

МЕТОДИКА ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА ЭМГ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЖЕВАТЕЛЬНОЙ МЫШЦЫ

Швед И.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Самуйлов И.В. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. В статье представлена разработка программного модуля для временного анализа электромиографических (ЭМГ) сигналов в среде *Python*. Созданный программный инструмент позволяет автоматизировать процессы обработки, визуализации и анализа ЭМГ-сигналов, полученных от жевательной и височной мышцы при стандартизированном тесте на сжатие зубов. В работе рассмотрены особенности анатомии исследуемых мышц, методы электромиографии, основные подходы к анализу сигналов во временной области.

Ключевые слова: электромиография, *Python*, временной анализ, жевательная мышца.

Введение. Электромиография (ЭМГ) – наиболее объективный и надежный метод визуализации функций и эффективности работы мышц, основанный на регистрации их электрических потенциалов. При глобальной поверхностной электромиографии (*sEMG*) поверхностные электроды располагаются на поверхности кожи и регистрируют наложенные друг на друга потенциалы действия двигательных единиц, исходящие от множества мышечных волокон [1]. Электромиографию можно использовать как для диагностики, так и для лечения, чтобы регистрировать нервно-мышечную активность [2]. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью создания доступного и гибкого модуля в среде *Python* для обработки данных, полученных в ходе стандартизированного теста на сжатие зубов.

Основная часть. Исследование проводилось с использованием системы поверхностной электромиографии. Сигналы регистрировались с контролируемых зон височной и жевательной мышц при выполнении теста на сжатие зубов. Частота дискретизации составляла 2 кГц. На этапе обработки реализован алгоритм выделения фаз движения: покой, сжатие, удержание и расслабление. Переход между фазами определялся по временным меткам (k_1, k_2, k_3, k_4), которые отмечали границы фаз движения. Далее сигнал преобразуется в микровольты и подвергается фильтрации. На рисунке 1 представлен пример ЭМГ парных жевательных мышц.

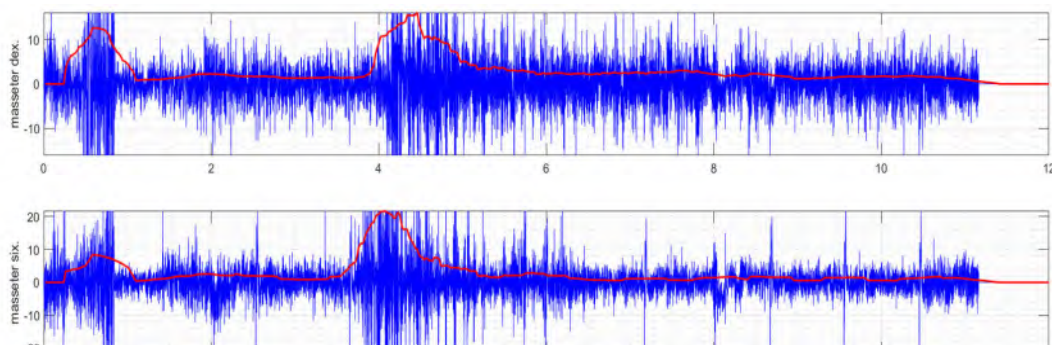


Рисунок 1 – ЭМГ парных жевательных мышц

Ключевым алгоритмом является построение огибающей ЭМГ-сигнала с помощью преобразования Гильберта. Полученная полная огибающая точно повторяет форму сигнала, после чего применяется процедура адаптивной децимации на неперекрывающихся окнах (50–100 мс) для выделения максимальных значений амплитуды. На рисунке 2 представлен пример исходного сигнала и максимумы его огибающей для левой жевательной мышцы.

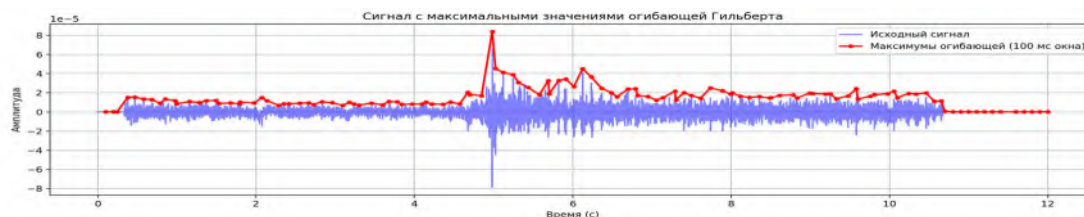


Рисунок 2 – Сигнал с максимальными значениями огибающей Гильберта для левой жевательной мышцы

Далее, с использованием меток `'border'` и данных покоя, модуль автоматически детектирует контрольные точки $K1-K4$ для каждого жевательного цикла. Алгоритм динамически вычисляет порог на основе среднего и стандартного отклонения фоновой активности (`'relax'`), что обеспечивает адаптивность к индивидуальным особенностям сигнала. Для каждой из пяти фаз (покой1, сжатие, удержание, расслабление, покой) вычисляются статистические параметры: средняя амплитуда, СКО, медиана, размах «пик-пик».

Обработка ЭМГ-данных показала закономерное распределение активности по фазам жевательного цикла: резкий рост амплитуды при сжатии, стабильное плато в фазе удержания и постепенное снижение при расслаблении. У более 30 % испытуемых наблюдалась межсторонняя асимметрия, что свидетельствует о неравномерности мышечной активности и возможной функциональной перегрузке одной стороны.

Заключение. Предложенная методика временного анализа ЭМГ-сигналов позволяет проводить количественную оценку функционального состояния жевательной мышцы на основе параметров временной области. Разработанный программный модуль *Python* обеспечивает автоматизацию этапов обработки, расчёт амплитудных характеристик и визуализацию фаз цикла жевания. Применённый подход может быть использован при функциональной диагностике височно-нижнечелюстного сустава, планировании ортодонтического лечения и в реабилитационных исследованиях.

Список литературы

1. Szyszka-Sommerfeld, L. Surface Electromyography as a Method for Diagnosing Muscle Function in Patients with Congenital Maxillofacial Abnormalities / L. Szyszka-Sommerfeld, M. Lipski, K. Woźniak // *Journal of Healthcare Engineering*. 2020. No 1–6. DOI: 10.1155/2020/8846920.
2. Nishi SE, Basri R, Alam MK. Uses of electromyography in dentistry: An overview with meta-analysis. *Eur J Dent*. 2016 Jul-Sep;10(3):419-425. DOI: 10.4103/1305-7456.184156.

UDC 616.831.9-073.97

METHODOLOGY OF TIME-DOMAIN EMG ANALYSIS FOR ASSESSING FUNCTIONAL STATE ON THE EXAMPLE OF THE MASSETER MUSCLE

Shved I.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Samuilau I. U. – Senior Lecturer at the Department of Electronic Engineering and Technology

Annotation. The article presents the development of a software module for the time-domain analysis of electromyographic (EMG) signals in the Python environment. The created software tool allows to automate the processes of processing, visualization and analysis of EMG signals obtained from the masseter and temporal muscles in a standardized test for teeth compression. The paper discusses the features of the anatomy of the studied muscles, the methods of electromyography, the main approaches to the analysis of signals in the time domain.

Keywords: electromyography, Python, time-domain analysis, masseter muscle.