

MEASUREMENT OF THE MUSCLE TENSION
IN ELECTROMYOGRAPHICAL EXAMINATIONS
AFTER INTRATHECAL BACLOFEN
ADMINISTRATION IN PATIENTS
WITH SYMPTOMS OF CEREBRAL PALSY
AND AFTER CRANIO-CEREBRAL TRAUMA

*Oksana Leśków^{1,2}, Juliusz Huber¹, Marek Józwiak³,
Maciej Idzior³, Aleksandra Kulczyk¹, Joanna Lipiec¹,
Agnieszka Wincek¹*

¹*Department of Pathophysiology of Locomotor
Organs, Karol Marcinkowski University of Medi-
cal Sciences, Poznań, Poland*

²*Westpommeranian Center for Rehabilitation
Luxmedica, Mierzyn*

³*Department and Clinic of Child Orthopaedics and
Traumatology, Karol Marcinkowski University of
Medical Sciences, Poznań, Poland*

POMIAR NAPIĘCIA MIĘŚNIOWEGO
W BADANIACH ELEKTROMIOGRAFICZNYCH
PO DOKANAŁOWYM PODANIU BAKLOFENU
U CHORYCH Z MÓZGOWYM PORAZENIEM
DZIECIĘCYM I PO URAZACH
CZASZKOWO-MÓZGOWYCH

*Oksana Leśków^{1,2}, Juliusz Huber¹, Marek Józwiak³,
Maciej Idzior³, Aleksandra Kulczyk¹, Joanna Lipiec¹,
Agnieszka Wincek¹*

¹*Zakład Patofizjologii Narządu Ruchu,
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkow-
skiego w Poznaniu*

²*Zachodniopomorskie Centrum Rehabilitacji Lux-
medica, Mierzyn*

³*Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Dzie-
cięcej, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcin-
kowskiego w Poznaniu*

SUMMARY

Introduction. Increased muscle tension in children with cerebral palsy or in patients with traumatic brain injuries in clinical conditions is usually evaluated with Ashworth's scale, burdened with subjectivity of both the patients and physician. During the muscle's resting state, the reference amplitude value in sEMG recording (surface electromyography) corresponding to the proper muscle tension is 20-25 μ V. During the muscle's effort (the test of maximum contraction lasting 5 seconds) sEMG amplitude parameter increases while the amplitude determining hypertonia recorded under resting conditions decreases.

Aim. The aim of the study was to verify the action of intrathecal baclofen administration to changes in the function of muscle's motor units during maximal contraction and relaxation in patients with symptoms of cerebral palsy and after cerebro-cranial trauma.

Material and methods. The pilot studies were performed in 8 patients with spastic paralysis of the lower extremities, children with cerebral palsy and patients after cranio-cerebral trauma. Using the surface electromyography, activity of motor units in lower extremities muscles at rest and contraction was assessed on both sides. sEMG recordings were analyzed three times, before one and twice after intrathecal baclofen administration into the subarachnoid space via an infusion pump.

Results. In the group of patients there was found an improvement in the activity of motor units in gas-

STRESZCZENIE

Wprowadzenie. Zwiększone napięcie mięśniowe u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym lub u chorych po urazach czaszkowo-mózgowych w warunkach klinicznych ocenia się zazwyczaj skalą Ashwortha, obarczoną subiektywnością zarówno ze strony badanego jak i wykonującego badanie. W warunkach spoczynkowych mięśnia, wartość referencyjna amplitudy w rejestracji sEMG (elektromiografii powierzchniowej) odpowiadająca prawidłowemu napięciu mięśniowemu wynosi 20-25 μ V. W warunkach wysiłkowych (w teście skurczu maksymalnego trwającego 5 sekund) parametr amplitudy sEMG odpowiednio wzrasta, kiedy obniża się wartość amplitudy określającej wzmożone napięcie mięśniowe rejestrowane w warunkach spoczynkowych.

Cel. Celem pracy była weryfikacja działania baklofenu podawanego dokanałowo na zmianę czynności jednostek ruchowych mięśni w warunkach wysiłkowych oraz podczas relaksacji u chorych z objawami mózgowego porażenia dziecięcego oraz po urazach mózgowo- czaszkowych.

Materiał i metody. Pilotażowe obserwacje przeprowadzono u 8 chorych z spastycznym niedowładem kończyn dolnych, dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym oraz chorych po urazach czaszkowo-mózgowym. Za pomocą elektromiografii powierzchniowej została oceniana obustronnie czynność jednostek ruchowych mięśni kończyn dolnych w warunkach spoczynkowych i wysiłkowych. Rejestracje sEMG przeanalizowano

trocnemius muscles bilaterally and biceps femoris muscles during the maximal contraction recorded 15 minutes after the administration of baclofen. Even better recording of sEMG amplitude parameters were obtained after 2 hours. sEMG amplitude measurements under resting conditions indicate for a delayed in time phenomenon of muscle tension decreasing after administration of baclofen.

Conclusions. sEMG results confirm the possibility of precise observation of changes in muscle tension in the course of cerebral palsy or following craniocerebral traumas. Results of research indicate that increasing in the efficiency of the tested muscle motor units takes place only while the muscle tension is reduced. The efficacy of treatment with baclofen does not depend on the etiology of the disease.

Key words: cerebral palsy, craniocerebral trauma, spasticity, surface electromyography, Ashworth's scale

INTRODUCTION

Abnormal muscle tension coexists with many diseases, among other, it is observed in children with cerebral palsy, in patients after stroke or traumatic brain injuries, multiple sclerosis, spinal cord diseases, and injuries of the spine combined with spinal cord injuries (Lebiedowska 2001, Woszczak 2005, Sławek 2007, Zagłoba-Kaszuba et al, 2011). The increase in muscle tension greater than the physiological, influences the functional properties of myocytes and it is determined as spasticity (Tang and Rymer 1981, Sköld et al 1998). In order to properly treat patients with spasticity, it is necessary to know the mechanism of its creation, associated symptoms and the use of a comprehensive, verifiable assessment of its impact (Lebiedowska 2001, Sławek 2007).

Regulation of the muscle tone at the spinal level is realized via the so-called gamma loop, in which the contracting muscle, motoneuron and sensory cell in the spinal ganglion are closed in circuit excited by impulses from proprioceptive neuromuscular spindles and Golgi tendon organs. Transmission of impulses to the cells of the spinal cord anterior

trzykrotnie, przed- i dwukrotnie po dokanałowym podaniu baklofenu do przestrzeni podpajęczynówkowej przy pomocy pompy infuzyjnej.

Wyniki. W grupie chorych zaobserwowano bezpośrednią poprawę sprawności jednostek ruchowych mięśni brzuchatych łydki i dwugłowych uda obustronnie w warunkach skurczu maksymalnego 15 minut po podaniu baklofenu z jeszcze lepszymi parametrami amplitudy sEMG wysiłkowego po 2 godzinach. Pomiar amplitudy sEMG w warunkach spoczynkowych wskazują na opóźnione zjawisko spadku wzmożonego napięcia mięśniowego po podaniu baklofenu.

Wnioski. Wyniki badań sEMG potwierdzają możliwość precyzyjnego obserwowania zmian w napięciu mięśniowym w przebiegu mózgowego porażenia dziecięcego lub w następstwie urazów czaszkowo-mózgowych. W świetle wyników badań zwiększenie sprawności jednostek ruchowych badanych mięśni przebiega tylko przy równoczesnym obniżeniu napięcia mięśniowego. Skuteczność leczenia baklofenem nie zależy od etiologii schorzenia.

Słowa kluczowe: mózgowe porażenie dziecięce, uraz czaszkowo-mózgowy, spastyczność, elektromiografia powierzchniowa, skala Ashwortha

WPROWADZENIE

Nieprawidłowe napięcie mięśniowe współistnieje z wieloma jednostkami chorobowymi, między innymi obserwuje się je u dzieci z następstwami mózgowego porażenia, u chorych po udarach lub urazach czaszkowo-mózgowych, w przebiegu stwardnienia rozsianego, w chorobach rdzenia kręgowego, po urazach kręgosłupa połączonych z uszkodzeniem rdzenia (Lebiedowska 2001, Woszczak 2005, Sławek 2007, Zagłoba-Kaszuba i wsp. 2011). Wzrost napięcia mięśniowego przekraczający fizjologiczne właściwości funkcjonalne miocytów określany jest pojęciem spastyczności (Tang i Rymer 1981, Sköld i wsp. 1998). Aby właściwie leczyć chorych z spastycznością niezbędne jest poznanie mechanizmu jego powstawania, objawów towarzyszących oraz zastosowanie kompleksowej, weryfikowalnej oceny jej skutków (Lebiedowska 2001, Sławek 2007).

Regulacja napięcia mięśniowego na poziomie rdzeniowym jest realizowana w tak zwanej pętli gamma, w której mięsień wykonywujący skurcz, motoneuron i komórka czuciowa w zwoju rdzeniowym stanowią zamknięty obwód pobudzany

horn, motor neurons of the spinal cord and their close associated interneurons, and furthermore the biofeedback with the participation of the efferent fibers and intrafusal and extrafusal fibers determines maintaining the proper muscle tension (Squoros and Seri 2002, Jóźwiak et al 2003, Zagłoba-Kaszuba et al, 2011).

The function of motor neurons and interneurons of the spinal cord is affected by the supraspinal structures through the long descending pathways. Impulses coming from the cerebellum to the spinal cord reduce the muscle tension and act inhibitory on the stretch reflex. The basal ganglia system regulates the postural and antigravital reflexes as well as the static and anti-gravity reactions. There are also involved the inhibitory dorsal reticulo-spinal and excitatory ventro-medial reticulo-spinal systems in supraspinal control of the muscle tension. The main mechanism for the development of spasticity are considered as a lack of control from the supraspinal centers of higher hierarchical location over centers located below, the imbalance between excitatory and inhibitory pathways and hyperactivity of alpha motoneurons (Baldiserra et al, 1981).

There are observed the simultaneous contractions of antagonistic muscles making unable to selectively incorporate the certain groups of muscles to perform the movement in patients with spasticity (Idzior et al 2005). The main symptom of spasticity is the increased resistance when performing passive movements, which during driving the movement suddenly disappears. It is explained by the stimulation of the Golgi tendon receptors and switching the inverted stretch reflex on (Jóźwiak 2001a, 2001b). Spasticity leads to the muscle contraction of the inadequate size to the stimulus, which in normal circumstances would not provide any reaction. Spasticity is also accompanied by the excessive flexion reflexes, stereotyped movement patterns, positive Babinski reflex, excessive tendon, skin and vegetative reflexes (Sławek 2007).

Image of spasticity is mainly conditioned by the location and extent of damage and, with the minor importance, depends on the etiology of the disease. In cases of the incomplete spinal injury (with

impulsami z proprioceptorów wrzecion nerwo-mięśniowych i narządów Golgiego. Przewodzenie impulsów do komórek rdzenia kręgowego, motoneuronów rogów przednich rdzenia kręgowego i pozostających z nimi w ścisłym związku interneuronów, a następnie sprzężenie zwrotne przy udziale włókien eferentnych i włókien intrafuzalnych i ektrafuzalnych warunkuje utrzymanie prawidłowego napięcia mięśniowego (Squoros i Seri 2002, Jóźwiak i wsp. 2003, Zagłoba-Kaszuba i wsp. 2011).

Na funkcję motoneuronów i interneuronów rdzenia kręgowego wpływają struktury ponadrdzeniowe za pośrednictwem długich dróg zstępujących. Impulsacje płynące z mózdzku do rdzenia kręgowego zmniejszają napięcie mięśniowe oraz działają hamująco na odruch rozciągania. Układ jąder podstawnych reguluje odruchy postawne i antygravitacyjne oraz reakcje statyczne i antygravitacyjne. W nadrdzeniowej kontroli regulacji napięcia mięśniowego uczestniczy również twór siatkowaty za pośrednictwem hamującej drogi siatkowato-rdzeniowej i pobudzającej drogi siatkowato-rdzeniowej brzuszno-przyśrodkowej. Za główny mechanizm rozwoju powstania spastyczności uważa się brak kontroli ośrodków wyższych nad ośrodkami znajdującymi się hierarchicznie niżej, zaburzenie równowagi pomiędzy drogami pobudzającymi i hamującymi oraz nadaktywność motoneuronów alfa (Baldiserra i wsp. 1981).

U chorych z spastycznością obserwuje się równoczesne skurcze mięśni antagonistycznych uniemożliwiające stopniowe i wybiórcze włączanie się odpowiednich grup mięśniowych do wykonania ruchu (Idzior i wsp. 2005). Głównym objawem spastyczności jest zwiększony opór przy wykonywaniu ruchów biernych, który podczas prowadzenia ruchu nagle ustępuje. Jest to tłumaczone pobudzeniem receptorów Golgiego w ścięgnach i uruchomieniem odwróconego odruchu na rozciąganie (Jóźwiak 2001a, 2001b). Spastyczność prowadzi do skurczu mięśnia o wielkości nieadekwatnej do występującego bodźca, który w prawidłowych warunkach nie wywołałby żadnej reakcji. Spastyczności towarzyszą również wygórowane odruchy zgięciowe, stereotypowe wzorce ruchowe, dodatni objaw Babińskiego, wygórowane odruchy ścięgniste, skórne, wegetatywne (Sławek 2007).

Obraz spastyczności uwarunkowany jest głównie lokalizacją uszkodzenia oraz rozległością zmian, w mniejszym stopniu uzależniony jest o etiologii choroby. W uszkodzeniu niecałkowitym rdzenia

saving of the excitatory vestibulo-spinal tracts), there exist "a flexion pattern" (lower extremities are flexed at the hip and knee joints), while in cases of the total spinal damage due to lack of inhibition of centers regulating the muscle tension, there dominates "the external pattern". Location of damage within the brain is manifested by an increase of tension in the lower extremities muscles and the increase of tension in flexor muscles of upper extremities (Sławek 2007). In patients with cerebral palsy (CP) there can exist different clinical pictures of spasticity depending on the location of damage. They are classified as bilateral spastic paralysis, bilateral hemiplegia or hemiparesis (Jóźwiak 2001b, Kwolek 2001).

Contemporary there are searched the most accurate methods for measuring the consequences of spasticity, which allows the selection of a suitable method of treatment (Jóźwiak et al 2005). Existing clinical scales examining muscle tension such as the Ashworth scale and the scale of Tardieu require a lot of experience from the clinician, and yet may be overloaded with the subjectivity (Lebiedowska 2001, Morris 2002, Gajewska 2009). Neurophysiological assessment of the motor units' efficiency using the electromyographic study (EMG) with surface electrodes provides the honest and repeatable results, giving the opportunity to record even small changes occurring in the initial stage of pathology. EMG can be used in studying the patients before treatment, during and after the improvement, as the method evaluating the effectiveness or its lack in the conservative treatment (Huber et al 2013b). During the muscle's resting state, the amplitude exceeding $25\mu\text{V}$ in EMG recordings determines the definition of the proper muscle tension (Huber et al 2013a, 2013b).

AIM

This study uses the EMG method for evaluation of motor units' activity in patients with spasticity at rest and during the maximal contraction, before and during the clinical trial following the intrathecal baclofen single dose (25-50 μg) administration. It is assumed that the results of resting EMG recording will enable, in addition to the subjective assessment in clinical observation, observation of spasticity symptoms reduction following the drug administration in selected muscles of the lower ex-

(przy zachowaniu pobudzających dróg przedsiolkowo-rdzeniowych) występuje „wzorzec zgięciowy” (kończyny dolne zgięte w stawach biodrowych i kolanowych), natomiast w uszkodzeniu całkowitym rdzenia w wyniku braku hamowania dróg regulujących napięcie mięśniowe dominuje „wzorzec wyprostny”. Lokalizacja uszkodzenia w obrębie mózgowia manifestuje się wzrostem napięcia prostowników kończyn dolnych (kkd) i wzrostem napięcia zginaczy w kończynach górnych (kkg) (Sławek 2007). U chorych z mózgowym porażeniem dziecięcym (MPD) występują różne obrazy kliniczne spastyczności w zależności od lokalizacji uszkodzenia. Klasyfikuje się je, jako obustronne porażenie kurczowe, obustronne porażenie połowicze, porażenie połowicze (Jóźwiak 2001b, Kwolek 2001).

Obecnie poszukuje się metod jak najbardziej dokładnego pomiaru następstw spastyczności, które umożliwią dobranie odpowiedniego sposobu leczenia (Jóźwiak i wsp. 2005). Istniejące skale kliniczne badające napięcie mięśniowe takie jak skala Ashwortha i skala Tardieu wymagają dużego doświadczenia klinicysty, a mimo wszystko mogą zostać obciążone błędem (Lebiedowska 2001, Morris 2002, Gajewska 2009). Neurofizjologiczna ocena sprawności jednostek ruchowych wykorzystująca badanie elektromiograficzne (EMG) powierzchniowe dostarcza wynik rzetelny, powtarzalny i daje możliwość rejestracji nawet niewielkich zmian występujących w początkowym stadium patologii. Badania EMG mogą zostać wykorzystane w badaniu pacjentów przed terapią, w trakcie i po okresie usprawniania jako metoda oceniająca skuteczność lub też jej brak w danej metodzie leczniczej (Huber i wsp. 2013b). W warunkach spoczynkowych mięśnia, wartość amplitudy nieprzekraczająca $25\mu\text{V}$ określa w rejestracjach EMG definicję prawidłowego napięcia mięśniowego (Huber i wsp. 2013a, 2013b).

CEL

W pracy wykorzystano metodę EMG do oceny czynności jednostek ruchowych u osób z spastycznością w warunkach spoczynkowych i wysiłkowych jak i w trakcie testu klinicznego po podaniu dożylnym baklofenu w jednorazowej dawce 25-50 μg . Zakłada się, że wyniki rejestracji EMG spoczynkowego umożliwią, oprócz subiektywnej oceny klinicznej, obserwację zmniejszenia objawów spastyczności na skutek działania leku w wybranych mięśniach kończyn dolnych.

tremities.

MATERIAL AND METHODS

Eight patients with cerebral palsy (CP) and after craniocerebral trauma (UCM) participated in comparative studies of EMG using the surface electrodes and clinical examination. Five subjects with cerebral palsy aged from 10 to 28 years and 3 persons with UCM from 13 to 26 years gave their consent for this study. All patients were evaluated with the severity of the spasticity symptoms with in lower extremities before administration of baclofen, 15 minutes and 2 hours after administration of baclofen. Lower extremity muscles activities at rest and during the maximal effort were recorded (Figure 1).

MATERIAŁ I METODY

W badaniach porównawczych EMG za pomocą elektrod powierzchniowych oraz klinicznych wzięło udział 8 chorych z mózgowym porażeniem dziecięcym (mpd) oraz po urazie czaszkowo-mózgowym (ucm), 5 osób z mpd w wieku od 10 do 28 lat, 3 osoby po ucm w wieku od 13 do 26 lat. U wszystkich chorych oceniano stan zaawansowania objawu spastyczności w obrębie kkd przed podaniem baklofenu, 15 minut oraz 2 godziny po podaniu baklofenu w warunkach spoczynkowych i wysiłkowych (Rycina 1).

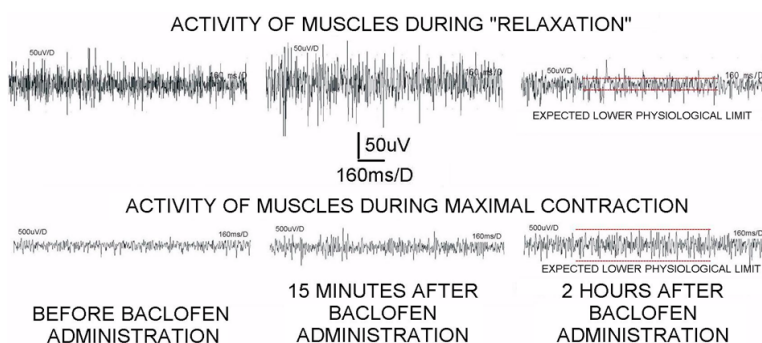


Figure 1. Examples of EMG recordings at rest (upper records) and during maximal biceps femoris muscle's contraction (lower records) in one of the children with CP during three periods of observation after baclofen administration. Horizontal markers indicate the expected value of the amplitudes for the healthy volunteer of similar age.



Rycina 1. Przykłady rejestracji EMG rejestrowanych w warunkach spoczynkowych (górne zapisy) oraz w trakcie maksymalnego skurczu mięśnia (dolne zapisy) z mięśnia dwugłowego uda u jednego z badanych dzieci z mpd w trzech okresach obserwacji po podaniu baklofenu. Poziome markery wskazują spodziewane wartości amplitud dla zdrowego ochotnika o podobnym wieku.

The drug was given in a single 25-30 μ g dose intrathecally. In addition, patients in the Department of Orthopedics and Traumatology subjected the

Lek podano dokanałowo w jednorazowej dawce 25-30 μ g. Dodatkowo pacjenci w Katedrze i Klinice Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej badani byli

dynamic assessment of range of motion (Jóźwiak 2001a) and evaluation of spasticity symptom with the modified Ashworth scale (Buckup 2005). Clinical neurophysiology researches were performed at the Department of Pathophysiology of Locomotor Organs at the Medical University in Poznan, under the supervision of physicians holding certificates to conduct such a study confirmed by the Board of the Polish Society of Clinical Neurophysiology. The doctor performing clinical tests ordered neurophysiological examinations as part of routine diagnostic tests performed in Wiktor Dega Orthopaedics and Rehabilitation Hospital in Poznan.

The study was performed with surface electromyography recordings from biceps femoris muscle and gastrocnemius muscle (whole posterior calf muscle group) on both sides. The changes in amplitude of EMG were measured in microvolts with the accuracy of $5\mu\text{V}$. At normal conditions, with the full "relaxation" of the recorded muscle, in EMG there should not be observed any action potentials with amplitude greater than $25\mu\text{V}$. Higher values of the amplitude in EMG recording at rest (more than $30\mu\text{V}$) may suggest the increased muscle tension, while the $5\text{-}10\mu\text{V}$ recording defined the hypotension. A time base of 80 ms/D and amplification of $20, 50$ and $100\mu\text{V/D}$ during the study were used. Next, the recordings of muscle activity during maximum contraction were performed, which methodology was similar as during resting recordings, with the difference that the investigator in cooperation with the patient enforced the maximum muscle contraction against the resistance exerted for about 5 seconds (Kulczyk et al 2011).

The measured parameters were compared with standards evaluated in healthy volunteers (for biceps femoris muscle in adults during the maximum contraction there were in the range from 500 to $1500\mu\text{V}$, for the gastrocnemius muscle in the range from 500 to $1400\mu\text{V}$, for the biceps femoris muscle in children there were from 300 to $900\mu\text{V}$, and for the gastrocnemius muscle from 300 to $700\mu\text{V}$).

The patients under this study presented a high degree of disability, mainly there were subjects with spastic tetraplegia, moving with the wheelchair or lying (Ashworth scale 2 on average).

dynamiczną oceną zakresu ruchu (Jóźwiak 2001a) oraz ocenie objawu spastyczności według zmodyfikowanej skali Ashwortha (Buckup 2005). Badania neurofizjologii klinicznej wykonano w Zakładzie Patofizjologii Narządu Ruchu Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, pod kierunkiem osób posiadających certyfikaty na prowadzenie tego rodzaju badań oraz ich ocenę przyznawaną przez Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Neurofizjologii Klinicznej. Lekarz prowadzący zlecał wykonanie testów klinicznych i neurofizjologicznych w ramach rutynowo przeprowadzanych testów diagnostycznych w Ortopedyczno-Rehabilitacyjnym Szpitalu Klinicznym im. Wiktora Degi w Poznaniu.

Badania elektromiografii powierzchniowej wykonano przy podprowadzeniach z mięśni biceps femoris i mięśni gastrocnemius (całą grupą mięśni trójgłowych podudzia) po obu stronach. Analizowano zmiany parametru amplitudy mierzone w μV z dokładnością do $5\mu\text{V}$. W warunkach prawidłowych, przy pełnej „relaksacji” mięśnia w zapisie EMG nie powinny być obserwowane potencjały czynnościowe o amplitudzie większej niż $25\mu\text{V}$. Wyższe wartości amplitudy rejestracji EMG w spoczynku (powyżej $30\mu\text{V}$), mogą sugerować wzmożone napięcie mięśni, natomiast wartości $5\text{-}10\mu\text{V}$ na zbyt obniżone-definiowane jako hipotonię. W trakcie badania stosowano podstawę czasu 80 ms/D i wzmocnienie $20, 50$ i $100\mu\text{V/D}$. Następnie wykonano rejestracje czynności mięśni podczas maksymalnego skurczu, która przebiegała podobnie jak w czynności spoczynkowej, z taką różnicą, iż badający we współpracy z pacjentem wymuszał maksymalny skurcz badanego mięśnia przeciwko wywieranemu oporowi przez okres około 5 sekund (Kulczyk i wsp. 2011).

Zmierzone parametry porównywane były z normami uzyskanymi u zdrowych ochotników (dla m. biceps femoris u dorosłych w trakcie maksymalnego skurczu normy zawierają się w zakresie od 500 do $1500\mu\text{V}$, dla mięśnia gastrocnemius w zakresie od 500 do $1400\mu\text{V}$, dla mięśnia biceps femoris u dzieci od 300 do $900\mu\text{V}$, dla mięśnia gastrocnemius od 300 do $700\mu\text{V}$).

Badani chorzy prezentowali wysoki stopień niepełnosprawności, w przeważającej mierze były to osoby z spastyczną tetrapelgią, poruszające się przy pomocy wózka lub leżące (skala Ashwortha średnio 2).

Table 1. Summary of the average, minimum and maximum values of the recorded amplitude (μV) in EMG at rest and maximal contraction in patients with CP and UCM at various stages of observation.

Group	Conditions	Examined Parameter	Mean			Minimum			Maximum		
			Before	15 Minutes after	2 Hours after	Before	15 Minutes after	2 Hours after	Before	15 Minutes after	2 Hours after
CP	AT REST	Amplitude (μV) m.Biceps femoris	101	121	78	33	15	15	225	400	175
		Amplitude (MV) m.Gastrocnemius	127	195	127	60	12,5	30	250	700	350
	Maximal Contraction	Amplitude (μV) m.Biceps femoris	435	565	645	125	225	175	800	1200	1525
		Amplitude (μV) m.Gastrocnemius	420	535	590	250	125	200	850	1250	1550
UCM	At rest	Amplitude (μV) m.Biceps femoris	70	40	22	45	25	15	90	60	45
		Amplitude (μV) m.Gastrocnemius	72	40	28	38	10	10	115	85	45
	Maximal Contraction	Amplitude (MV) m.Biceps femoris	200	233	433	100	150	100	300	350	750
		Amplitude (MV) m.Gastrocnemius	267	308	342	125	75	75	421	600	650

Tabela 1. Zestawienie wartości średniej, minimum, maksimum rejestrowanej amplitudy (μV) w badaniu EMG w warunkach spoczynkowych i wysiłkowych u chorych z mpd i ucm na poszczególnych etapach obserwacji.

GRUPA	WARUNKI BADANIA	BADANY PARAMETR	ŚREDNIA			MINIMUM			MAKSIMUM		
			Przed	15 min po	2 h po	Przed	15 min po	2 h po	Przed	15 min po	2 h po
MPD	Spoczynek	Amplituda (μV) m.biceps femoris	101	121	78	33	15	15	225	400	175
		Amplituda (μV) m.gastrocnemius	127	195	127	60	12,5	30	250	700	350
	Wysiłek	Amplituda (μV) m.biceps femoris	435	565	645	125	225	175	800	1200	1525
		Amplituda (μV) m.gastrocnemius	420	535	590	250	125	200	850	1250	1550
UCM	Spoczynek	Amplituda (μV) m.biceps femoris	70	40	22	45	25	15	90	60	45
		Amplituda (μV) m.gastrocnemius	72	40	28	38	10	10	115	85	45
	Wysiłek	Amplituda (μV) m.biceps femoris	200	233	433	100	150	100	300	350	750
		Amplituda (μV) m.gastrocnemius	267	308	342	125	75	75	421	600	650

Table II. Summary of statistically significant differences at $p \leq 0.05$ (in bold) in comparisons of EMG amplitude variables at the different stages of observation (0-prior to the administration of baclofen, 1-15 minutes after administration of baclofen and 2-2 hours after administration of baclofen).

GROUP	CONDITIONS	PARAMETER	0 ↔ 1	0 ↔ 2
CP	AT REST	AMPLITUDE (MV) M.BICEPS FEMORIS	P=0,72	P=0,05
		AMPLITUDE (MV) M.GASTROCNEMIUS	P=0,8	P=0,06
	MAXIMAL CONTRACTION	AMPLITUDE (MV) M.BICEPS FEMORIS	P=0,06	P=0,12
		AMPLITUDE (MV) M.GASTROCNEMIUS	P=0,15	P=0,15
UCM	AT REST	AMPLITUDE (MV) M.BICEPS FEMORIS	P=0,06	P=0,03
		AMPLITUDE (MV) M.GASTROCNEMIUS	P=0,07	P=0,03
	MAXIMAL CONTRACTION	AMPLITUDE (MV) M.BICEPS FEMORIS	P=0,23	P=0,07
		AMPLITUDE (MV) M.GASTROCNEMIUS	P=0,38	P=0,23

Tabela II. Zestawienie różnic istotnych statystycznie na poziomie $p \leq 0,05$ (pogrubione) w porównaniach zmienności amplitudy EMG na poszczególnych etapach obserwacji (0-przed podaniem baklofenu, 1-15 minut po podaniu baklofenu oraz 2-2 godziny po podaniu baklofenu).

GRUPA	WARUNKI BADANIA	PARAMETR	0 ↔ 1	0 ↔ 2
MPD	spoczynek	Amplituda (μ V) m.biceps femoris	p=0,72	p=0,05
		Amplituda (μ V) m.gastrocnemius	p=0,8	p=0,06
	wysiłek	Amplituda (μ V) m.biceps femoris	p=0,06	p=0,12
		Amplituda (μ V) m.gastrocnemius	p=0,15	p=0,15
UCM	spoczynek	Amplituda (μ V) m.biceps femoris	p=0,06	p=0,03
		Amplituda (μ V) m.gastrocnemius	p=0,07	p=0,03
	wysiłek	Amplituda (μ V) m.biceps femoris	p=0,23	p=0,07
		Amplituda (μ V) m.gastrocnemius	p=0,38	p=0,23

Methods of statistical analysis

The analysis included a comparison of the amplitude average values, the minimum and maximum values of EMG recording at rest and maximal contraction from the biceps femoris muscle and gastrocnemius muscle at successive stages of observation. Student's t- test was used to evaluate differences at $p \leq 0,05$ significance level.

RESULTS

In the whole group of the patients (N = 8), there was found a reduction in symptoms of spasticity before, prior to the administration of baclofen and on 3,5 to 2 hours on average after the procedure. There were no significant differences in the clinical observation in reducing symptoms of spasticity 15 minutes after intrathecal administration.

Tables I and II present the results of measurements for amplitude of surface electromyography at rest and maximal contraction at various stages of treatment.

The studies show an improvement in EMG ac-

Metody analizy wyników

Analizie poddano porównanie średnich wartości parametrów amplitudy, minimum i maksimum z rejestracji EMG w warunkach spoczynkowych i wysiłkowych dla mięśnia biceps femoris i mięśnia gastrocnemius na kolejnych etapach obserwacji. Wykorzystano test t-Studenta na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI

W całej grupie badanych chorych (N=8) stwierdzono zmniejszenie objawu spastyčnosti z wartości 2 w badaniu przed podaniem baklofenu na średnio 3,5 po 2 godzinach jego działania. Nie stwierdzono wyraźnych różnic w obserwacji klinicznej w zmniejszeniu objawów spastyčnosti 15 minut po dokanałowym podaniu leku.

W tabelach I i II przedstawiono wyniki pomiaru amplitudy elektromiografii powierzchniowej w warunkach spoczynkowych i wysiłkowych na poszczególnych etapach leczenia.

Przeprowadzone badania EMG wskazują na

tivity of motor units at rest and maximal contraction in both groups of patients immediately after the administration of baclofen (at 15 minutes after the intrathecal injection of drug), with even better improvement after 2 hours. The statistically significant reduction in the amplitude of the resting potential was recorded before the administration of drug as compared to baclofen application after 2 hours later in EMG from the biceps femoris muscle in children with cerebral palsy ($p=0,05$) as well as in UCM patients ($p=0,03$). The improvement in the efficiency of motor units during the maximal contraction was found with the amplitude increase in recordings from gastrocnemius muscle of patients with UCM ($p=0,03$). During the exercises of the maximal contraction, the improvement of motor units' activity corresponds to the reduction of EMG amplitude at rest, while under the maximal contraction the increase of amplitude is possible with resting potential reduction. In general, better results were observed in patients with UCM.

DISCUSSION

In general, there are no reports in the available literature on the possibilities of increased muscle tension studies in patients with symptoms of spasticity using EMG tests recorded at the "relaxation" of muscles. The exception is the work of Zagłoba-Kaszuba et al (2011) in Polish literature who described results of similar tests performed in patients with spinal cord injury. The difference in EMG examination methodology was the longer observation period (about 1 month) than in the presented work. The authors noted improvements in the efficiency of motor units during the muscle's relaxation, and it was expressed as a decrease in amplitude value. They also noticed the improvement in all tested muscle groups during the maximal contraction (Zagłoba-Kaszuba et al 2011). Tang and Rymer (1981) reported a similar observation but they did not carry out similar methodical EMG recordings to those presented in our work.

The results of the present study are consistent with the observations of Józwiak et al (2003), Idzior et al (2005) and Józwiak et al (2005) investigating the effect of baclofen on the function of muscle motor units recorded in EMG exercise tests. These studies have demonstrated the phenomenon of increase in recorded EMG amplitude parameter and also showed an increase in frequency of discharges during attempts of muscle's contraction. The re-

poprawę czynności jednostek ruchowych w warunkach spoczynkowych i wysiłkowych w obu grupach chorych bezpośrednio po podaniu baklofenu (w obserwacji 15 minut po dokanałowej iniekcji leku), z jeszcze lepszymi parametrami po upływie 2 godzin. Znaczące statystycznie zmniejszenie amplitudy potencjału spoczynkowego na poziomie zarejestrowano w porównaniu przed podaniem baklofenu i 2 godziny po podaniu przy odprowadzeniach z mięśni biceps femoris u dzieci z mpd ($p=0,05$) jak i u chorych z ucm ($p=0,03$). Poprawę sprawności jednostek ruchowych w trakcie maksymalnego skurczu pod postacią wzrostu amplitudy zarejestrowano z mięśni brzuchatych łydki u chorych z ucm ($p=0,03$). W zakresie czynności wysiłkowej, poprawa sprawności jednostek ruchowych jest równoległa z obniżeniem amplitudy w warunkach spoczynkowych, natomiast w warunkach wysiłkowych widoczna jest poprzez podwyższenie amplitudy, co umożliwiłoby bardziej efektywny skurcz mięśnia. Ogólnie lepsze wyniki zaobserwowano w grupie osób po ucm.

DYSKUSJA

W dostępnej literaturze ogólnie brak jest doniesień o możliwościach badania zwiększonego napięcia mięśniowego u chorych z objawami spastyczności z wykorzystaniem testów EMG rejestrowanych w warunkach „relaksacji” mięśni. Wyjątek w literaturze polskiej stanowi praca Zagłoby-Kaszuby i wsp. (2011) opisująca podobnie wykonywane testy u chorych po urazach rdzenia kręgowego. Różnicą w badaniu EMG było przeprowadzenie go po podjęciu zabiegów usprawniających i po czasie dłuższym (około 1 miesiąca) niż w niniejszej pracy. Autorzy zauważyli poprawę sprawności jednostek ruchowych w warunkach relaksacji wyrażoną zmniejszeniem parametru amplitudy. Przeprowadzając testy również w warunkach wysiłkowych autorzy donoszą o poprawie widocznej we wszystkich badanych grupach mięśniowych (Zagłoba-Kaszuba i wsp. 2011). O podobnych obserwacjach donoszą Tang i Rymer (1981), ale nie przeprowadzali oni rejestracji EMG metodycznie podobnych do prezentowanych w pracy.

Wyniki przedstawianej pracy są natomiast zgodne z obserwacjami Józwiak i wsp. (2003), Idzior i wsp. (2005) oraz Józwiak i wsp. (2005), badających wpływ baklofenu na czynność jednostek ruchowych mięśni rejestrowaną w testach EMG wysiłkowych. Te badania EMG udowodniły zjawisko zwiększenia parametru amplitudy rejestrowanych

sults point at the improvement of the muscle motor units function (Józwiak 2003).

Effect of baclofen on the motor unit efficiency was usually tested after a certain period of its action, for example after about 2 weeks (Józwiak et al 2003) or 6 weeks (Józwiak et al 2005, Idzior et al 2005, Zagłoba-Kaszuba et al 2011). The response in nervous and muscular systems to the baclofen in a short time after its application (after 3 hours), as in our study was examined by Sqouros and Seri (2002), who noticed a decline in the increased muscle tension expressed with the correct recruitment of muscles motor units examined by them.

Sköld et al (1998), similarly like presented in the current work, noticed the relationship between the reduction in increased muscle tension measured by the Ashworth scale and improved the efficiency of motor units in patients with tetraplegia of different etiologies, mainly in patients with spinal injuries. However, their study was only focused on the muscle's activity under condition of voluntary contraction.

CONCLUSIONS

Surface EMG research is an objective, reproducible diagnostic method to determine the severity of spasticity in patients with cerebral palsy and after crano-cerebral trauma. The results obtained in the present study show the positive effect of reducing the spasticity by action of baclofen in a short period of observation. Course of changes in the amplitude of resting and maximal contraction EMG recordings has a different scheme in patients with CP and the UCM. It may reflect the reaction of various nerve centers in response to the treatment.

REFERENCES

- Baldiserra F**, Hultborn H, Illert M. Integration in spinal neuronal systems. In: Handbook of Physiology - The Nervous System II. (Ed.): Brooks VB, American Physiological Society, Bethesda 1981.
- Buckup K**. Clinical Tests for the Musculoskeletal System, NY 10001, Thieme, New York 2005. ISBN: 1-58809-241-2.
- Gajewska E**. Nowe definicje i skale funkcjonalne w mózgowym porażeniu dziecięcym, Child Neurology, 2009; 18, 35, 67-71.

potencjałów, wykazały również zwiększenie częstotliwości wyładowań analizowanych zapisów, co świadczy o poprawie funkcji jednostek ruchowych badanych mięśni (Józwiak 2003).

Wpływ baklofenu na czynność jednostek ruchowych zazwyczaj badany był po upływie pewnego okresu jego działania, na przykład po około 2 tygodniach (Józwiak i wsp. 2003), 6 tygodniach (Józwiak i wsp. 2005, Idzior i wsp. 2005, Zagłoba-Kaszuba i wsp. 2011). Odpowiedź układu nerwowego i mięśniowego na działanie baklofenu w krótkim czasie po jego aplikacji (po 3 godzinach), podobnie jak w niniejszej pracy został zbadany przez Sqouros i Seri (2002), którzy zauważyli spadek wzmożonego napięcia mięśniowego wyrażony prawidłową rekrutacją jednostek ruchowych badanych przez nich mięśni.

Sköld i wsp. (1998), podobnie jak w prezentowanej obecnie pracy, zauważyli relację pomiędzy obniżeniem napięcia mięśniowego mierzoną skalą Ashwortha oraz poprawą sprawności jednostek ruchowych u chorych z tetraplegią o różnej etiologii, głównie u chorych po urazach rdzenia. Jednakże ich badania dotyczyły wyłącznie czynności mięśni w warunkach skurczu dowolnego.

WNIOSKI

Badania EMG odprowadzane metodą powierzchniową są obiektywną, powtarzalną metodą diagnostyczną w określeniu stopnia nasilenia spastyczności u osób z mózgowym porażeniem dziecięcym i po urazie czaszkowo-mózgowym. Wyniki uzyskane w prezentowanej pracy pokazują pozytywny wpływ działania baklofenu na redukcję objawu spastyczności w okresie krótkotrwałej obserwacji. Przebieg zmian amplitudy spoczynkowej i wysiłkowej w badaniu EMG posiada odmienny schemat w grupie osób z mpd i po ucm. Może to świadczyć o reakcji różnych ośrodków nerwowych w odpowiedzi na leczenie.

PIŚMIENNICTWO

- Baldiserra F**, Hultborn H, Illert M. Integration in spinal neuronal systems. In: Handbook of Physiology - The Nervous System II. (Ed.): Brooks VB, American Physiological Society, Bethesda 1981.
- Buckup K**. Clinical Tests for the Musculoskeletal System, NY 10001, Thieme, New York 2005. ISBN: 1-58809-241-2.
- Gajewska E**. Nowe definicje i skale funkcjonalne w mózgowym porażeniu dziecięcym, Child Neurology, 2009; 18, 35, 67-71.

Huber J, Lisiński P, Polowczyk A. Reinvestigation of the dysfunction in neck and shoulder girdle muscles as the reason of cervicogenic headache among office workers. *Disabil Rehabil.* 2013a;35,10:793-802.

Huber J, Kulczyk A, Lisiński P, Lipiec J. The use of surface electromyography for diagnosis of muscle dysfunction with pain symptoms. *Trends Sport Sci.* 2013b; 20, 3: 135-139.

Idzior M, Józwiak M, Huber J, Wilusz A, Urban F. Aktywność mięśni zginaczy i prostowników stopy jako reakcje na leczenie farmakologiczne i chirurgiczne spastyczności u chorych z mózgowym porażeniem dziecięcym (mpd). *Advances in Rehabilitation,* 2005; 19, 3, 49-57.

Józwiak M. Kliniczna ocena spastyczności-metodyka badania ortopedycznego z mózgowym porażeniem dziecięcym, *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja,* 2001a; 3, 4: 491-495.

Józwiak M. Mózgowe porażenie dziecięce - postępowanie w diagnostyce i terapii. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja,* 2001b; 3, 4 : 445-449.

Józwiak M, Idzior M, Huber J, Szulc A, Grottel K. Podpajęczynówkowe podawanie baklofenu w leczeniu spastyczności u chorych z mózgowym porażeniem dziecięcym – doniesienie wstępne, *Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska,* 2003; 68, 4, 253-259.

Józwiak M, Idzior M, Huber J, Wojtysiak M, Urban F. Wpływ farmakologicznych i chirurgicznych metod leczenia spastyczności u chorych z mózgowym porażeniem dziecięcym (mpd) na zmiany w obrębie mięśni zginaczy i prostowników kolana. *Advances in Rehabilitation,* 2005; 19, 1: 5-11.

Kwolek A, Majka M, Pabis M. Rehabilitacja dzieci z porażeniem mózgowym-problemy, aktualne kierunki, *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja,* 2001; 3, 4, 499-507.

Kulczyk A, Lipiec J, Huber J, Zagłoba-Kaszuba A, Wytrążek M, Stryła W, Warzecha D. Standards of the surface electromyography examinations for assessment of muscle motor unit activity for physiotherapy purposes. In: Huber J, Wytrążek M, Joanna J, Kulczyk A, eds., *Current topics on clinical neurophysiology, physiotherapy and manual therapy.* Coll Educ Ther Publ House. Poznań 2011: 106-119.

Lebiedowska MK. Ilościowe metody oceny spastyczności, *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja,* 2001; 3, 4: 479-483.

Morris S. Skale Ashwortha i Tardieu- znaczenie kliniczne w ocenie spastyczności wśród dorosłych i pediatrycznych pacjentów neurologicznych, Reha-

Huber J, Lisiński P, Polowczyk A. Reinvestigation of the dysfunction in neck and shoulder girdle muscles as the reason of cervicogenic headache among office workers. *Disabil Rehabil.* 2013a;35,10:793-802.

Huber J, Kulczyk A, Lisiński P, Lipiec J. The use of surface electromyography for diagnosis of muscle dysfunction with pain symptoms. *Trends Sport Sci.* 2013b; 20, 3: 135-139.

Idzior M, Józwiak M, Huber J, Wilusz A, Urban F. Aktywność mięśni zginaczy i prostowników stopy jako reakcje na leczenie farmakologiczne i chirurgiczne spastyczności u chorych z mózgowym porażeniem dziecięcym (mpd). *Advances in Rehabilitation,* 2005; 19, 3, 49-57.

Józwiak M. Kliniczna ocena spastyczności-metodyka badania ortopedycznego z mózgowym porażeniem dziecięcym, *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja,* 2001a; 3, 4: 491-495.

Józwiak M. Mózgowe porażenie dziecięce - postępowanie w diagnostyce i terapii. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja,* 2001b; 3, 4 : 445-449.

Józwiak M, Idzior M, Huber J, Szulc A, Grottel K. Podpajęczynówkowe podawanie baklofenu w leczeniu spastyczności u chorych z mózgowym porażeniem dziecięcym – doniesienie wstępne, *Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska,* 2003; 68, 4, 253-259.

Józwiak M, Idzior M, Huber J, Wojtysiak M, Urban F. Wpływ farmakologicznych i chirurgicznych metod leczenia spastyczności u chorych z mózgowym porażeniem dziecięcym (mpd) na zmiany w obrębie mięśni zginaczy i prostowników kolana. *Advances in Rehabilitation,* 2005; 19, 1: 5-11.

Kwolek A, Majka M, Pabis M. Rehabilitacja dzieci z porażeniem mózgowym-problemy, aktualne kierunki, *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja,* 2001; 3, 4, 499-507.

Kulczyk A, Lipiec J, Huber J, Zagłoba-Kaszuba A, Wytrążek M, Stryła W, Warzecha D. Standards of the surface electromyography examinations for assessment of muscle motor unit activity for physiotherapy purposes. In: Huber J, Wytrążek M, Joanna J, Kulczyk A, eds., *Current topics on clinical neurophysiology, physiotherapy and manual therapy.* Coll Educ Ther Publ House. Poznań 2011: 106-119.

Lebiedowska MK. Ilościowe metody oceny spastyczności, *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja,* 2001; 3, 4: 479-483.

Morris S. Skale Ashwortha i Tardieu- znaczenie kliniczne w ocenie spastyczności wśród dorosłych i pediatrycznych pacjentów neurologicznych, Reha-

bilitacja medyczna, 2002; 6, 4, 9-16.

Sköld C, Harms-Ringdahl K, Hultling C, Levi R, Seiger A. Simultaneous Ashworth measurements and electromyographic recordings in tetraplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79,8:959-65.

Sqouros S, Seri S. The effect of intrathecal baclofen on muscle co-contraction in children with spasticity of cerebral origin, *Pediatric Neurosurgery*, 2002; 37, 5: 225-230.

Sławek J. Spastyczność od patofizjologii do leczenia. *Via Medica*, Gdańsk, 2007.

Tang A, Rymer W. Abnormal force-emg relations in paretic limbs of hemiparetic human subject, *Journal Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 1981; 44: 690-698.

Woszczak M. Postępowanie rehabilitacyjne w stwardnieniu rozsianym, *Polski Przegląd Neurologiczny*, 2005; 39: 717-719.

Zagłoba-Kaszuba A, **Huber J**, Stryła W, Warzecha D, Wytrązek M, Lipiec J, Kulczyk A. Możliwość precyzyjnego pomiaru zwiększonego napięcia mięśniowego jako następstwa urazów rdzenia kręgowego w badaniach elektromiografii powierzchniowej, *Fizjoterapia Polska*, 2011; 1, 4, 11: 9-19.

Author responsible for correspondence: Oksana Leśków, Westpommeranian Center for Rehabilitation Luxmedica, Mierzyn, e-mail: oksana_leskow@op.pl

bilitacja medyczna, 2002; 6, 4, 9-16.

Sköld C, Harms-Ringdahl K, Hultling C, Levi R, Seiger A. Simultaneous Ashworth measurements and electromyographic recordings in tetraplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79,8:959-65.

Sqouros S, Seri S. The effect of intrathecal baclofen on muscle co-contraction in children with spasticity of cerebral origin, *Pediatric Neurosurgery*, 2002; 37, 5: 225-230.

Sławek J. Spastyczność od patofizjologii do leczenia. *Via Medica*, Gdańsk, 2007.

Tang A, Rymer W. Abnormal force-emg relations in paretic limbs of hemiparetic human subject, *Journal Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 1981; 44: 690-698.

Woszczak M. Postępowanie rehabilitacyjne w stwardnieniu rozsianym, *Polski Przegląd Neurologiczny*, 2005; 39: 717-719.

Zagłoba-Kaszuba A, **Huber J**, Stryła W, Warzecha D, Wytrązek M, Lipiec J, Kulczyk A. Możliwość precyzyjnego pomiaru zwiększonego napięcia mięśniowego jako następstwa urazów rdzenia kręgowego w badaniach elektromiografii powierzchniowej, *Fizjoterapia Polska*, 2011; 1, 4, 11: 9-19.

Autor odpowiedzialny za korespondencję: Oksana Leśków, Zachodniopomorskie Centrum Rehabilitacji Luxmedica, Mierzyn, e-mail: oksana_leskow@op.pl