторной зоне коры левого полушария, контралатерального моторному акту, происходила не только при реальном движении, но и при его мысленном представлении.

Достоверные изменения в альфа1-диапазоне ($p < 0,001$) проявлялись в виде синхронизации при реальном выполнении движения (33 отведения) и синхронизации, десинхронизации при планировании движения (27 отведений).

Проведённый регрессионный анализ выявил отличные значения площади под ROC-кривыми при планировании движения – для альфа1- (0,928) и альфа2- (0,953) ритмов; для бета1-ритма – 0,797 (хорошая модель).

Полученные нами результаты показали, что наиболее значимым нейрофизиологическим коррелятом планируемого движения является альфа2-диапазон ЭЭГ. Синергизм мозговых процессов при реальном и воображаемом движениях может быть основой для детекции планирования движения в кисти и использования подобного приема в нейрокомпьютерных интерфейсах.