

# XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

# TKI2022

## TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

### Wpływ przygotowania posturalnego na stabilność postawy w odpowiedzi na przednio-tylnie zaburzenie podłoża

Piotr Wodarski<sup>1</sup>, Marta Chmura<sup>1</sup>, Michał Szlęzak<sup>2</sup>, Grzegorz Gruszka<sup>1</sup>, Justyna Romanek<sup>1</sup>, Marek Gzik<sup>1</sup>, Jacek Jurkojc<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Biomechatroniki, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Politechnika Śląska

<sup>2</sup>Centrum Medyczne Fizjosport, Gliwice, Stowarzyszenie Neurofizjologiczno-Ortopedycznych Terapeutów Manualnych

email: piotr.wodarski@polsl.pl, marta.chmura@polsl.pl, [michal@fizjosport.pl](mailto:michal@fizjosport.pl)

grzegorz.gruszka@polsl.pl, justyna.romanek@polsl.pl, marek.gzik@polsl.pl, jacek.jurkojc@polsl.pl

**STRESZCZENIE:** Prowadzone badania są próbą odpowiedzi na pytanie czy pojawienie się wzrostu napięcia mięśni na skutek informacji o nadchodzącej destabilizacji postawy wywołanej bodźcem zewnętrznym przynosi pozytywny rezultat w przeciwdziałaniu tej destabilizacji. W badaniach wzięła udział grupa 38 osób (27 kobiet i 11 mężczyzn, średni wiek  $23 \pm 2,6$ ). Wszystkie osoby deklarowały, że są zdrowe, nie miały problemów z układem ruchu. Każdy pacjent brał udział w trzech próbach: kiedy nie wiedział kiedy wystąpi zaburzenie i jaki będzie miało charakter (1), kiedy znał charakter zaburzenia ale nie wiedział kiedy ono wystąpi (2) i kiedy dokładnie znał chwile i rodzaj zaburzenia (3). W badaniach wykorzystano EMG do pomiaru aktywności mięśni, zestaw czujników inercyjnych i pomiary reakcji podłoża. Wyznaczono spoczynkową aktywność mięśni, aktywność mięśni związaną z przygotowaniem posturalnym do zaburzenia oraz przemieszczenie środka nacisku po zaburzeniu. Przeprowadzone analizy wskazują, że czynnikiem, który powoduje przygotowanie posturalne jest wiedza o chwili czasu w której nastąpi zaburzenie.

**SŁOWA KLUCZOWE:** przygotowanie posturalne, odpowiedź na zaburzenie, stabilizacja postawy, aktywność mięśniowa, kontrola postawy ciała

#### 1. Wprowadzenie

Przygotowanie organizmu do reakcji na zaburzenie może przyjmować różne formy. Ze względu na okres czasu w którym występuje przygotowanie przed zaburzeniem, możemy wyróżnić antycypacyjne przygotowanie posturalne (APA) oraz wczesne przygotowanie posturalne (EPA) [1, 2, 3]. APA i EPA wyznaczone są najczęściej poprzez pomiar aktywności mięśni [3] lub w pomiar przemieszczenia poszczególnych segmentów ciała, środka masy i środka nacisku [1, 2]. Ze względu na pomiary APA i EPA możemy wyróżnić dwa rodzaje bodźców, jeden związany z wewnętrzną inicjacją ruchu (ruch inicjowany własną intencją) i wskazywany przez Shumway-Cook and Woollacott [4] oraz Xie et al., [5] i drugi związany z zewnętrznym bodźcem (często destabilizującym postawę) który wywołuje ruch ciała i na który z kolei wskazują Cleworth et al. [1].

Autorzy Ritzmann et al. [6] wskazują na praktyczne wykorzystanie tego typu badań w określaniu rodzaju treningu, którego celem ma być zmniejszenie możliwości wystąpienia kontuzji na skutek upadku. Obserwacja APA ma także zastosowanie przy detekcji stabilności kończyn oraz do określania gotowości do powrotu do zdrowia np. po kontuzji.

Badania powiązań zależności pomiędzy wybranymi wielkościami określającymi reakcję na zaburzenia ze zmianami posturalnymi oraz zmianami aktywności mięśni na skutek APA pozwolą na określenie strategii utrzymywania równowagi i gotowości wykonywania szybkich reakcji na wytrącenia z równowagi. Dobrze

wytrenowana równowaga oraz zdolność reakcji motorycznych na jej zaburzenie pozwoli na zminimalizowanie ryzyka upadku oraz kontuzji dla osób w każdym wieku podczas wykonywania czynności dnia codziennego.

#### 2. Cel badań

Prowadzone badania są próbą odpowiedzi na pytanie czy pojawienie się wzrostu napięcia mięśni na skutek informacji o nadchodzącej destabilizacji postawy wywołanej bodźcem zewnętrznym przynosi pozytywny rezultat w przeciwdziałaniu tej destabilizacji.

#### 3. Materiał i metoda badawcza

W badaniach wzięła udział grupa 38 osób (27 kobiet i 11 mężczyzn, średni wiek  $23 \pm 2,6$ , masa  $70 \pm 17$  kg). Wszystkie osoby deklarowały, że są zdrowe, nie miały problemów z układem ruchu.

Procedura badawcza składała się z 2 etapów: spoczynek oraz perturbacje. Podczas pierwszej części badań – spoczynku (ERx), osoba badana została poproszona o to, aby usiadła na krześle, oparła stopy płasko o podłoże oraz rozluźniła mięśnie nóg. Badanie trwało 15 sekund, podczas których rejestrowano spoczynkową aktywność mięśni nóg.

W drugiej części badań pacjent brał udział w trzech próbach: kiedy nie wiedział kiedy wystąpi zaburzenie i jaki będzie miało charakter (1), kiedy znał charakter zaburzenia ale nie wiedział kiedy ono wystąpi (2) i kiedy dokładnie znał chwile i rodzaj zaburzenia (3).

W badaniach wykorzystano EMG do pomiaru aktywności mięśni, zestaw czujników inercyjnych i pomiary reakcji podłoża. Wyznaczono spoczynkową aktywność mięśni, aktywności mięśni związanej z przygotowaniem posturalnym. Dodatkowo wyznaczono przemieszczenia środka nacisku po zaburzeniu oraz prędkość tego przemieszczenia w początkowej fazie ruchu.

#### 4. Analiza wyników

W pierwszym etapie analiz wyznaczono średnią, spoczynkową wartość aktywności każdego z analizowanych mięśni EMGR<sub>x</sub>. Następnie aktywność każdego z mięśni podzielono przez wartość EMGR<sub>x</sub> dokonując standaryzacji zmierzonych wielkości do wartości uzyskanych podczas spoczynku.

Następnie wyznaczono początek ruchu bieżni dla ruchów w przód i tył na podstawie danych z czujnika IMU umieszczonego na pasie bieżni. W kolejnym kroku, w celu uzyskania odpowiedzi czy informacja o chwili i kierunku zaburzenia wpływa na wzrost napięcia mięśniowego mięśni nóg, zbadano aktywność mięśni nóg dla APA i EPA w próbach 1, 2 i 3.

Aktywność podzielono na następujące obszary:

- P0 to obszar aktywności mięśnia podczas swobodnego stania (od 1100 ms do 900 ms przed zaburzeniem),
- P1 to obszar poszukiwań wzrostu aktywności mięśnia na skutek EPA (od 600 ms do 400 ms przed zaburzeniem),
- P2 to obszar wzrostu aktywności mięśnia na skutek APA (od 150 ms przed zaburzeniem do 50 ms po zaburzeniu).

Do wyznaczenia aktywności mięśni związanej z APA i EPA (EMG<sub>APA</sub> i EMG<sub>EPA</sub>) wykorzystano zależności 1.1-1.5. Wartości EMG<sub>APA</sub> i EMG<sub>EPA</sub> wyznaczono dla każdego z badanych mięśni.

$$1.1 \quad P0 = \int_{-1100}^{-900} EMG dt$$

$$1.2 \quad P1 = \int_{-600}^{-400} EMG dt$$

$$1.3 \quad P2 = \int_{-150}^{50} EMG dt$$

$$1.4 \quad EMG_{EPA} = P1 - P0$$

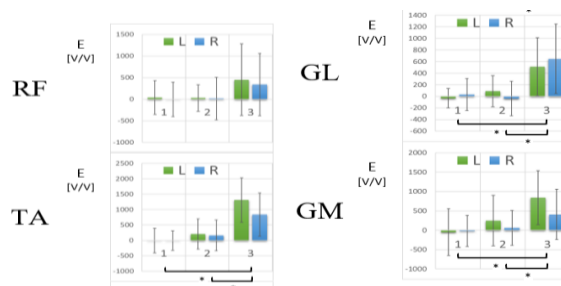
$$1.5 \quad EMG_{APA} = P2 - P0$$

W kolejnym etapie zbadano czy wzrost aktywności mięśni związany z APA wpływa na przemieszczenie oraz prędkość COP po wytrąceniu z równowagi. Prędkość COP analizowano jako przyrost przemieszczenia w okresie 150 ms po zaburzeniu, a przemieszczenie COP analizowano jako maksymalne wychylenie COP po zaburzeniu, niezależnie od chwili czasowej w którym wystąpiło, jednak nie później aniżeli dwie sekundy po zaburzeniu.

Dla obliczonych wartości przeprowadzono analizę statystyczną.

#### 5. Wyniki

Przykładowe wyniki aktywności wybranych mięśni dla ruchu bieżni w przód i związane z wystąpieniem APA zamieszczono na rys. 1.



Rys. 1. EMG<sub>APA</sub> dla wybranych mięśni RF (rectus femoris), TA (tibialis anterior), GL (gastrocnemius lateralis) i GM (gastrocnemius medialis) dla kolejnych badań Tr1, Tr2 i Tr3. Znacznikiem \* wskazano wartości różniące się istotnie statystycznie

Dla mięśni w których zaobserwowano przyrost obciążenia w fazie poszukiwań APA wyznaczono korelację pomiędzy wyliczoną wartością APA a prędkością COP w początkowej fazie ruchu oraz pomiędzy APA a maksymalnym wychyleniem COP na skutek zaburzenia. Wyniki przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Wyniki korelacji Pearsona dla wzrostu aktywności mięśni w fazie APA i prędkości przemieszczenia COP po zaburzeniu oraz dla wzrostu aktywności mięśni w fazie APA i maksymalnemu przemieszczeniu COP po zaburzeniu. W tabeli zaznaczono tylko wartości istotne statystycznie

APA – V						
	TA_L	TA_R	GL_L	GL_R	GM_L	GM_R
shift forward	0,72	0,70				
shift backward			0,54	0,56		

APA – COP displacement						
	TA_L	TA_R	GL_L	GL_R	GM_L	GM_R
shift forward	0,73	0,61				
shift backward			0,52	0,53		

#### 6. Wnioski

Przeprowadzone badania jednoznacznie wskazują, że czynnikiem powodującym przygotowanie posturalne i gotowości do reakcji na zaburzenie jest wiedza kiedy to zaburzenie wystąpi.

Istotnym czynnikiem związanym z przygotowaniem do zaburzenia okazało się napięcie mięśniowe, które wpłynęło na usztywnienie kończyn dolnych co spowodowało większe wychylenie środka nacisku po zaburzeniu.

#### Literatura

- [1] Wodarski P., Jurkoć J., Gzik M.: *Wavelet Decomposition in Analysis of Impact of Virtual Reality Head Mounted Display Systems on Postural Stability*, Sensors 2020, 20(24), 7138.
- [2] Wodarski P., Jurkoć J., Polechoński J., Bieniek A., Chrzan M., Michnik R., Gzik M.: *Assessment of gait stability and preferred walking speed in virtual reality*, Acta of Bioengineering and Biomechanics, Vol. 22, No. 1, s. 127-134, 2020
- [3] Horak F. B., Diener H. C., Nashner L. M., *Influence of central set on human postural responses*, Journal of Neurophysiology, 1989, 62(4):841-53.
- [4] LaPrade R.F., Morgan P. M, Fred A., *The Anatomy of the Posterior Aspect of the Knee. An Anatomic Study*, Journal of Bone and Joint Surgery, 2007, 89:758-764.
- [5] [Berg W. P., Hughes M. R., *The Effect of Load Uncertainty on Neuromotor Control in Catching: Gender Differences and Short Foreperiods*, Journal of Motor Behavior, 2020, 52(3):318-332.
- [6] Brian C. Horslen, Chantelle D. Murnaghan, J. Timothy Inglis, Romeo Chua, and Mark G. Carpenter, *Effects of postural threat on spinal stretch reflexes: evidence for increased muscle spindle sensitivity?* Neurophysiology, 2013, 110: 899-906.