



# **ELEKTROMIOGRAFIA W SPORCIE**

**Wybrane zastosowania praktyczne**

Redakcja:  
Zbigniew Borysiuk

---

# **ELEKTROMIOGRAFIA W SPORCIE**

**Wybrane zastosowania praktyczne**



---

# **ELEKTROMIOGRAFIA W SPORCIE**

**Wybrane zastosowania praktyczne**

Redakcja:  
Zbigniew Borysiuk



---

Opole 2015

---

Recenzent:  
dr hab. inż. Adam Czaplicki, prof. AWF

Sekretarz Redakcji:  
Monika Błaszczyszyn

Redakcja językowa:  
Renata Włostowska

Redakcja techniczna, projekt okładki:  
Przemysław Biliczak

Fotografia na okładce:  
Joanna Kidoń

Projekt graficzny i łamanie:  
Studio IMPRESO

© Politechnika Opolska & Studio IMPRESO 2015

---

Projekt realizowany w ramach programu MNiSW:  
„Rozwój sportu akademickiego Politechniki Opolskiej, w oparciu o nowoczesne metody  
diagnostyczne w aspekcie doskonalenia procesu treningowego”  
Nr projektu: RSA2 030 52, Nr umowy: 0010/RS2/2013/52

---

Wydawcy:  
Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej  
oraz  
Studio IMPRESO

**ISBN 978-83-937403-8-3**

Druk i oprawa: Studio IMPRESO  
Nakład: 200 egz. Ark. wyd. 11,5, ark. druk. 9,5

# Spis treści

	<b>Przedmowa</b> .....	<b>7</b>
	Zbigniew Borysiuk <b>Zastosowanie EMG w szermierce</b> .....	<b>13</b>
	Katarzyna Piechota <b>Zastosowanie EMG w lekkoatletyce (biegi krótkie)</b> .....	<b>41</b>
	Paweł Pakosz <b>Wzorce ruchowe techniki w sportach zespołowych na przykładzie koszykówki</b> .....	<b>73</b>
	Mariusz Konieczny <b>Asymetria czynnościowa w zapisie EMG</b> .....	<b>111</b>
	Monika Błaszczyszyn <b>Zastosowanie EMG w terapii urazów sportowych</b> .....	<b>135</b>



# Przedmowa

Ostatnie lata, dzięki rozwojowi nowych technologii, przydały badaniom w obszarze regulacji i sterowania czynnościami ruchowymi człowieka nowego blasku. Wprowadzenie na szerszą skalę elektromiografii powierzchniowej, w szczególności aplikacji telemetrycznej, umożliwiło precyzyjną ocenę procesu nauczania i doskonalenia techniki sportowej w większości konkurencji i dyscyplin sportowych, zarówno w badaniach laboratoryjnych, jak i cyklicznym procesie szkolenia. Napięcie bioelektryczne mięśni (EMG) wykorzystywane jest w kompleksowych systemach narzędzi diagnostyczno-badawczych wraz z EEG i zestawami szybkich kamer w układzie 3D. Niektórzy praktycy, w zależności od koncepcji, uzupełniają systemy badawcze o narzędzia z obszaru posturografii, czy też stosują urządzenia peryferyjne, umożliwiające przeprowadzanie eksperymentów z dziedziny psychomotoryki, w tym symulacji różnych wariantów odpowiedzi czuciowo-ruchowych. Postęp i bogactwo możliwości technicznych pozwalają na włączenie nowych urządzeń do praktyki treningu jako istotnych narzędzi nauczania ruchów z wykorzystaniem zjawiska sprzężenia zwrotnego (feedback). W tym kontekście można mówić o swoistym odświeżeniu koncepcji tworzenia programów motorycznych wg Schmidta, wyrażającej neuropsychologiczne podstawy nauczania ruchów i techniki sportowej. Nowe podejście każe widzieć strukturę sygnałów EMG jako emanację procesów informacyjnych w powiązaniu z sieciami sprzężeń zwrotnych oraz efektami motorycznymi, widocznymi w postaci konkretnych wzorców ruchowych.

Przedstawiony pogląd przez analogię przypomina znaną sprzed pół wieku koncepcję

Konorskiego i Hebba dotyczącą znaczenia zjawiska plastyczności synaptycznej w zapamiętywaniu i nauczaniu nowych ruchów. Autorzy koncepcji uważali, że nauczanie nowych ruchów nie zależy od liczby neuronów, lecz od liczby połączeń synaptycznych. Wprowadzili pojęcie długotrwałego wzmocnienia synaptycznego LTP oraz LTD jako długotrwałego osłabienia transmisji synaptycznej. Skonstatowali, że oba przeciwstawne procesy są niezbędne do nauczania motorycznego oraz korygowania i wygaszania błędnie opanowanych czynności ruchowych. Dzięki skonstruowaniu tomografów komputerowych i coraz większej popularności innych urządzeń skanujących zmiany w ośrodkach korowych OUN (IRM etc.), dawne teorie, oparte jedynie o przypuszczenia i dedukcję, zyskały ponownie na znaczeniu. Aktualnie, między innymi za sprawą Sadowskiego (2005) oraz dzięki eksperymentom badawczym, np. stymulacji odpowiednich obszarów pól ruchowych kory mózgowej, możemy, stosując EMG, prześledzić drogę przepływu impulsów wykonawczych do efektorów, określając strukturę napięcia bioelektrycznego mięśni.

Współczesne narzędzia diagnostyczne z jednej strony weryfikują uznane teorie, a z drugiej – utwierdzają nas w przekonaniu o ich ponadczasowym znaczeniu. Dotyczy to z całą pewnością najbardziej znanej i użytecznej nadal, wielowarstwowej, dynamicznej koncepcji sterowania ruchami człowieka, stworzonej przez Mikołaja Bernsteina już w latach trzydziestych XX wieku i promowanej przez wielu autorów, m.in. Czajkowskiego, Czyżę, Petryńskiego. Koncepcja ta wraz z modelem tzw. stopni swobody w nauczaniu motorycz-



nym nie straciła na aktualności i jest rozumiana jako integracja wyobrażeń ruchowych z danymi neurofizjologicznymi, neuropsychologicznymi i biomechanicznymi w badaniach nad ruchami lokomocyjnymi. Można stwierdzić, iż współczesne narzędzia badania podstaw sterowania ruchami człowieka przyczyniły się do dalszego rozwoju wiedzy i wykorzystywane są przez cybernetyków i automatyków do konstruowania robotów i urządzeń zastępujących utracone losowo lub przez proces starzenia funkcje ruchowe człowieka. Obecnie bionika i inżynieria medyczna przeżywają rozkwit, konstruowane są interfejsy mózg-maszyna, wykorzystuje się sygnały elektromiograficzne do akwizycji przez elektrody danych umożliwiających sterowanie protezami.

Z dużą pewnością należy stwierdzić, że przywołane wyżej trzy główne teorie, objaśniające kontrolę i nauczanie motoryczne, przeżywają swoisty renesans, co więcej, można zauważyć ich wzajemne przenikanie i uzupełnianie, widoczne w szczególności w nauczaniu i doskonaleniu techniki sportowej, w motoryce produkcyjnej oraz rehabilitacji po urazach i kontuzjach. Nie ulega wątpliwości, iż zastosowanie innowacji technologicznych stanowi bazę empiryczną dla omawianych koncepcji, czyniąc je bardziej zrozumiałymi i możliwymi do zastosowania w codziennej praktyce trenerów, nauczycieli wychowania fizycznego i fizjoterapeutów.

W niniejszej pracy zaprezentowano aplikację elektromiografii powierzchniowej z systemami wizualizacji i rejestracji sekwencji obrazu podstawowych technik sportowych w dwóch indywidualnych dyscyplinach: szermierce i lek-

koatletyce oraz w koszykówce jako przykładowej dyscyplinie zespołowej. Ponadto przedstawiono interesujące badania dotyczące symetrii i asymetrii funkcjonalnej lekkoatletów reprezentujących konkurencje techniczne o charakterze szybkościowo-siłowym, rejestrowane również przez EMG. Na zakończenie dokonano analizy terapii urazów w piłce nożnej z użyciem EMG oraz przedstawiono całą gamę zastosowań elektromiografii jako niezwykle użytecznego narzędzia zastosowania biofeedbacku w fizjoterapii.

Całość koncepcji pracy w znaczącym stopniu odpowiada programowi działań badawczych Katedry Antropomotoryki Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej. System stanowiący główne narzędzie badawcze został zaprojektowany tak, by spełniał kryterium mobilności i był użyteczny w procesie treningowym na salach sportowych oraz na bieżni lekkoatletycznej. Zarówno kamery, dwie wersje EMG (przewodowy i bezprzewodowy), synchronizator i inne urządzenia, jak i wyzwalacz bodźców akustycznych oraz narzędzia biomechaniczne służyły zasadniczemu celowi – wszechstronnej analizie wzorców ruchowych w kontekście praktycznego wykorzystania. Warto zaznaczyć, iż 16-kanalowe EMG zostało zakupione z grantu MNiSW na Rozwój Sportu Akademickiego w roku 2013, co samo w sobie stanowi zobowiązanie do badań o charakterze poznawczo-opisowym oraz badań aplikacyjnych wykorzystywanych bezpośrednio w procesie treningowym. Należy podkreślić, iż software oraz oprogramowanie systemu badawczego dają perspektywę uzyskania wybranych wskaźników z dziedziny psycho-

motoryki: reakcje proste i złożone, odpowiedzi antycypacyjne oraz kompleksowe reakcje w zależności od rodzajów stymulacji.

Ostatnia z wymienionych opcji badawczych znalazła szczególny wyraz w rozdziale poświęconym analizie rodzajów działań zaczepnych wykonywanych wypadem szermierczym. Oprócz dokładnego poznania i opisanie struktury sekwencji napięć mięśniowych kończyn biorących udział w wypadzie szermierczym, sformułowano model ruchowy tego podstawowego działania szermierczego, bazując na wzorcach motorycznych czołowych zawodniczek świata we florecie. W dalszej kolejności podjęto się oceny struktury wzorców ruchowych w zależności od specyfiki działań techniczno-taktycznych zawodniczek uprawiających szpadę. Przeprowadzono także analizę pchnięcia prostego i złożonego wypadem w odpowiedzi na bodźce wzrokowe i taktyczne. Wyniki badań były w dużej mierze zgodne z doświadczeniami trenerów szermierki oraz potwierdziły dotychczasowe ustalenia badaczy zawarte w licznych publikacjach. Nowych elementów należy upatrywać w zapisie wyprzedzającej struktury napięć bioelektrycznych mięśni, głównie kończyny zakroczonej, gdyż jej aktywność stanowi źródło informacji umożliwiających skuteczne działania antycypacyjne. Okazało się również, że atutem doświadczonych zawodniczek jest szybkie przetwarzanie informacji pomimo zwiększającej się skali trudności działań techniczno-taktycznych. Ponadto stwierdzono różnice w technice wypadu szermierczego: szpadzistki rozpoczynają od aktywności ręki atakującej, natomiast florecistki od ruchu nogi zakroczonej. Ciekawym wnioskiem praktycz-

nym jest zauważalny wzrost sygnału EMG w działaniach technicznych na klingę przeciwnika. Odpowiedzi na stymulację wizualną powodowały redukcję napięcia bioelektrycznego mięśni biorących udział w wypadzie.

Rozdział opisujący zastosowania EMG w lekkoatletyce tematycznie odnosi się do oceny efektywności startu sprinterów w powiązaniu z poziomem różnych aspektów motoryczności badanych zawodników. W koncepcji badawczej zwraca uwagę wykorzystanie wielu narzędzi i metod badawczych: EMG, szybkich kamer, synchronizatora, urządzenia wyzwalającego dźwięk, platformy Kistlera oraz fotokomórek. Rezultaty badań nie potwierdziły jednoznacznie korelacji pomiędzy szybkością reakcji startowej a prędkością pokonywania 30-metrowego dystansu przez zawodników etapu specjalistycznego i studentów wychowania fizycznego. W porównaniu z wzorcami ruchowymi szermierzy, którzy wraz ze wzrostem umiejętności generowali niższe wartości sygnału EMG, zaawansowani sprinterzy wyzwalali wyższe napięcie bioelektryczne mięśni zaangażowanych w wykonanie startu niskiego. Niezwykle ciekawe spostrzeżenia wynikły z obserwacji struktury napięcia mięśni w fazie przedstartowej. Sprinterzy aktywowali tylko mięsień *rectus femoris*, natomiast studenci wychowania fizycznego wiele innych mięśni, zbędnych dla jakości i efektywności startu niskiego. Spostrzeżenie to świadczy o znaczeniu fazy przygotowawczej w procesie wyobrażania struktury programu ruchowego, który należy wykonać.

W odniesieniu do badań koszykarzy należy wyróżnić wątek związany z wykorzystaniem zjawiska sprzężenia zwrotnego w nauczaniu

podstawowych technik: podań i rzutów do kosza. Autor zauważa, iż rejestracja napięcia bioelektrycznego kluczowych mięśni, aktywowanych w trakcie ruchów, stanowi źródło informacji wewnętrznych, odbieranych przez zawodników świadomie. Pozwalają one ocenić prawidłowości wykonania nawyku lub skorygować go, jeśli nie odpowiada wcześniej nabytemu wzorcowi. Użycie w badaniach szybkich kamer stanowi istotne uzupełnienie procesu doskonalenia nauczania techniki z wykorzystaniem feedbacku zewnętrznego w postaci wizualizacji wykonania ruchu. Dzięki mechanizmom pamięci długiego czasu oraz werbalnemu wzmocnieniu przez nauczających, uzyskuje się efekt synergii dwóch rodzajów – wewnętrznego i zewnętrznego sprzężenia zwrotnego. W badaniach wzięli udział koszykarze, reprezentujący trzy etapy szkolenia: wstępny, ukierunkowany i specjalistyczny. Dzięki temu odnotowano charakterystyczną tendencję, że wraz ze wzrostem poziomu sportowego zawodników redukcji ulegał czas aktywacji mięśni, natomiast wartość sygnału EMG wyraźnie wzrastała. Ponadto stwierdzono istotną korelację celności rzutów z aktywnością bioelektryczną mięśnia trójgłowego ramienia. Fakt ten upoważnia do stwierdzenia, że za skuteczność i precyzję ruchów w koszykówce w znacznej mierze odpowiadają właśnie prostowniki.

Zagadnienia symetrii i asymetrii funkcjonalnej z wykorzystaniem EMG przedstawiono w kolejnym rozdziale. Problematyka lateralizacji odgrywa istotną rolę w teorii motoryczności, tym bardziej że jej geneza nie jest w pełni rozpoznana od strony naukowej. Autor dokonał szerokiego przeglądu publikacji, prezentu-

jąc najbardziej uznane poglądy i teorie. Spostrzeżenia z jego badań własnych (konkurencje rzutowe, baseball) dowodzą, że błędy techniczne rejestrowane przez szybkie kamery skutkują wzrostem sygnału EMG pobudzanych mięśni. Porównanie aktywności bioelektrycznej kończyn dominujących i niedominujących najczęściej wyraża znacząco wyższą aktywację tych drugich. Efektywność i celność rzutów w lekkoatletyce zależy, podobnie jak w koszykówce, od aktywacji mięśni prostowników, głównie trójgłowego ramienia. Autor podjął się także badań aspektów symetrii dynamicznej techniki pokonywania przeszkód przez płotkarzy. Wyniki w zakresie EMG okazały się zbieżne z przedstawionymi wcześniej u sprinterów w fazie startu niskiego. Nasuwa się dość oryginalna konkluzja, że w sportach technicznych (konkurencje lekkoatletyczne) opartych na predyspozycjach szybkościowo-siłowych, obserwuje się wyższe parametry sygnału EMG. Innymi słowy mówiąc, mistrzostwo sportowe wiąże się ze zdolnością generowania większej aktywności bioelektrycznej mięśni, skorelowanej z siłą eksplozywną. Odwrotne zjawisko występuje w sportach walki opartych o predyspozycje szybkościowo-wytrzymałościowe (szermierka), gdzie zawodnicy wysokiej klasy swą perfekcję techniczną wyrażają przez niższą wartość sygnału EMG rejestrowanych mięśni.

Interesujący kontekst wykorzystania EMG przedstawiono w rozdziale traktującym o terapii kontuzji oraz profilaktyce występowania urazów w sporcie. Dokonano w nim prezentacji badań własnych dotyczących oceny aktywności EMG mięśni odpowiedzialnych za stabilizację stawu skokowego. Dzięki rejestracji

struktury napięcia mięśni, określono potencjalne mechanizmy występowania urazów w danych czynnościach ruchowych. Stwierdzono, że pożądane reakcje motoryczne, stymulowane wyprzedzająco przez OUN (przed kontaktem z podłożem), wyzwalają adekwatne napięcie mięśni stabilizujące stawy (skokowe kolanowe), zabezpieczając je przed uszkodzeniem. Generalnie autorka, analizując kontuzje w wielu dyscyplinach sportowych, formułuje wniosek, iż zmniejszona amplituda EMG to wyraz zmęczenia mięśni w związku z procesem hamowania nerwowo-mięśniowego, który towarzyszy urazom lub zwiastuje potencjalne kontuzje. Autorka rozdziału wskazuje także na bardzo korzystne efekty EMG-biofeedbacku, który jako postępowanie terapeutyczne istotnie przyspiesza powrót do stanu sprzed kontuzji, usprawniając m.in. propriocepcję.

Ambicją autorów poszczególnych rozdziałów niniejszej książki nie było szukanie głęboko naukowych wniosków i interpretacji czy też tworzenie teoretycznych podstaw motoryczności sportowej. Skupiliśmy się na opisie wzorców ruchowych oraz ich wnikliwej analizie w kontekście możliwie jak najpełniejszego wykorzystania w procesie nauczania i doskonalenia techniki sportowej. W większości prezentowanych badań dokonano porównań

struktury nawyków ruchowych zawodników wysokiej klasy i adeptów reprezentujących ukierunkowany etap szkolenia. Podejście takie usprawiedliwione jest potrzebą ukazania specyfiki nauczania motorycznego nowicjuszy i zawodników poziomu eksperckiego.

Przejrzysty układ rozdziałów, począwszy od wstępu, wyjaśniającego założenia procedur badawczych, po praktyczne wnioski, rekomendacje na przyszłość oraz aktualne piśmiennictwo, skłaniają do przypuszczenia, iż proponowana książka ma szansę trafić do szerszego grona czytelników, nie tylko badaczy obszaru sterowania i regulacji czynnościami ruchowymi człowieka, ale również trenerów, instruktorów, a nawet rodziców i samych zawodników. Źródłem owych oczekiwań i optymizmu na przyszłość jest fakt zastosowania w procesie badawczym nowoczesnych metod i narzędzi diagnostycznych, które wytyczają kierunki badawcze na najbliższy czas. Z satysfakcją odnotowuję zgodną współpracę i twórczy udział autorów poszczególnych rozdziałów monografii. Kieruję do nich szczególnie serdeczne słowa uznania wraz z podziękowaniami za włożoną pracę badawczą i przełożenie jej rezultatów na niniejszą publikację.

*Zbigniew Borysiuk*



# Zbigniew Borysiuk

Katedra Antropomotoryki  
Wydział Wychowania  
Fizycznego i Fizjoterapii  
Politechnika Opolska

## Zastosowanie EMG w szermierce

### Spis treści

Wprowadzenie	14
Wzorce ruchowe wypadu szermierczego wicemistrzyń olimpijskich we florecie – Sylwii Gruchały i Magdaleny Mroczkiewicz	19
Struktura wypadu szermierczego w zależności od stopnia trudności zadania techniczno-taktycznego	24
Rodzaje postrzegania a struktura wypadu w szermierce	30
Wybrane zastosowania praktyczne	35
Rekomendacje	36
Piśmiennictwo	37
Streszczenie/Abstract	37

## Zastosowanie EMG w szermierce

### Streszczenie

Celem badań była rejestracja i ocena struktury wzorców ruchowych pchnięcia prostego i złożonego wypadem szermierczym. Procedury badawcze składały się z trzech sesji: w pierwszej florecistki wykonywały na własną inicjatywę wypad i powrót do pozycji wyjściowej; w drugiej rejestrowano EMG i zsynchronizowany obraz video w trzech sytuacjach taktycznych – od prostej do złożonej techniki szpadowej; w trzeciej sesji szpadzistki wykonywały dwa zadania techniczno-taktyczne, warunkowane postrzeganiem wzrokowym i czuciowym. W badaniach wzięły udział wicemistrzynie olimpijskie we florecie, szpadzistka reprezentująca etap mistrzowski w szermierce i sześć junierek Makroregionu Śląskiego w szpadzie. Zastosowano trzy systemy diagnostyczne: 4-kanalowy EMG, zsynchronizowany zestaw dwóch szybkich kamer i przewodowego 4-kanalowego EMG oraz jako trzeci system 16-kanalowy, telemetryczny EMG zsynchronizowany z szybkimi kamerami. Uzyskane rezultaty badań pozwoliły określić strukturę pchnięcia prostego wypadem, różnicując

florecistki od szpadzistek. W odniesieniu do zawodniczek reprezentujących floret wypad rozpoczynała aktywacja mięśnia *rectus femoris* nogi zakroczonej, następnie napięcie bioelektryczne pojawiło się w mięśniu *biceps brachii* ręki atakującej i w końcowej fazie aktywacji ulegał mięsień dwugłowy kończyny wykroczonej. W szpadzie odmienny był początek działania, w którym pierwsza aktywacja dotyczy mięśni ręki atakującej. Stwierdzono istotną zależność sygnału EMG od złożoności zadań technicznych. Wraz z postępującą trudnością działania zwiększeniu ulegał czas aktywacji oraz EMG zaangażowanych mięśni do poziomu 877 uV. Odnotowano wyraźne zróżnicowanie struktury wypadu, biorąc pod uwagę stymulację wzrokową i dotykową. Kontrola wzrokowa obniżała napięcie bioelektryczne mięśni, wyzwalając u zawodniczek jako pierwszą reakcję działanie przedramienia kończyny atakującej. Uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę do nauczania techniki w szermierce z wykorzystaniem mechanizmów sprzężenia zwrotnego.

**Słowa kluczowe:** wypad szermierczy, EMG, nawyk ruchowy, stymulacja taktylna, działania złożone, procesy neuropsychiczne



## Application of EMG signals in fencing

### Abstract

The objective of the research study was to record and evaluate the motion model structure of simple and advance fencing lunge. The test procedures consisted of three sessions: during the first one, female foilists performed on their own initiative fencing lunge and the return to the "en garde stance", in the second one, the EMG signal was registered and the video image was synchronized in three tactical situations from simple to advance fencing techniques; in the third session, female épéeists performed two technical and tactical tasks, which were conditioned by visual and tactile stimuli. For the purpose of the research study were selected sportswomen - the vice-Olympic champions in foil, a female épéeist representing the championship stage in épée, and six junior sportswomen in saber from the Macro-region of Silesia. Three diagnostic systems were used: the 4-channel EMG system, synchronized set of two high-speed cameras and wired 4-channel EMG interface, and the third system was 16-channel telemetry EMG synchronized with speed cameras. The obtained results allowed determining the structure

of a fencing lunge, which varied among female foilists and épéeists. Regarding sportswomen representing foil, the muscle activation during fencing lunge motion starts from rectus femoris muscle of the front leg, then the bioelectric tension has occurred in the brachii biceps muscle of the attacking arm, and in the final activation phase of the femoris muscle of the leading leg. The beginning of the action varied for épée, where the first activation concerned muscles of the attacking arm. There was observed a significant relationship between the EMG signal and complexity of technical tasks. As the action become advanced, the activation time and the EMG signal of the involved muscles was raised up to the level of 877  $\mu\text{V}$ . There could be seen a clear diversity in the structure of fencing lunge, regarding the visual and feeling stimulation. The visual stimulus caused decreasing the bioelectric muscle tension by releasing reaction in female sportswomen-action in the forearm of the attacking arm. The obtained results can be the basis for teaching the fencing technique by using feedback mechanisms.

**Keywords:** fencing lunge, EMG signal, motor habit, tactile stimulation, advance actions, neuro-psychological processes







# Katarzyna Piechota

Katedra Antropomotoryki  
Wydział Wychowania  
Fizycznego i Fizjoterapii  
Politechnika Opolska

## Zastosowanie EMG w lekkoatletyce (biegi krótkie)

### Spis treści

Wprowadzenie	42
Skuteczność startu niskiego w zależności od poziomu sportowego sprinterów	48
Wpływ przygotowania motorycznego sprinterów na jakość wzorców ruchowych startu niskiego	55
Wybrane zastosowania praktyczne	65
Rekomendacje	66
Piśmiennictwo	67
Streszczenie/Abstract	68

## Zastosowanie EMG w lekkoatletyce (biegi krótkie)

### Streszczenie

Aktualnie nie tylko w praktyce sportowej wyznacza się narzędzia i metody badawcze, które dają w pełni, bądź zbliżony do perfekcji rezultat. Dzięki nowoczesnej technologii można uzyskać coraz dokładniejsze pomiary i wyniki. Idąc w kierunku techniki lekkiej atletyki mamy na uwadze badanie wzorców ruchowych, a także innych czynników wpływających na wynik końcowy. Takie możliwości można osiągnąć między innymi poprzez zastosowanie powierzchniowej elektromiografii komputerowej (EMG). Obecnie jest już możliwe rejestrowanie danych w rzeczywistych warunkach treningowych.

W niniejszym rozdziale przedmiotem szczegółowych analiz była faza startu niskiego rozumianego, jako kompleks składający się z fazy przedstartowej, samego startu oraz pierwszych 30 m dystansu. Zbadano przy użyciu EMG szczegółową strukturę wymienionych elementów startu sprinterskiego. Wykorzystano parametry sygnału EMG z 14 kluczowych mięśni wchodzących w skład typowego wzorca ruchowego. Dzięki zastosowaniu szybkich kamer możliwa była równoległa rejestracja czasu reakcji (RT) i czasu ruchu (MT). Istotnym elementem systemu badawczego był wyzwalacz dźwięku umożliwiający analizy ruchu w tym samym czasie. Wskaźnikami decydującymi o strukturze wzorca

ruchowego EMG są: napięcie bioelektryczne mięśni wyrażone w mikrowoltach [ $\mu\text{V}$ ] oraz czas aktywacji włókien [ms]. W wyniku rejestracji EMG oraz sekwencji klatek filmowych uzyskujemy zintegrowany model ruchu.

Celem pracy była analiza czynników efektywności startu niskiego w zależności od poziomu sportowego biegacza. Określono strukturę wzorców ruchowych startu niskiego badanych zawodników. Analizie zostały poddane interwały czasowe (timing) bioelektrycznej aktywności mięśni w fazie startu niskiego. Parametry wzorcowe (aktywność i napięcie bioelektryczne mięśni) uzupełniono o przygotowanie motoryczne sprinterów (maksymalna siła eksplozywna i moc kończyn dolnych, szybkość pokonania dystansu 5, 10 i 30 m). Analizie szczegółowej poddano także: czas pokonania pierwszego pełnego kroku biegowego sprinterów (pierwszy kontakt N zakroczonej i wykroczonej z podłożem).

Materiał badawczy stanowiła grupa zawodników etapu specjalistycznego (N = 5) oraz grupa studentów studiów magisterskich (N = 5).

Wyniki badań wskazują jednoznacznie, iż zawodnicy etapu specjalistycznego osiągają lepsze rezultaty w porównaniu z grupą osób studiujących.

W skoku w dal z miejsca, różnica pomiędzy grupami wynosi 0,29 m, natomiast w trójskoku z miejsca aż 1,13 m. Istotną rolę w szybkości pokonywania kolejnych metrów po starcie odgrywa siła eksplozywna kończyn dolnych w 3 oddanych skokach. Testy skoków na platformie wykazały, iż każdy oddany skok w grupie zawodników wykonywano średnio powyżej 0,50 m, co świadczy o ich potencjale motorycznym.

Na jakość wzorca ruchowego startu niskiego wpływa aktywacja oraz napięcie bioelektryczne mięśni. Na podstawie wyników badań grupa studencka aktywowała znacznie więcej mięśni niż zakładano. Największą aktywację EMG i siłę generowaną podczas startu niskiego osiągnął mięsień obszerny boczny – (*vastus lateralis*) i głowa przyśrodkowa

m. brzuchatego łydki (*gastrocnemius medialis*).

Brak podstawowych umiejętności technicznych oraz przygotowania motorycznego decydującego o starcie niskim spowodowało pobudzenie większej ilości grup mięśniowych wśród studentów, aniżeli zakładano. Im większa ilość aktywowanych mięśni tym jakość wzorcowa spada. Generowana jest wówczas większa siła przed sygnałem, co powoduje wcześniejszą aktywację dodatkowych mięśni. Im mniejszy poziom umiejętności technicznych, tym mniejsza moc generowana podczas przyspieszenia startowego.

Znajomość podstawowych zasad aktywności mięśni dla wysoce wykwalifikowanych zawodników jest niezbędnym czynnikiem wpływającym na efektywność startu niskiego.

**Słowa kluczowe:** start niski, EMG, czas reakcji prostej, aktywacja mięśni, struktura wzorca ruchowego, przygotowanie motoryczne, sprinterzy

## The application of EMG in athletics (short running)

### Abstract

At present there are being determined research tools and methods which provide perfect or almost perfect result, and that does not happen only in sports practice. Thanks to modern technology we can obtain more and more accurate meas-

urements and results. Moving on to the technique of athletics, we focus on testing movement patterns, as well as other factors influencing the final result. Such results may be obtained with the use of computerized surface electromyography (EMG),

among other things. Currently it is already possible to register data in the real training conditions.

In the present chapter there has been analysed in detail the phase of low start perceived as a complex consisting of the pre-start phase, the start itself and the first 30 metres of the distance. With the use of EMG there was examined the detailed structure of the above-referenced elements of sprint start. There were applied the parameters of the EMG signal from 14 key muscles constituting a typical movement pattern. Thanks to the use of fast cameras it was possible to register simultaneously the reaction time (RT) and movement time (MT). An essential part of the testing system was a sound trigger allowing for the analysis of movement within the same time. The indicators crucial for the structure of the EMG movement pattern are as follows: bioelectric muscle tension expressed in microvolts [ $\mu\text{V}$ ] and the time of fibre activation [ms]. Following the EMG registration and the sequence of film frames we receive an integrated movement pattern.

The aim of the research work has been to analyse the effectiveness factors of low start depending on the sports level of runners. The structure of movement patterns of the low start of the tested runners has been specified. There have been analysed the provided time intervals (timing) of bioelectric muscle activity in the low start phase. Pattern parameters (muscular activ-

ity and bioelectric muscle tension) have been supplemented by the motor preparation of sprinters (maximum explosive power and the power of lower limbs, the speed of covering the distance of 5 metres, 10 m and 30 m). There has also been made a detailed analysis of the time of covering the first full running step of sprinters (the first contact of the trail leg (N) and the lead leg with the ground).

The research material contained a group of the professional stage (N = 5) and a group of master's degree students (N = 5).

The test results indicate unambiguously that the professional stage runners have achieved better results as compared with the group of students.

In a standing long jump, the difference between the groups equals 0.29 m, whereas in standing triple jump the difference is as big as 1.13 m. A vital role in the speed of covering the metres following the start is played by explosive power of lower limbs in three taken jumps. The tests of jumps performed on a platform have shown that each jump in the professional group was taken on average above 0.50 m, which indicates their motor potential.

The quality of the low start movement pattern is influenced by muscle activation and bioelectric muscle tension. According to the test results, the student group has activated a much greater number of muscles than it had been projected. The greatest EMG activation and the power gener-

ated during the low start was achieved by vastus lateralis muscle (*vastus lateralis*) and gastrocnemius medialis.

Missing basic technical skills and motor preparation crucial for the low start has led to stimulating a greater number of muscle groups among students than it had been projected. The greater the number of activated muscles, the lower the pattern quality. The power generated before the signal

is then greater, which leads to earlier activation of the additional muscles. The lower the level of technical skills, the smaller the power generated during the start acceleration.

Familiarity with the basic principles of muscle activity for highly-qualified runners is the necessary factor influencing the effectiveness of the low start.

**Keywords:** low sprint-start, EMG, the simply reaction time, muscle activity, pattern movement structure, motor preparation, the sprinters





# Paweł Pakosz

Katedra Antropomotoryki  
Wydział Wychowania  
Fizycznego i Fizjoterapii  
Politechnika Opolska

## Wzorce ruchowe techniki w sportach zespołowych na przykładzie koszykówki

### Spis treści

Wprowadzenie	74
Nauczanie i doskonalenie techniki u koszykarzy będących na wstępnym, ukierunkowanym i specjalistycznym etapie szkolenia	76
Neuromięśniowe uwarunkowania nauczania techniki	78
Zastosowanie nowoczesnych narzędzi diagnostycznych do oceny techniki	83
Metody i rezultaty badań	84
Materiał badań	85
Podsumowanie	100
Piśmiennictwo	107
Streszczenie/Abstract	108

## Wzorce ruchowe techniki w sportach zespołowych na przykładzie koszykówki

### Streszczenie

W rozdziale podjęto próbę znalezienia związków pomiędzy parametrami umiejętności technicznych a aktywacją bioelektryczną mięśni 45 koszykarzy KU AZS PO Opole, będących na wstępnym, ukierunkowanym bądź specjalistycznym etapie szkolenia. Zawodnicy w trakcie procesu badawczego wykonywali próby umiejętności technicznych: rzuty wolne do kosza oraz podania do celu. Podczas prób mierzono elektromiografem pracę mięśni zginaczy i prostowników ramion, całość nagrywając kamerami Point Grey Gazelle. Analizie poddano każdą próbę badanej umiejętności zawodnika, uwzględniając przebieg aktywacji bioelektrycznej, czas aktywacji mięśni w ruchu oraz maksymalną i średnią wartość sygnału EMG w przedziale czasowym.

Analizując wyniki, dowiedziono, że czas aktywacji mięśni zaangażowanych w wykonanie ruchu ulegał redukcji u bardziej dokładnych i doświadczonych

zawodników. Ponadto wykazano korelację celności rzutów z aktywacją mięśnia trójgłowego ramienia prawej kończyny górnej, natomiast w przypadku podań – z aktywacją mięśnia dwugłowego ramienia lewej kończyny górnej. Jednocześnie w dominującym podczas rzutu mięśniu trójgłowym ramienia prawej kończyny górnej obserwuje się wyższą aktywację bioelektryczną i jednoczesną redukcję czasu aktywacji mięśniowej wraz z postępującym zaawansowaniem treningowym rzucającego. W pozostałych zbadanych mięśniach stwierdzono tendencję do zmniejszania aktywacji bioelektrycznej wraz z postępującym zaawansowaniem treningowym.

Powyższe wnioski dowodzą, iż włączenie do analizy procesu szkolenia współczesnych narzędzi diagnostycznych istotnie przyczynia się do optymalizowania i unowocześnienia procesu nauczania i doskonalenie nawyków ruchowych.

**Słowa kluczowe:** rzut wolny, podanie oburącz sprzed klatki piersiowej, elektromiografia, etap szkolenia



## Patterns of movement techniques in team sports applying the example of basketball players

### Abstract

In this chapter the attempt was made to find relations between parameters of technical skills and the bioelectrical activation of muscles on the group of 45 basketball players of the Academic Sports Association at the Opole University of Technology, who are in initial, targeted or specialized training phase. During the research process, the players were undertaking attempts according to their technical skills, such as: free throws and target pass. The performance of flexors and extensors of arms was measured when performing every attempt by using electromyograph, and all the data was recorded by Point Grey Gazelle cameras. Each of the attempts performed by a player according to his ability was analysed, having regard to the EMG curve, the period of muscle activation in motion and the maximum and average value of EMG signal in the time interval were taken into account.

By analysing the results it was demonstrated that the period of muscle activa-

tion involved for execution of the motion was lower by more accurate and experienced players. Furthermore, the correlation of throw accuracy with activation of the triceps muscle of the right arm was indicated, whereas in the case of passes it was also correlated with activation of the biceps muscle of the left upper limb. At the same time, the triceps muscle of the right upper limb being dominant at the time of throw, a higher bioelectric activation and simultaneous reduction of the period of muscle activation is observed, along with the progressive advancement in training of the basketball thrower. The other examined muscles indicated the tendency to decrease the bioelectrical activation with progressive advancement in training.

The findings mentioned above show that incorporation of modern diagnostic tools into the analysis of the training process contributes significantly to optimize and modernize the teaching process and improvement of motor habits.

**Key words:** free throw, two hand chest pass, electromyography, training stage





# Mariusz Konieczny

Katedra Antropomotoryki  
Wydział Wychowania  
Fizycznego i Fizjoterapii  
Politechnika Opolska

## Asymetria czynnościowa w zapisie EMG

### Spis treści

Wprowadzenie	112
Symetria i asymetria w sporcie	114
Badania nad różnymi aspektami asymetrii z wykorzystaniem elektromiografii powierzchniowej	115
Asymetria czynnościowa w zapisie EMG w wybranych symetrycznych i asymetrycznych dyscyplinach sportu – badania własne	119
Podsumowanie	130
Wnioski i rekomendacje	131
Piśmiennictwo	131
Streszczenie/Abstract	133

## Asymetria czynnościowa w zapisie EMG

### Streszczenie

Badanie asymetrii czynnościowej za pomocą zapisu EMG nie jest nowym zjawiskiem, jednakże dopiero współczesne rozwiązania techniczne stosowanej aparatury pozwalają wyeliminować szereg błędów w odbiorze, rejestracji i przetwarzaniu danych. W powiązaniu z innymi narzędziami stwarza to możliwość dokładniejszych badań nad procesami powiązań aktywności mózgu z asymetrią wykonywanych czynności. Przedstawione w rozdziale wyniki badań różnych autorów ukazują szeroki wachlarz możliwości wykorzystania elektromiografii powierzchniowej w badaniach nad lateralizacją. W prezentowanych badaniach własnych skupiono uwagę nad statystyczną istotnością różnic w czynnościach o symetrycznej i asymetrycz-

nej strukturze ruchu wybranych dyscyplin sportowych. Założeniem prowadzonych analiz nie było określenie dominującej kończyny, lecz wspomniana istotność różnic oraz ukazanie asymetrycznej amplitudy średnich wartości napięcia bioelektrycznego pomiędzy wybranymi mięśniami. Prezentowane wyniki zdają się potwierdzać słuszność postawionego celu, jednakże nie są jednoznaczne. Zastosowanie EMG w badaniu czynności mięśniowej dyscyplin o symetrycznej strukturze ruchu może być przydatne w określaniu lateralizacji. W przypadku dyscyplin asymetrycznych może przysłużyć się w określeniu różnic w technice między klasami zawodników, co ma związek z dużym wpływem techniki na różnice w zapisie EMG.

**Słowa kluczowe:** asymetria czynnościowa, EMG

## Functional asymmetry in the EMG recording

### Abstract

The study of functional asymmetry by means of EMG recording is not a new phenomenon however, only modern technology of the apparatus used in the research help to eliminate a number of errors in reception, registration and data processing. When used with other tools it creates possibility of more accurate studies on the processes of the link between brain activity with asymmetry of the operations. The results of the researches of various authors, presented in this section, show a wide range of possibilities using the surface electromyography in lateralization studies. In the presented own researches the attention was focused on the statistical significance of differences in symmetric and asymmetric activities

in chosen sports. The assumption of the analysis was not to determine a dominant limb but to determine significance of differences mentioned above and show the asymmetric amplitude of the average bio-electrical voltage between chosen muscles. Presented results seem to confirm the rightness of the aim of the research however are not conclusive. The use of EMG in the study of muscle activity in disciplines of the symmetrical structure of movement can be useful in determining the laterality. In the asymmetric disciplines can help to determine the difference in technique between categories of players, which is related to a large influence of technology on the differences in the EMG recording.

**Keywords:** functional asymmetry, EMG



# Monika Błaszczyszyn

Katedra Antropomotoryki  
Wydział Wychowania  
Fizycznego i Fizjoterapii  
Politechnika Opolska

## Zastosowanie EMG w terapii urazów sportowych

### Spis treści

Wprowadzenie	136
Funkcjonalna niestabilność	138
Zastosowanie EMG w terapii urazów	142
Podsumowanie	148
Wybrane zastosowania praktyczne	149
Rekomendacje	149
Piśmiennictwo	150
Streszczenie/Abstract	151

30. Merletti R., Parker P.A. (2004), „Electromyography, Physiology, Engineering and noninvasive applications”. New Jersey: IEEE Press.
31. Munn J., Sullivan S.J., Schneiders A.G. (2010), *Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: a systematic review with meta-analysis.* „J Sci Med Sport”. Jan; 13(1): 2–12.
32. Ogrodowicz P. (2010), *Wpływ jednostronnej, pourazowej, nawrotowej, przedniej niestabilności stawu ramiennego na zaburzenie propriocepcji dynamicznej, wyrażonej jako błąd czynnego odtworzenia pozycji stawu ramiennego w przestrzeni. Rozprawa doktorska. Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu.*
33. Oravitan M., Avram C. (2013), *The Effectiveness of Electromyographic Biofeedback as Part of a Meniscal Repair Rehabilitation Programme.* „Journal of Sports Science and Medicine” 12: 526–532.
34. Reeser J.C., Verhagen E., Briner W.W., Askeland T.I., Bah R. (2006), *Strategies for the prevention of volleyball related injuries.* „Br J Sports Med”, 40: 594–600.
35. Ristolainen L., Heinonen A., Turunen H. i wsp. (2010), *Type of sport is related to injury profile: a study on cross country skiers, swimmers, long-distance runners and soccer players. A retrospective 12-month study.* „Scand J Med Sci Sports”. 20(3): 384–393.
36. Rosen A., Swanik C., Thomas S. i wsp. (2013), *Differences in Lateral Drop Jumps From an Unknown Height Among Individuals With Functional Ankle Instability.* „Journal of Athletic Training” 48(6): 773–781.
37. Steffen K., Myklebust G., Olsen O.E. i wsp. (2008), *Preventing injuries in female youth football: a cluster-randomized controlled trial.* „Scand J Med Sci Sports”. 18(5): 605–614.
38. Suda E.Y., Sonsino Pereira C. i wsp. (2007), *Vertical ground reaction forces and EMG during landing in functionally unstable ankle. XXV ISBS Symposium, Ouro Preto – Brazil.*
39. Thomas S., Matsen F. (1987), *An approach to the repair of avulsion of the glenohumeral ligaments in the management of traumatic anterior glenohumeral instability.* „J Bone Joint Surg Am” 69(6): 904–913.
40. Torres Pirauá A.L., Rodarti Pitangui A.C., Pereira Silva J. (2014), *Muana Hiandra Pereira dos Passos, Valéria Mayaly Alves de Oliveira, Laísila da Silva Paixão Batista, Rodrigo Cappato de Araújo Electromyographic analysis of the serratus anterior and trapezius muscles during pushups on stable and unstable bases in subjects with scapular dyskinesis.* „Journal of Electromyography and Kinesiology” 24: 675–681.
41. Tropp H. (2002), *Commentary: Functional Ankle Instability Revisited.* „J Athl Train”. Oct-Dec; 37(4): 512–515.
42. Tzannes A., Murrel G.A.C. (2004), *An assessment of the inter-examiner reliability of tests for shoulder instability.* „The Journal of Shoulder and Elbow Surgery” 13: 18–23.
43. Vleck V.E., Bentley D.J., Millet G.P. i wsp. (2010), *Triathlon event distance specialization: training and injury effects.* „J Strength Cond Res” 24: 30–36.
44. Willems T., Witvrouw E., Verstuyft J. i wsp. (2002), *Proprioception and Muscle Strength in Subjects With a History of Ankle Sprains and Chronic Instability.* „J Athl Train.” Oct-Dec; 37(4): 487–493.
45. Yang J., Tibbetts A.S., Covassin T. i wsp. (2012), *Epidemiology of overuse and acute injuries among competitive collegiate athletes.* „Journal of Athletic Training”, 47(2): 198–207.
46. Yard E.E., Schroeder M.J., Fields S.K. i wsp. (2008), *The epidemiology of United States high school soccer injuries, 2005–2007.* „Am J Sports Med.” 36(10): 1930–1937.
47. Zebis M.Z., Bencke J., Andersen L.L. i wsp. (2011), *Acute fatigue impairs neuromuscular activity of anterior cruciate ligament-agonist muscles in female team handball players.* „Scand J Med Sci Sports” 21: 833–840.
48. <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/functional+instability>.
49. <http://www.seniam.org/>.

## Zastosowanie EMG w urazach sportowych

### Streszczenie

W niniejszym rozdziale dokonano przeglądu piśmiennictwa dotyczącego urazów w sporcie oraz wykorzystania EMG w terapii i zapobieganiu występowania urazów w sporcie. Ponadto przedstawiono analizę badań własnych dotyczących oceny aktywności EMG mięśni odpowiedzialnych za stabilizację stawu skokowego.

Na podstawie niniejszej publikacji można stwierdzić, że problem urazów

w sporcie jest dość szeroko opisany przez licznych autorów, jednak brakuje wspólnego stanowiska co do ujednoczonego postępowania metodologicznego. Autorzy zajmujący się problemem urazów wskazują, iż pierwszą fazą prac powinny być ujednoczone dla wszystkich dyscyplin sportu badania epidemiologiczne, dające rzetelny obraz liczby występujących urazów, ich lokalizacji, mechanizmu powsta-

nia; a następnie opracowanie wspólnej strategii terapeutycznej urazów, a przede wszystkim spójnego systemu zapobiegania ich występowaniu. EMG wydaje się być skutecznym i rzetelnym narzędziem do oceny aktywności mięśni u zawodników różnych dyscyplin. Dane uzyskane podczas analizy mogą przyczynić się

do usprawnienia procesu treningowego, a przede wszystkim – zgodnie z tematem podjętego rozdziału – służyć jako narzędzie do oceny postępów w terapii urazów sportowych, jako metoda postępowania rehabilitacyjnego, a głównie jako czynnik prognostyczny w przeciwdziałaniu powstawania kontuzji u sportowców.

**Słowa kluczowe:** elektromiografia powierzchniowa, urazy w sporcie, funkcjonalna niestabilność

## Application of EMG signal in sports injuries

### Abstract

This chapter reviews the available references concerning injuries in sports and the usage of EMG signal in treatment and prevention of sports injuries. Furthermore, there were also described the analysis based on own research results related to evaluation of EMG activity of muscles responsible for ankle stabilization.

On the basis of this publication, it can be stated that the problem of injuries in sports is fairly widely described by many authors, however, there is a lack of common statement regarding the unified methodological procedure. The authors dealing with the problem of injuries indicate that the first stage of the work should involve epidemiological studies being adequate referring to

all sports disciplines. Reliable overview has been provided on the amount and location of injuries that occur, on the mechanism in which they are formed, and then develop a common therapeutic strategy of injuries; above all, the consistent prevention system should be developed. The EMG signal seems to be an effective and reliable tool for evaluation of muscle activity in sportsmen and sportswomen of various disciplines; the data obtained during the analysis can be supportive to improve the training process, according to the subject of the chapter, it should serve as a method for rehabilitation process, and mainly as a prognostic factor in preventing the formation of injuries in sportsmen and women.

**Keywords:** surface electromyography, injuries in sport, functional instability



Autorzy niniejszej monografii zdecydowali się na wykorzystanie EMG do ustalenia sekwencji pobudzenia mięśni i czasu trwania ich aktywacji podczas wykonywania charakterystycznych aktów ruchowych w wybranych dyscyplinach sportowych. Sprzęgając sygnał EMG z kamerami wideo, ukazywali dodatkowo proces transformacji pobudzenia mięśni w ruch segmentów ciała. Identyfikacja wzorców ruchowych może mieć istotne znaczenie praktyczne dla trenerów i zawodników, okazały się one bowiem zależne od poziomu sportowego badanych lub okresu treningowego, co jednoznacznie wskazuje na ich potencjalną przydatność przy doskonaleniu techniki sportowej. Przedstawiona do recenzji monografia jest, moim zdaniem, godną uwagi publikacją naukową, której zawartość stanowi zwieńczenie wieloletnich badań naukowych prowadzonych przez poszczególnych autorów.

*dr hab. inż. Adam Czaplicki, prof. AWF*

Akademia Wychowania Fizycznego w Warszawie  
Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu  
w Białej Podlaskiej

Projekt realizowany w ramach programu MNiSW:

**„Rozwój sportu akademickiego Politechniki Opolskiej, w oparciu o nowoczesne metody diagnostyczne w aspekcie doskonalenia procesu treningowego”**

Nr projektu: RSA2 030 52, Nr umowy: 0010/RS2/2013/52



ISBN 978-83-937403-8-3

Opole 2015

