

УДК 57.087

*О. А. Прутула, студент гр. ПБ-42, асистент Вонсевич К.П.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ОСОБЛИВОСТІ FORCE-МІОГРАФІЧНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТИКИ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ М'ЯЗІВ

Анотація: У статті розглянуто методи дослідження рухової активності м'язів рук, ефективність їх практичного використання при діагностиці та у сфері медичних досліджень. Детально проаналізовано метод картографічного аналізу м'язового тиску (метод Force-міографії) та особливості його практичної реалізації. Визначено основні переваги та недоліки виокремлених методів та охарактеризовано подальший напрямок практичних досліджень з використанням методу Force-міографії.

Ключові слова: Force-міографія (FMG), м'язова активність, FSR датчики.

ВСТУП

Вивчення і класифікація рухової активності м'язів верхніх кінцівок є популярною темою при розробці багатьох пристроїв для реабілітації та систем розпізнавання жестів.

Подібні технології знаходять своє застосування як у спеціалізованих системах для взаємодії типу мозок-комп'ютер (Brain-Computer interfaces), так і при створенні сучасних протезних систем, що здатні забезпечити відтворення окремих природних жестів, необхідних користувачу для взаємодії з навколишнім середовищем, комфортного спілкування і виконання певних життєвих функцій за рахунок здійснення окремого набору рухів і хватів кисті.

Існують різні методи вивчення м'язової активності рук, що використовуються при класифікації жестів. В загальному випадку, такі технології дають змогу зареєструвати електричні потенціали, що виникають внаслідок активності окремих рухомих одиниць скелетних м'язів, або фізіологічні зміни їх розмірів чи розташування, і здатні забезпечити подальшу розшифровку точних моторних рухів верхніх кінцівок (в тому числі і рухи пальців) [1].

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СИГНАЛІВ ОКРЕМИХ ЖЕСТІВ РУК

Процес реєстрації роботи м'язів та окремих явищ, що виникають при цьому, відіграє досить важливу роль та є вагомим складовою при дослідженні цілісності структури м'язу, вивченні адекватності його роботи і функціонування, а також проектуванні і виготовленні пристроїв для протезування й реабілітації (таких як екзоскелети, біонічні протези і т.д.). Найчастіше, процес такої реєстрації відбувається за рахунок визначення відповідних біологічних сигналів.

Біологічні процеси, які генерують сигнали, знаходяться в динаміці, що безперервно змінюється, а їх поведінка рідко передбачається точно. Основні методи, що використовуються для дослідження рухової активності чи функціонального стану м'язів рук наведено в табл. 1.

Серед розглянутих методів дослідження рухової активності м'язів (РАМ) значної популярності набув метод поверхневої електроміографії (sEMG). Ефективність застосування цього методу у медичних дослідженнях та апаратурі є перевіреною на практиці. Зокрема, в таких сферах біомедичної

техніки, як біонічне протезування, де цей метод визначення біологічної активності м'язів став свого роду «традиційним» [2].

Таблиця 1. Основні методи дослідження рухової активності м'язів рук

<i>№</i>	<i>Назва методу</i>	<i>Призначення методу</i>
1	Електроміографія (EMG)	Графічна реєстрація та дослідження біоелектричних потенціалів, що виникають у м'язах людини при збудженні м'язових волокон. Розрізняють поверхневу (sEMG) та голкову міографію [3].
2	Поверхнева електроміографія (sEMG)	Неінвазивний метод дослідження, що дозволяє оцінити сумарну біоелектричну активність м'язів у стані спокою і при виконанні динамічної роботи та навантаження.
3	Електронейроміографія (ENMG)	Метод, що ґрунтується на реєстрації й аналізі біоелектричних потенціалів м'язів і нервів.
4	Сономіографія (SMG)	Графічна реєстрація та дослідження активності і зміни форми м'язів опорно-рухового апарату за допомогою ультразвуку.
5	Force – міографія (FMG)	Метод картографічного аналізу м'язового тиску, що базується на реєстрації об'ємних змін у формі м'язу, підчас його скорочення.

Методика проведення sEMG досліджень включає в себе запис біоелектричних потенціалів довільних скорочень м'язів, з подальшим аналізом отриманих результатів, наприклад для прогнозування окремого руху, що має виконуватись. Такий підхід до розпізнавання образів є ефективним у багатьох випадках, однак, для методу sEMG характерні й певні недоліки, що пов'язані з надійністю вимірів, дрейфом вихідного сигналу та зручністю й ефективністю його застосування у органах керування прикладних пристроїв на базі sEMG.

Перш за все, продуктивність використання sEMG-сигналів у протезному застосуванні зменшується внаслідок нестаціонарності отриманих результатів. Продуктивність використання sEMG також знижується внаслідок можливого зміщення вимірювальних електродів в процесі проведення досліджень, зміни положення та швидкості руху кінцівки пацієнта, фактору м'язової втоми та зміни провідності через надмірну вологість шкіряного покриву чи потових виділень на кінцівці пацієнта.

Як наслідок, незважаючи на те, що дешифрування sEMG часто є успішним в контрольованих лабораторних експериментах, при використанні в реальних умовах, перераховані недоліки обмежують практичне застосування методу в медичних цілях, особливо при використанні його в малогабаритній натільній техніці.

МЕТОД FORCE – МІОГРАФІЇ

Доступною альтернативою sEMG-технології є метод Force-міографії (FMG або метод картографічного аналізу м'язового тиску) [4]. Це неінвазивний метод визначення функціональної рухової активності м'язів, який базується на фіксації об'ємних змін їх форми, що реєструються за допомогою датчиків сили, розміщених над поверхнею тіла м'язу.

Цей метод дослідження РАМ використовує масиви датчиків, що відстежують скорочення груп м'язів та формують вихідні сигнали, за допомогою яких проводиться подальше вивчення моторної функції і розробка органів керування медичних пристроїв та протезних систем. Окрім того, ця технологія дозволяє проводити картографічний аналіз м'язових скорочень, що може бути використано і у реабілітаційному контексті.

Найчастіше, реєстрація біологічного сигналу за допомогою FMG, передбачає використання конструкцій «браслетного» типу (що одягаються на зону зап'ястя чи середину передпліччя), в які вмонтовано фіксовану кількість сенсорів (див. рис. 1). В загальному випадку, такі пов'язки містять від 8-ми до 126-ти FSR датчиків, розташованих на заданому інтервалі один від одного, а загальна довжина браслету, в середньому складає 28-30 см. Зазвичай, у конструкції пристроїв для FMG передбачено зможу індивідуального налаштування габаритних розмірів браслету під кожного окремого пацієнта, а використання методу не потребує додаткової підготовки шкіри та наявності знань про фізіологію м'язів для коректного розташування вимірювальних сенсорів.

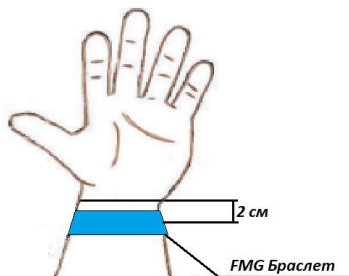


Рисунок 1. Розміщення FMG браслету.

Основними перевагами методу FMG є те, що при збереженні значної компактності вимірювального пристрою, при визначенні біологічного сигналу вдається досягти високих показників точності вимірювання та подальшої класифікації рухів, за рахунок одночасного аналізу показників від багатьох вимірювальних каналів. Цей метод не вимагає точного розміщення датчиків та особливої підготовки шкіри, і є доступною альтернативою для методів відстеження м'язової активності.

Однак, варто зазначити, що подібно до технології sEMG, методу Force-міографії також властиві деякі недоліки. Зокрема, ефективність проведення досліджень з використанням цієї технології зазнає зниження через нестаціо-

нарність моделей вихідних сигналів, що залежать від фізіологічної сили окремих м'язів. Також, важливим чинником що впливає на кінцевий отриманий сигнал, є коректне просторове розміщення датчиків у вимірювальному пристрої.

ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано основні методи дослідження активності м'язів рук, що можуть бути використані у біонічному протезуванні верхніх кінцівок. Зокрема, визначено та детально проаналізовано основні переваги та недоліки методу поверхневої електроміографії (sEMG) та Force-міографії (FMG), особливості їх реалізації та використання у вимірювальних пристроях біомедичного та протезного застосування.

На основі розглянутих вище методів можна зробити висновок, що Force-міографія є однією з найбільш доступних та простих в реалізації альтернатив традиційним методам визначення функціональної рухової активності м'язів рук, який дозволяє підвищити точність класифікації у органах керування біонічних протезів, що є особливо важливим для реалізації портативних low-cost систем штучних верхніх кінцівок. У подальших дослідженнях планується практична реалізація та перевірка ефективності методу FMG, при створенні мало-канальної системи керування біонічним протезом окремих пальців рук.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вонсевич К.П. Інформаційно-вимірювальна система міографу біонічного протезу кінцівки / К.П. Вонсевич, М.О. Безуглий, А.О. Гапонюк // Перспективні технології та прилади. — 2017. — №. 10. — С. 32–37.
2. Franti E, Milea L, Verona B. Methods of Acquisition and Signal Processing for Myoelectric Control of Artificial Arms / E. Franti, L. Milea, B. Verona // ROMANIAN JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY. – 2012. – № 2 – С. 91–105.
3. Farrell T.R, Weir R.F. SURFACE VS. IMPLANTED EMG FOR MULTI-FUNCTIONAL PROSTHESIS CONTROL: PILOT RESULTS / T.R. Farrell, R.F. Weir // MEC 05 Integrating Prosthetics and Medicine. – 2005. – № 5 – С. 17–20.
4. Вонсевич К.П. Оцінювання часових характеристик електроміограми функціональних рухів кисті руки для інтуїтивного керування біонічним протезом / К.П. Вонсевич, М.О. Безуглий, А.О. Гапонюк // Наукові Вісті НТУУ КПІ. — 2018. — №. 1. — С. 45–53.