

Karina NOWAK¹, Grzegorz SOBOTA¹, Grzegorz HAJDUK², Bogdan BACIK¹,
Damian KUSZ²

¹Katedra Motoryczności Człowieka, Zakład Biomechaniki, Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki, Katowice

²Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Śląskiego Uniwersytetu Medycznego Katowice

WPLYW ZMĘCZENIA NA WARTOŚĆ SYGNAŁU BIOELEKTRYCZNEGO W TEŚCIE MVC U PACJENTÓW Z GONARTROZĄ

Streszczenie. Celem pracy była ocena zmian amplitudy sygnału bioelektrycznego mięśnia czworogłowego uda, rejestrowanego podczas maksymalnego skurczu izometrycznego (*maximum voluntary contraction* – MVC) przed i po serii testów funkcjonalnych. Badaniu poddano 22 osoby zakwalifikowane do zabiegu endoplastyki stawu kolanowego. Zaobserwowano wzrost wartości amplitudy sygnału bioelektrycznego poszczególnych głów mięśnia czworogłowego podczas maksymalnego skurczu izometrycznego (MVC) po wykonanych testach funkcjonalnych. Mogłoby to świadczyć o zmęczeniu mięśnia i konieczności uwzględnienia tego efektu w procedurach normalizacji zapisu EMG oraz podczas interpretacji wyników lub modyfikacji metodyki prowadzonych testów funkcjonalnych.

1. WSTĘP

Wykonywana praca mięśniowa związana jest nierozłącznie ze zjawiskiem zmęczenia, którego mechanizm nie jest w pełni poznany [5]. Do oceny zmęczenia i obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego można wykorzystać parametry elektromiografii powierzchniowej, która jest nieinwazyjną metodą polegającą na rejestracji czynności elektrycznej mięśni [2]. Na pierwszy plan, w każdej definicji zmęczenia wysuwane jest zakłócenie równowagi podstawowych procesów życiowych (biochemicznych, fizjologicznych, psychicznych zachodzących pod wpływem wykonywanej pracy), które prowadzą do obniżenia zdolności do pracy [1]. Zachodzące pod wpływem zmęczenia mięśnia zmiany widoczne są w zapisie elektromiogramu poprzez zmianę wartości parametrów sygnału EMG. Proces ten powoduje wzrost amplitudy sygnału EMG oraz przesunięcie widma mocy w kierunku niskich częstotliwości, co uwidacznia się w zmianie wartości parametrów sygnału bioelektrycznego [3].

Powstające zmęczenie lokalne mięśni jest jednym z pojawiających się problemów podczas analizy sygnału bioelektrycznego, które może mieć wpływ na wyniki badań.

W pracy podjęto więc próbę oceny zmian amplitudy sygnału bioelektrycznego mięśnia *quadriceps femoris*, rejestrowanego podczas tzw. testu MVC (maksymalny wolicjonalny skurcz izometryczny, z ang. *maximum voluntary contraction*) przed i po serii standardowych testów funkcjonalnych oceniających stan pacjenta.

Postawiono następujące pytania badawcze:

- 1) Czy występują zmiany amplitudy sygnału bioelektrycznego mięśnia czworogłowego uda, rejestrowanego podczas testu MVC przed i po serii testów funkcjonalnych?
- 2) Czy zaobserwowane zmiany mogą wpłynąć na dalszą analizę i interpretację znormalizowanego sygnału bioelektrycznego?

2. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w Katedrze i Klinice Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach. Ocenie klinicznej podlegały 22 osoby z chorobą zwyrodnieniową stawu kolanowego zakwalifikowanych do zabiegu endoplastyki. Po wstępnej weryfikacji do dalszych badań przystąpiło 20 osób (tabela 1). Badania przeprowadzono przed zabiegiem operacyjnym. Za pomocą urządzenia MyoTrace400 (Noraxon, USA) rejestrowano sygnał bioelektryczny mięśnia *quadriceps femoris* podczas testu MVC wykonanego dwukrotnie: przed i po serii testów funkcjonalnych.

Tabela 1. Charakterystyka grupy badawczej

PLEĆ	N	WIEK [LATA]		WZROST [M]		MASA [KG]	
		ŚREDNIA	ODCH ST.	ŚREDNIA	ODCH ST.	ŚREDNIA	ODCH ST.
K	13	67.4	6.33	1.61	0.079	85.8	13.20
M	7	68.8	7.52	1.69	0.092	89.7	15.55
RAZEM	20	67.8	6.54	1.63	0.091	87.0	13.64

Elektrody powierzchniowe umieszczono zgodnie z ogólnymi zaleceniami SENIAM, na prawej kończynie dolnej (RT) oraz lewej (LT) rejestrując sygnał z następujących mięśni: *rectus femoris* (RF), *vastus medialis* (VMO) i *vastus lateralis* (VLO). Sygnał bioelektryczny wykorzystywany jest do normalizacji amplitudy zapisu elektromiograficznego.

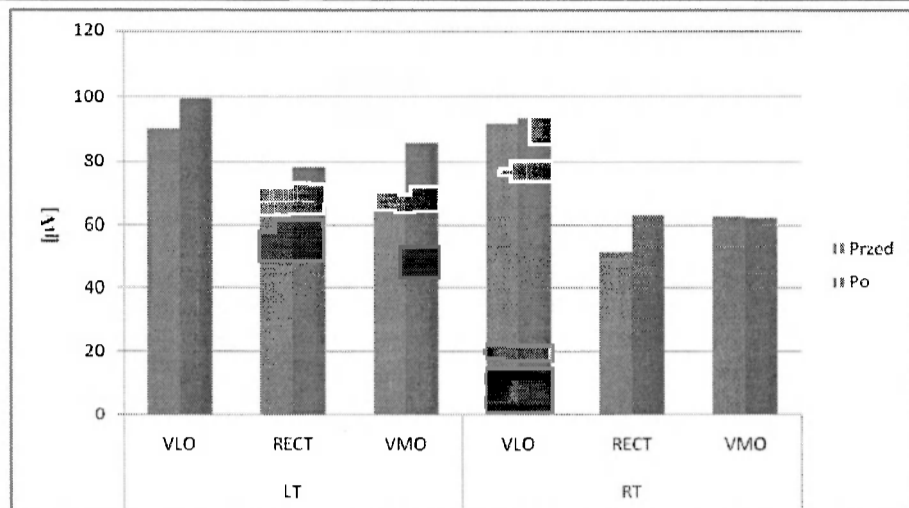
Testy funkcjonalne stanowiły czynności utylitarne, w których badano funkcje mięśni. Pacjenci wykonywali kolejno siadanie i wstawanie z krzesła, wchodzenie i schodzenie ze schodów, prostowanie i zginanie w stawie kolanowym oraz chód na bieżni z prędkością 1km/h. Czas trwania prób wynosił od 3 min. 40 sek. do 4 min. 50sek. Liczba prób danego testu wahała się od jednego do kilku powtórzeń (min. raz, max. trzy razy). Różnice podejmowanego wysiłku wynikały z stanu i zaangażowania pacjenta.

Próba maksymalnego dowolnego skurczu izometrycznego (MVC) trwała ok.7-8 sekund dla każdego badanego. Osoba badana przyjmowała pozycję siedzącą, zginając stawy biodrowe pod kątem 90 stopni tułów ustabilizowano o oparcie fotela. Następnie w płaszczyźnie strzałkowej w pozycji zgięciowej kolana do kąta 65 stopni pacjent próbował pokonać opór dźwigni zamocowanej sztywno do fotela podczas próby prostowania w stawie kolanowym. Dla każdego sygnału wyznaczono średnie maksymalne napięcie bioelektryczne w przedziale 1 sekundy z całego pomiaru metodą ruchomego okna, poddając go wcześniej prostowaniu dwupołówkowemu i wygładzaniu metodą RMS z oknem czasowym 0.1s.

Do oceny statystycznej różnic między badaniem pierwszym i drugim wykorzystano pakiet Statistica (licencja AWF Katowice).

3. WYNIKI BADAŃ

Wyznaczono parametry statystyki opisowej, a ze względu na brak rozkładu normalnego wykonano nieparametryczną statystykę testową dla pomiarów w układzie zależnym – test Wilcoxon.



Rys. 1. Wartości średnie napięć bioelektrycznych [mikrowolt] dla wybranych głów mięśnia czworogłowego RT i LT przed i po testach (VLO, RECT, VMO)

Tabela 2. Wyniki testu Wilcoxon porównania średnich napięć bioelektrycznych przed i po testach funkcjonalnych. Pogrubiono wyniki istotne na zakładanym poziomie $p < 0,05$

	N WAŻNYCH	T	Z	POZIOM P
LT VLO1 & LT VLO2	20	49.00	2.09	0.036
LT RF 1 & LT RF2	20	74.00	1.15	0.247
LT VMO1 & LT VMO2	20	54.00	1.90	0.056
RT VLO1 & RT VLO2	19	67.00	1.12	0.259
RT RF1 & RT RF2	19	39.00	2.02	0.042
RT VMO1 & RT VMO2	19	64.00	1.24	0.212

4.DYSKUSJA

Poznanie procesów związanych z powstającym zmęczeniem mięśniowym przy zastosowaniu elektromiografii powierzchniowej w klinicznej ocenie chorych ma duże znaczenie. Umożliwia bezpośredni wgląd w pracę mięśnia, ułatwia pomiar jego czynności oraz pozwala na identyfikację osłabionych mięśni [6]. Szereg prac podejmujących temat analizy i interpretacji sygnału bioelektrycznego świadczy o potrzebie standaryzacji metod testu MVC [3, 6, 7]. Nie ma bowiem ściśle określonego czasu, co do trwania skurczu izometrycznego, a jego zakres podczas prowadzonych badań waha się od 3 sekund do 8 sekund [6]. Narzucony czas trwania skurczu izometrycznego często nie uwzględnia indywidualnych cech badanych osób, może być zbyt krótki lub zbyt długi.

Wadą testu MVC jest brak pewności, iż osoba badana starała się rzeczywiście na 100% swoich aktualnych możliwości wykonać napięcie izometryczne.

Zaobserwowane zmiany wartości amplitudy po wykonanych próbach funkcjonalnych w stosunku do stanu przed testami, mogą świadczyć o zmęczeniu mięśnia. Sygnał bioelektryczny z testu MVC wykorzystywany jest do normalizacji amplitudy zapisu elektromiograficznego, zatem różnice mogłyby sięgać nawet kilkunastu procent nie ze względu na większą aktywność mięśnia, ale z powodu jego zmęczenia i zmiany charakterystyki amplitudowej.

5. WNIOSKI

Na podstawie analizy wyników sformułować można następujące wnioski:

1. Zachodzą zmiany amplitudy sygnału bioelektrycznego mięśnia czworogłowego uda rejestrowanego podczas testu MVC przed i po serii testów funkcjonalnych. Istotnie statystycznie zmiany wykazują: głowa boczna po stronie lewej oraz prosty uda po stronie prawej. Zmiany te potwierdzają wpływ wykonywanych testów na zmęczenia obserwowanych mięśni.
2. Zaobserwowane zmiany mogą wpłynąć na dalszą analizę i interpretację znormalizowanego sygnału bioelektrycznego, zmieniając jego wartość nawet o kilkanaście procent (dla mięśnia prostego uda po stronie prawej w tej obserwacji o 22% w stosunku do stanu przed testami)
3. Zasadne jest kontrolowanie stopnia zmęczenia mięśnia szczególnie w trakcie dłuższych badań lub wymagających dużego wysiłku.

LITERATURA

- [1] Bacik B., Staszkiwicz A.: Wpływ zmęczenia lokalnego na zdolność różnicowania ruchów. Zeszyty Metodyczno – Naukowe Nr, 5 1994 Katowice
- [2] Hausmanowi-Petrusewicz I.: Elektromiografia kliniczna. Warszawa: PZWL, 1986
- [3] Kartuzi P., Roman-Liu D.: Ocena obciążenia i zmęczenia układu mięśniowo – szkieletowego z zastosowaniem elektromiografii. Bezpieczeństwo Pracy Nr 4, 2007
- [4] Konrad P.: ABC EMG Praktyczne wprowadzenie do elektromiografii kinezyologicznej. Gliwice, 2007
- [5] Traczyk Z.: Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej. Warszawa: PZWL, 1990
- [6] Vera-Gracia F.J, Moresie J.M., McGill S.M.: MVC techniques to normalize trunk muscle EMG in healthy women. Journal of Electromyography and Kinesiology Vol. 20 Issue 2010
- [7] Wozniak T., Jakubowski J., Gajewski J.: Wykorzystanie sygnału EMG w procesie badania zmęczenia mięśni. Wychowanie fizyczne i Sport Supplement Nr1 Część 1, 2002

THE INFLUENCE OF THE FATIGUE ON BIOELECTRICAL SIGNAL VALUE IN MVC AT PATIENTS WITH GONARTHROSIS

Summary. The aim of this paper was the evaluation of the change of the bioelectrical signal amplitude of the *quadriceps femoris* muscle traffic recorded during the maximal voluntary isometric contraction (MVC test) before and after functional tests are conducted, which could influence the analysis and interpretation of the normalized bioelectrical signal. The research was conducted at the Orthopaedics and Musculoskeletal Traumatology Department at the, Silesian Medical University in Katowice. Twenty-two people with gonarthrosis underwent the clinical evaluation and were qualified for the endoplastic surgery. The EMG was used register the tension of the *quadriceps femoris* muscle MyoTrace (Noraxon, USA). It has been observed, the amplitude value executed after the functional test increase statistically with respect of the conducted. However, not all of the examined *quadriceps femoris* muscle showed significant differences. It could prove the muscle's fatigue and the necessity of considering this effect in the normalization procedures of EMG as well as during the interpretation of the results all the modification of the methodology of the conduction functional tests.