

### **Analiza pracy mięśni obiektu biomechanicznego z wykorzystaniem nowoczesnych technik pomiarowych**

Natalia Daniel<sup>1</sup>, Jerzy Małachowski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Wydział Mechatroniki Uzbrojenia i Lotnictwa, Instytut Techniki Rakietowej, Wojskowa Akademia Techniczna

<sup>2</sup>Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wojskowa Akademia Techniczna,  
email: natalia.daniel@wat.edu.pl, jerzy.malachowski@wat.edu.pl

**STRESZCZENIE:** Oprócz standardowych metod do analizy pracy mięśni takich jak pomiar elektromiograficzny (EMG) podczas ruchu dynamicznego znane są również inne metody takie jak metody optyczne. Jedną z nich jest metoda oparta na funkcjonalnej spektroskopii bliskiej podczerwieni (fNIRS). Ponadto jednym z nowych kierunków dotyczących analizy pracy mięśni jest jej badanie z jednoczesnym stosowaniem scenarii wirtualnej rzeczywistości (VR) w trakcie pomiaru w ruchu dynamicznym. Prace, w których zaimplementowano VR polegają na tym, iż uczestnikowi w trakcie wykonywania ćwiczenia wyświetlana jest wirtualna sceneria, a praca mięśni monitorowana jest przy wykorzystaniu EMG. Niemniej nie ma zbyt wielu wyników dotyczących wpływu VR na pracę mięśni. Nie znaleziono również prac, w których analizy pracy mięśni dokonywano by przy wykorzystaniu urządzeń fNIRS. Taki kierunek badań wymaga kontynuacji prac w zakresie wykorzystania samych urządzeń EMG oraz VR. W miarę rozwoju urządzeń pomiarowych ciekawym jest dostarczanie większej ilości danych dotyczących pracy mięśni na co mogłoby pozwolić stosowanie urządzeń połączonych fNIRS-EMG. Niniejsza praca ma na celu pokazanie uzyskanych dotychczas wyników z jednoczesnym wskazaniem urządzeń, które mogłyby dostarczyć więcej informacji na temat pracy mięśni podczas ruchu dynamicznego.

**SŁOWA KLUCZOWE:** EMG, fNIRS, VR

#### 1. Wstęp

W badaniach dotyczących analizy pracy mięśni podczas ruchu dynamicznego wykorzystuje się głównie czujniki sEMG (ang. surface electromyography), mające na celu rejestrowanie sygnału pomiarowego. Celem rejestracji sygnałów jest dostarczenie informacji obecnych w potencjałach czynnościowych mięśni [1]. Nie jest to jednak jedyne narzędzie, które może dostarczyć cennych informacji na temat pracy mięśni. Znaną, choć mniej powszechną metodą pomiaru jest również fNIRS (funkcjonalna spektroskopia bliskiej podczerwieni, ang. functional Near-Infrared Spectroscopy). Niemniej dotychczas przeprowadzone przez autorów badania [2] dotyczące jednoczesnego pomiaru fNIRS oraz EMG pokazały iż monitorowanie zmian sygnału podczas ruchu ujawnia wiele indywidualnych cech. Niesie to za sobą ograniczenie w postaci znalezienia wzajemnych relacji pomiędzy obiektami badawczymi. Ponadto ograniczenia takie jak jednoczesna rejestracja sygnałów fNIRS oraz EMG podczas ruchu dynamicznego jest problematyczna z uwagi na synchronizację oraz przemieszczanie się urządzeń pomiarowych. Dodatkowo ciekawym elementem w badaniach dotyczących analizy pracy mięśni jest wykorzystanie środowiska wirtualnej rzeczywistości (VR) celem sprawdzenia jej wpływu na zachowanie się mięśni [3][4]. Autorzy pracy postanowili zaprezentować wybrane wyniki jednoczesnego pomiaru EMG-fNIRS oraz przykładową koncepcję dodania aspektu wirtualnej rzeczywistości, zwracając szczególną uwagę na ograniczenia związane z tego typu badaniami. Głównym

wnioskiem z przeprowadzonych testów jest fakt, iż integracja EMG-fNIRS podczas badań ruchu dynamicznego z wykorzystaniem środowisk VR mogłaby dostarczyć istotnych danych w momencie zastosowania urządzeń połączonych EMG-fNIRS [5].

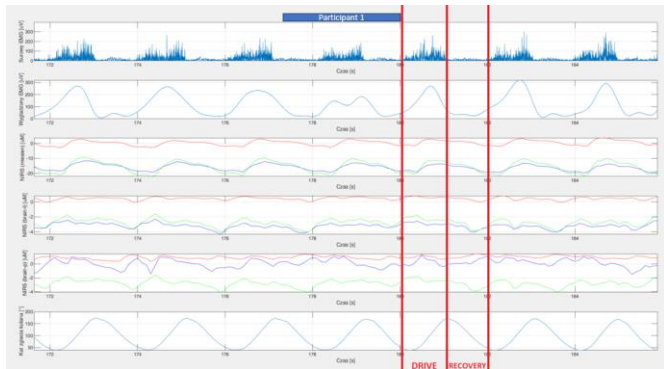
#### 2. Materiały i metody

W badaniu zastosowano sprzęt pomiarowy, w tym system Ultium EMG od firmy Noraxon oraz system OctaMon M od firmy Artinis. Ultium EMG, posiadający 32 kanały i próbkowanie na poziomie 4000 Hz, rejestrował sygnały elektryczne z mięśni. Z kolei OctaMon M monitorował zmiany w utlenowaniu mięśni, używając dwóch odbiorników i ośmiu nadajników. Pomiaru dokonano na 8 zawodnikach sekcji sportowej ergometr wioślarski AZS WAT. Dodatkowo do opracowania wniosków autorzy pracy wykorzystali doświadczenia zebrane z badań, w których do pomiaru wykorzystali wskazany powyżej system EMG oraz scenarie wirtualnej rzeczywistości, która wyświetlana była uczestnikom na goglach HTC VIVE Pro 2.

#### 3. Rezultaty

Na podstawie przeprowadzonych badań zestawiono wyniki dla wszystkich uczestników mając na celu znalezienie wzajemnych relacji pomiędzy sygnałami EMG oraz fNIRS na lewej nodze dla każdego z nich. W

zależności od wartości kąta zgięcia, a tym samym fazy ruchu określono momenty wysiłku „drive” oraz odpoczynku „recovery” stanowiące fazę pociągnięcia na ergometrze oraz fazę powrotu. Podziału dokonano w oparciu o teorię, iż wzrost amplitudy EMG następuje w tym samym czasie, kiedy wzrost stężenia hemoglobiny nieutlenowanej (Hhb). Przykładowe zestawienie sygnałów dla jednego uczestnika zaprezentowano na rysunku Rys.1:



Rys. 1. Zestawienie wyników EMG-fNIRS dla jednego uczestnika

Z uwagi na fakt, iż wysiłek wkładany w wykonywanie ćwiczeń powodował bardzo dużą potliwość oraz destabilizację urządzeń, manualna synchronizacja była obciążona zbyt dużym błędem. Nie pozwoliło to zatem na wykonanie analizy korelacji w obrębie grupy.

#### 4. Dyskusja

W koncepcji badań znajdować się miała również scenaria wirtualnej rzeczywistości, gdzie w konsekwencji można byłoby sprawdzić jej potencjalny wpływ na otrzymywane wyniki. Z uwagi na liczne ograniczenia występujące podczas samego ruchu dynamicznego oraz trudności w manualnej synchronizacji urządzeń zrezygnowano z dalszych prac. Niemniej na podstawie dokonanych badań oraz zebranych doświadczeń zauważono iż integracja EMG-fNIRS podczas badań ruchu dynamicznego z wykorzystaniem środowisk VR mogłaby dostarczyć istotnych danych w momencie zastosowania urządzeń połączonych EMG-fNIRS [5]. Wówczas jedno urządzenie mogłoby dostarczać informacje zarówno na temat aktywności mięśni jak i ich utlenowania. Zmniejszyłoby to również ryzyko związane odległością pomiędzy czujnikami zbierającymi dane, co pozwoliłoby na precyzyjne dostarczanie danych z tego samego miejsca. Dalsze prace z wykorzystaniem urządzeń VR są możliwe i rekomendowane. Aby wziąć pod uwagę rozszerzenie badań o kolejne urządzenia pomiarowe należy rozważyć rozbudowanie środowisk zintegrowanych.

#### 5. Konkluzje

Na podstawie przeprowadzonych badań opracowano kilka głównych wniosków:

- Integracja pomiarów EMG i fNIRS podczas badań w ruchu dynamicznym pozwala na uzyskanie danych na temat aktywności mięśni oraz ich utlenowania. Jednoczesne monitorowanie tych parametrów umożliwia bardziej szczegółową analizę pracy mięśni,

jednakże wymaga precyzyjnej synchronizacji urządzeń pomiarowych.

- Zastosowanie środowisk wirtualnej rzeczywistości (VR) w badaniach biomechanicznych ma potencjał do zwiększenia złożoności zadań motorycznych i analizy wpływu różnych warunków na pracę mięśni. Jednakże konieczne są dalsze badania w celu pełnego zrozumienia efektów VR na aktywność mięśniową, szczególnie w kontekście dynamicznych ruchów. W przypadku wykorzystywania większej ilości urządzeń rekomendowanym jest tworzenie środowisk zintegrowanych.
- Wprowadzenie do badań połączonych urządzeń EMG-fNIRS mogłoby znacząco usprawnić proces pomiaru, minimalizując problemy związane z synchronizacją danych i potencjalnymi błędami wynikającymi z przemieszczenia czujników. To nowatorskie podejście mogłoby dostarczyć bardziej precyzyjnych danych, zwiększając dokładność analiz biomechanicznych.

*Praca została wykonana w ramach projektu UGB nr 22-719.*

#### Literatura

- [1] Raez M.B.I., Hussain M.S., Mohd-Yasin F., Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications, *Biol Proced Online*, Vol. 8, pp. 11–35, 2006, doi: 10.1251/bpo115
- [2] Daniel N., Sybilski K., Kaczmarek W., Siemiaszko D., Małachowski J., Relationship between EMG and fNIRS during Dynamic Movements, *Sensors*, Vol. 23, No. 11, Article 5004, 2023, doi: 10.3390/s23115004.
- [3] de Vries A. W., Willaert J., Jonkers I., van Dieën J. H., Verschueren S. M. P., Virtual Reality Balance Games Provide Little Muscular Challenge to Prevent Muscle Weakness in Healthy Older Adults, *Games Health J.*, Vol. 9, No. 3, pp. 227–236, 2020, doi: 10.1089/g4h.2019.0036.
- [4] Jayarathne M., Wickramanayake D., Afsheenjan A., Ranaweera R., Weerasingha V., EMG based biofeedback system using a virtual reality method, in *2015 IEEE 10th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS)*, Dec. 2015, pp. 111–116, doi: 10.1109/ICIINFS.2015.7398995.
- [5] Di Giminiani R., Cardinale M., Ferrari M., Quaresima V., Validation of fabric-based thigh-wearable EMG sensors and oximetry for monitoring quadriceps activity during strength and endurance exercises, *Sensors (Switzerland)*, Vol. 20, No. 17, pp. 1–13, 2020, doi: 10.3390/s2017466