

# NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ HOẠT ĐỘNG CỦA CƠ NGƯỜI TRONG QUÁ TRÌNH VẬN ĐỘNG THÔNG QUA TÍN HIỆU ĐIỆN CƠ

RESEARCH ON EVALUATING THE ACTIVITY LEVEL OF HUMAN MUSCLES DURING MOVEMENT BY ELECTROMECHANICAL

Nguyễn Hà Sơn<sup>1</sup>, Cao Đăng Quyết<sup>1</sup>,  
Phạm Văn Hà<sup>2</sup>, Nguyễn Thành Trung<sup>1,\*</sup>

DOI: <http://doi.org/10.57001/hu1h5804.2024.213>

## TÓM TẮT

Bài báo này trình bày một nghiên cứu về việc đánh giá sự tương xứng giữa mức độ hoạt động của cơ và tín hiệu điện cơ, thông qua việc so sánh lực nắm tay và tín hiệu điện cơ thu được từ cảm biến EMG Sensor V3 đo tại cơ gấp ngón tay nông. Dữ liệu tín hiệu điện cơ được thu thập qua thí nghiệm trên một người khi nắm tay với các mức lực 6kg, 13kg và 20kg. Giá trị tín hiệu điện cơ được chuẩn hóa thành hệ số mức độ hoạt động của cơ E và so sánh với các mức đo. Kết quả cho thấy, mức độ hoạt động của cơ có tỷ lệ thuận với biên độ của tín hiệu điện cơ được thu thập bằng cảm biến EMG. Từ kết quả cho thấy, phương pháp đánh giá tín hiệu điện cơ của nghiên cứu có thể ứng dụng trong lĩnh vực y tế, thể thao hay điều khiển, kiểm tra tính hiệu quả của các thiết bị trợ lực, thiết bị phục hồi chức năng.

**Từ khóa:** EMG, tín hiệu điện cơ, cơ gấp ngón tay nông.

## ABSTRACT

This paper presents a study on evaluating the correspondence between muscle activity levels and electromyography signals, by compare of the grip force and the electromyography signal obtained from the EMG Sensor V3 at the flexor digitorum superficialis muscle. Electromyography signal data were collected through an experiment on a person holding hand with the force levels of 6kg, 13kg, and 20kg. The electromyography signal value is normalized to the muscle activity level factor E and compared with the measured levels. The results show that the level of muscle activity is directly proportional to the amplitude of the electromyography signal collected by the EMG sensor. The results show that the electromechanical signal evaluation method of the study can be applied in the field of medicine, sports or control, testing the effectiveness of power assist devices, rehabilitation equipments.

**Keywords:** EMG, electromyography, flexor digitorum superficialis muscle.

<sup>1</sup>Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: trung.nguyenthanh@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 15/3/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/5/2024

Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2024

## 1. GIỚI THIỆU

Tín hiệu điện cơ (electromyography) là một dạng tín hiệu điện sinh học ghi lại hoạt động điện của cơ. Tín hiệu

điện cơ được sinh ra khi não bộ đưa tín hiệu điều khiển qua các neuron vận động đến các cơ, thường được biểu diễn là một hàm thời gian của biên độ, tần số và pha [1]. Tín hiệu điện cơ được cảm biến thu thập dựa trên sự thay đổi điện tích của bề mặt da khi có tín hiệu điều khiển từ não bộ. Đây là dạng tín hiệu dễ bị nhiễu bởi các tác nhân bên ngoài và tín hiệu đo của một cơ duy nhất có thể bị nhiễu do ảnh hưởng của các nhóm cơ lân cận (hiện tượng cross-talking) [2]. Do đó, việc thu thập tín hiệu điện của một nhóm cơ để tránh nhiễu do hiện tượng cross-talking cần được thực hiện khi các cơ lân cận ở trạng thái nghỉ. Ngoài ra, tín hiệu điện cũng phụ thuộc vào cơ địa và tình trạng sức khỏe của người thực hiện đo.

Tín hiệu điện cơ được vào các ứng dụng trong thể thao để phân tích quá trình thi đấu và tập luyện của các vận động viên, trong y tế [3, 4] khi người bệnh bị yếu cơ, liệt, có vấn đề liên quan đến vận động để phân biệt nguyên nhân xuất phát từ cơ hay do rối loạn thần kinh (não không thể gửi tín hiệu điều khiển đến cơ). Hiện nay, ứng dụng của tín hiệu điện cơ trong thiết bị trợ lực cho con người [5] cũng đã được nhiều tác giả thực hiện, trong đó có những tác giả đã sử dụng bộ cảm biến chi phí thấp như EMG Sensor V3 [6].

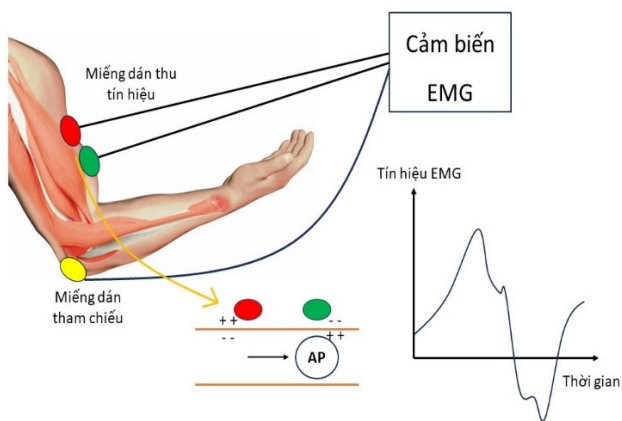
Đã có nhiều nghiên cứu tìm hiểu khả năng ước tính mức độ hoạt động của cơ thông qua biên độ của tín hiệu điện cơ [7, 8]. Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá sự tương xứng giữa mức độ hoạt động của cơ và tín hiệu điện cơ, thông qua việc so sánh lực nắm tay và tín hiệu điện cơ tại cơ gấp ngón tay nông. Chúng tôi đánh giá mức độ tương xứng dựa trên dữ liệu thu được qua nhiều lần tiến hành thí nghiệm với các giá trị đo thiết lập khác nhau. Phần còn lại của bài báo được trình bày như sau: Cơ sở lý thuyết đo tín hiệu điện cơ được trình bày ở phần 2; phần 3 trình bày về mô hình thí nghiệm; kết quả thí nghiệm được thể hiện trong phần 4 và cuối cùng là kết luận.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐO TÍN HIỆU ĐIỆN CƠ

### 2.1. Cơ sở đo tín hiệu điện cơ

Tín hiệu điện cơ (electromyography) là một dạng tín hiệu điện sinh học ghi lại hoạt động của cơ. Để thu thập được tín

hiệu điện cơ, người ta sử dụng cảm biến EMG, gồm 3 điện cực, trong đó 2 điện cực thu tín hiệu được gắn vào hai điểm giữa vùng cơ muốn đo, điện cực còn lại là điện cực tham chiếu được gắn ngoài vùng cơ cần đo (hình 1). Cơ hoạt động khi xuất hiện xung điện truyền từ não bộ xuống thông qua các dây thần kinh, từ đó dẫn đến sự thay đổi điện áp trên bề mặt da tại vùng cơ đang hoạt động. Sự thay đổi này được ghi lại bởi miếng dán điện cực, là thiết bị chứa một loại gel có khả năng dẫn điện tốt và bám dính với da người, tín hiệu điện sau đó được gửi về cảm biến EMG. Thông qua việc phân tích sự chênh lệch điện áp giữa 2 điện cực thu tín hiệu, cảm biến EMG có thể thể hiện được hoạt động của cơ bắp qua một hàm thời gian của biên độ, tần số và pha.



Hình 1. Cơ sở đo tín hiệu điện cơ bằng cảm biến EMG

**2.2. Cơ sở nhân trắc học về cơ gấp ngón tay nông**

Trong quá trình nắm tay, nhóm cơ gấp ngón tay đóng vai trò quan trọng nhất. Các cơ gấp ngón tay nằm sâu bên trong lòng bàn tay và có nhiệm vụ gấp các khớp ngón tay và tạo lực nắm chặt. Chúng làm co bóp các đốt ngón tay lại gần nhau để tạo ra độ nén và lực nắm chặt mạnh.



Hình 2. Giải phẫu cơ gấp ngón tay nông

Đối tượng đo tín hiệu điện cơ là cơ gấp ngón tay nông (hình 2). Cơ gấp ngón tay nông là một cơ nằm sâu trong cánh tay, chạy qua gần xương cánh tay và nối với các ngón tay, có vai trò chính là thực hiện chuyển động uốn cong các khớp ngón tay và tham gia vào quá trình nắm tay. Khi nắm tay, cơ gấp ngón tay nông phụ trách uốn cong các khớp ngón tay tại các mắt xích xương nằm ở gần móng tay. Điều này tạo ra sự uốn cong của ngón tay và giúp tạo ra lực cần thiết để nắm chặt tay. Cơ gấp ngón tay nông là một trong những nhóm cơ quan trọng trong quá trình nắm tay và thực hiện các hoạt động hàng ngày như cầm vật, nắm cửa, hoặc bắt tay. Ngoài ra, nó cũng đóng vai trò quan trọng trong việc thực hiện các hoạt động tinh tế như việc cầm bút, nhấn phím trên bàn phím hoặc thao tác trên điện thoại di động. Do có vai trò quan trọng nhất trong quá trình nắm tay, nghiên cứu lựa chọn cơ gấp ngón tay nông để thu thập tín hiệu điện cơ khi thực hiện hoạt động nắm tay cho thí nghiệm đo.

**3. MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM**

**3.1. Thiết lập thiết bị**

Thí nghiệm sử dụng một thiết bị đo lực cầm tay (hình 3), thiết bị được sử dụng để xác định lực mà các ngón tay tác dụng khi tiến hành thực hiện động tác gấp ngón tay. Giá trị thiết bị đo lực nằm trong khoảng từ 0 đến 130kg.



Hình 3. Thiết bị đo lực nắm tay

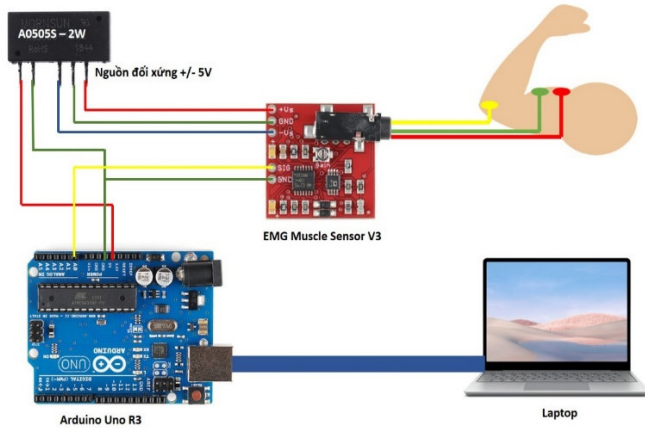
Cảm biến EMG Sensor V3 của trung tâm nghiên cứu và phát triển Advancer Technologies tại Hoa Kỳ được chọn để thu thập tín hiệu điện cơ. Cảm biến EMG Sensor V3 có thông số kỹ thuật như bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật cảm biến EMG Sensor V3

Thông số	Min	TYP	Max
Điện áp nguồn (Vs)	±3V	±5V	±30V
Hệ số khuếch đại Gain = 207*(X / 1 kΩ)	0,01 Ω (0,002x)	50 kΩ (10,350x)	100 kΩ (20,700x)
Tín hiệu điện áp đầu ra	0V	--	+Vs
Tín hiệu điện áp đầu vào	0 mV	2 - 5mV	+Vs/Gain

Tín hiệu của cảm biến được chuyển đổi từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số bằng bộ chuyển đổi ADC có độ phân giải

10 bit của bộ kit Arduino Uno R3. Phần mềm Arduino IDE hiển thị tín hiệu lên máy tính, sau đó phần mềm Matlab sẽ thu nhận tín hiệu thô và tiến hành xử lý qua bộ lọc thông thấp và đưa ra giá trị đầu ra.



Hình 4. Sơ đồ đấu nối thiết bị

### 3.2. Thiết lập thí nghiệm



Hình 5. Tư thế đo và vị trí đặt miếng dán điện cực

Từ giải phẫu cơ gấp ngón tay nông như hình 2, nghiên cứu đã xác định được vị trí đặt các miếng dán điện cực thu tín hiệu màu xanh và đỏ. Hai miếng dán sẽ được dán lên bề mặt da ứng với phần giữa của cơ. Để hạn chế nhiễu từ các cơ lân cận, miếng dán tham chiếu màu vàng được đặt vào phần da ở vị trí khớp khuỷu tay.

Trong nghiên cứu, một đối tượng nam 22 tuổi, chiều cao 170cm, cân nặng 55kg đã tham gia vào nghiên cứu. Trong một lần đo, người tham gia được hướng dẫn thả lỏng cơ trong 10s, sau đó nắm tay với mức lực 6kg trong 5s, tiếp tục thả lỏng trong 10s và thực hiện tương tự với các mức 13kg và 20kg. Mỗi lần đo được tiến hành cách nhau ít nhất 5 phút và kết quả thu được sau 10 lần đo. Tín hiệu thô thu được tiến hành lọc nhiễu bằng bộ lọc thông thấp trên phần mềm Matlab. Từ tín hiệu điện cơ thu được, mức độ hoạt động của cơ được đánh giá bởi hệ số mức độ hoạt động của cơ E theo công thức sau [9]:

$$E = \frac{EMG - EMG_r}{EMG_m - EMG_r} \times 100\%$$

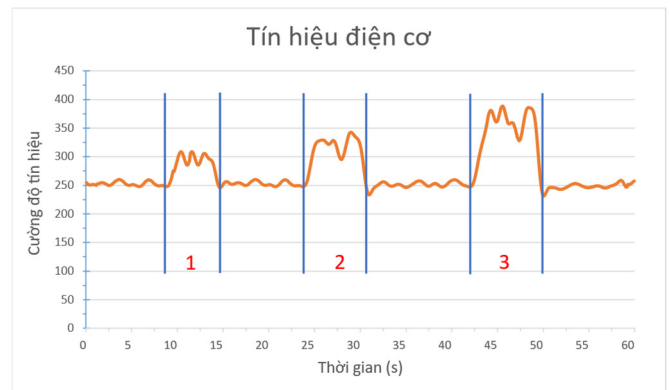
Trong đó:

- EMG: giá trị RMS của tín hiệu EMG khi đo các mức 6kg và 13kg;
- EMG<sub>r</sub>: giá trị RMS của tín hiệu EMG khi cơ thư giãn;
- EMG<sub>m</sub>: giá trị RMS của tín hiệu EMG khi đo mức 20kg.

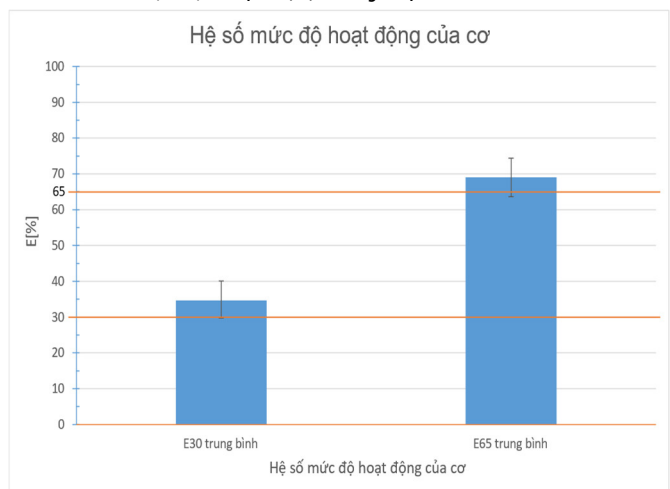
Dựa trên giá trị lực nắm 20kg, hai mức 6kg và 13kg tương ứng với 30% (6kg/20kg) và 65% (13kg/20kg). Hệ số E tại các trường hợp sẽ được so sánh tương ứng với 30% và 65%. Từ đó đánh giá được mức độ hoạt động của cơ dựa trên số liệu thu được trên cảm biến EMG và máy đo lực nắm tay.

### 4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Kết quả của một lần đo sau khi qua bộ lọc thông thấp được biểu diễn trên đồ thị ở hình 6. Tín hiệu điện cơ sau khi qua bộ chuyển đổi ADC độ phân giải 10 bit có giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến 1023. Đồ thị được phân thành ba vùng 1, 2 và 3 ứng với ba mức lực nắm tay là 6kg, 13kg và 20kg. Xen kẽ giữa các vùng là tín hiệu điện cơ khi cơ thả lỏng. Biên độ tại ba vùng 1, 2, 3 có giá trị RMS lần lượt là 295,346; 322,406 và 361,155. Từ đó chứng minh được rằng khi mức độ tác dụng lực tăng thì biên độ của tín hiệu điện cơ cũng tăng tương xứng.



Hình 6. Tín hiệu điện cơ qua bộ lọc thông thấp



Hình 7. Hệ số mức hoạt động của cơ E

Để đánh giá tỷ lệ tăng tương xứng của giá trị tín hiệu điện cơ và mức độ tác dụng lực của cơ, chúng tôi sử dụng hệ số mức độ hoạt động của cơ E như đề cập phía trên. Hệ số E

ứng với mức đo 6kg được ký hiệu là E30, với mức đo 13kg là E65. Giá trị trung bình sau 10 lần đo của hệ số E30 và E65 được thể hiện dưới dạng đồ thị độ lệch chuẩn tại hình 7. Giá trị trung bình của E30 là 34,698, độ lệch chuẩn 4,296%, giá trị trung bình của E65 là 69,043, độ lệch chuẩn 7,547%.

Giá trị trung bình của E30 cao hơn 4,698% so với 30%, giá trị trung bình E65 cao hơn 4,043% so với 65%. Kết quả trên cho thấy tín hiệu điện cơ của cơ gấp ngón tay nông khi nắm tay được thu thập thông qua cảm biến EMG Sensor V3 có tỷ lệ tăng tương xứng với lực nắm tay đo trên thiết bị đo so với một giá trị làm tham chiếu.

## 5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã trình bày thí nghiệm đo tín hiệu điện cơ tại cơ gấp ngón tay nông khi nắm tay. Kết quả thu được sau khi xử lý các số liệu cho thấy sự tăng tương xứng của tín hiệu điện cơ khi mức độ hoạt động cơ tăng. Tuy nhiên, việc thu thập tín hiệu điện cơ của nhóm tác giả vẫn hạn chế bởi thiết bị đo, thêm vào đó hiện tượng tín hiệu bị nhiễu bởi các cơ lân cận (hiện tượng cross-talking) có thể tạo ra sai số trong quá trình thu thập số liệu. Hướng phát triển tiếp theo của đề tài là sử dụng cảm biến EMG trong việc đánh giá độ hiệu quả của các thiết bị trợ lực cho con người hay thiết bị phục hồi chức năng. Nâng cao độ tin cậy của tín hiệu EMG để tăng khả năng ứng dụng vào các lĩnh vực y tế, thể thao hay áp dụng vào điều khiển các bộ khung xương trợ lực ngoài.

## LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ của các thành viên Kom Lab.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. J. Requena-Carrión, "The educational value of teaching biomedical engineering history," *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*, 2010.
- [2]. Dao Van Hiep, Dao Trung Kien, "Control of Exoskeleton using EMG sensors," *Vietnam Journal of Science and Technology, Version B*, 57(11), 19-25, 2015.
- [3]. Muhammad A. Khan, Saad Abdullah, Mauro Serpelloni, Emilio Sardini, "Design of FES based muscle stimulator device using EMG and insole force resistive sensors for foot drop patients," *Advanced Materials Letters*, 776-780, 2018.
- [4]. McManus L, De Vito G, Lowery MM, "Analysis and Biophysics of Surface EMG for Physiotherapists and Kinesiologists: Toward a Common Language With Rehabilitation Engineers," *Frontiers in Neurology*, 1-25, 2020.
- [5]. Jun Kitai, Takahiro Kosaki, Keita Atsuumi, Yuzo Takahashi, Manabu Sano, "Development of an EMG-based motion detector," in *Proceedings of the 9th JFPS International Symposium on Fluid Power*, Matsue, 2014.
- [6]. Ajins, Jaimon Shibu, Jithin Sulfikar, Viswas Eldo, "Bionic Arm Using Muscle Sensor V3," *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 1114-1117, 2017.
- [7]. Hoozemans MJ, van Dieën JH, "Prediction of handgrip forces using surface EMG of forearm muscles," *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 15(4):358-66.

[8]. Changcheng Wu, Hong Zeng, Aiguo Song, Baoguo Xu, "Grip Force and 3D Push-Pull Force Estimation Based on sEMG and GRNN," *Frontiers in Neurology*, 11, 2017.

[9]. Märt Reinvee, Peeter Vaas, Jaan Ereline, Mati Pääsuke, "Applicability of affordable sEMG in ergonomics practice," *Procedia Manufacturing*, 3, 4260-4265, 2015.

## AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Ha Son<sup>1</sup>, Cao Dang Quyet<sup>1</sup>, Pham Van Ha<sup>2</sup>, Nguyen Thanh Trung<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Technology, Vietnam

<sup>2</sup>Hanoi University of Industry, Vietnam