

## SURFACE ELECTROMYOGRAPHY- A REVIEW

*Sylwia E. Piotrowska<sup>1</sup>, Marian Majchrzycki<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Department of Spinal Surgery, Orthopaedic Oncology and Traumatology, University of Medical Sciences in Poznan, Poland,*

<sup>2</sup>*Department of Rheumatology and Rehabilitation, University of Medical Sciences in Poznan, Poland*

**SUMMARY**

The work is a review of the available literature on one of the diagnostic methods neurophysiology which is electromyography. The authors discuss the history of the surface electromyography (sEMG) development of and its application. Today electromyography is used not only in medicine but also in ergonomics or sport. It is believed that in the future the scope of sEMG use will significantly increase.

**INTRODUCTION**

For a long time the muscles could only be assessed with their function and structure by palpation and watching. The mechanism of skeletal muscles action has been the subject of many studies since 400 years. The most common questions of researchers concerned innervation, function and mechanism of muscle control. Over time, new theories about muscles actions arose a new apparatus capable to prove them were constructed. It emerged one of the methods used in order to examine the activity of muscles - electromyography. Currently, it is used not only in medical diagnostics but also in therapy (eg. biofeedback), ergonomics or sport (Basmajian 1988, Clarys and Cabri 1993, Hägg et al 2000, Zecca et al 2002).

Electromyography (EMG) is the method used in order to assess the functional state of motor units and diagnosis of neuromuscular diseases. The myoelectric signal is recorded, stored and analyzed. This signal is produced as a result of depolarization and repolarization extending in the membrane of muscle fiber (Basmajian and DeLuca 1985). The characteristic of the EMG signal is dependent on the frequency of recruitment and activation of muscle fibers forming the motor units. Motor unit (MU) is the smallest neuro-muscular unit considered during the muscle contraction (Liddell and Sherrington 1925). MU contraction is initiated by transmitting the action potential from the cell body of  $\alpha$ -motor neuron along the axon to the muscle

ELEKTROMIOGRAFIA POWIERZCHNIOWA  
- PRZEGLĄD

*Sylwia E. Piotrowska<sup>1</sup>, Marian Majchrzycki<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Klinika Chirurgii Kręgosłupa, Ortopedii Onkologicznej i Traumatologii, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu*

<sup>2</sup>*Klinika Reumatologii i Rehabilitacji, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu*

**STRESZCZENIE**

Praca stanowi przegląd dostępnego piśmiennictwa dotyczącego jednej z metod diagnostycznych neurofizjologii jaką jest elektromiografia. Autorzy omawiają historię powstawania elektromiografii powierzchniowej (sEMG) oraz jej zastosowanie. Współcześnie elektromiografia jest wykorzystywana nie tylko w medycynie, ale także w ergonomii czy sporcie. Przypuszcza się, iż w przyszłości zakres wykorzystania sEMG znacząco się zwiększy.

**WPROWADZENIE**

Przez długi okres czasu czynność mięśni i ich struktura mogły być oceniane jedynie poprzez palpację i oglądanie. Mechanizm działania mięśni szkieletowych był przedmiotem wielu badań od 400 lat. Najczęściej pytania badaczy dotyczyły unerwienia, funkcji oraz mechanizmu kontroli mięśni. Z biegiem czasu pojawiały się nowe teorie a za nimi powstawała nowa aparatura zdolna do badań je dokumentujących. Powstała jedna z metod stosowanych w celu zbadania aktywności mięśni – elektromiografia. Obecnie wykorzystuje się ją nie tylko w diagnostyce medycznej, ale także w terapii (np. biofeedback), ergonomii czy sporcie (Basmajian 1988, Clarys i Cabri 1993, Hägg i wsp. 2000, Zecca i wsp. 2002).

Elektromiografia (EMG) jest metodą stosowaną w celu oceny stanu czynnościowego jednostek ruchowych a także diagnostyki chorób nerwowo-mięśniowych. Za jej pomocą można dokonać pomiaru sygnału mioelektrycznego, nagrać go i przeanalizować. Sygnał ten wytwarzany na skutek depolaryzacji i repolaryzacji przebiegających w błonie komórkowej włókna mięśniowego (Basmajian i DeLuca 1985). Charakterystyka sygnału EMG jest zależna od rekrutacji i częstotliwości aktywizacji włókien mięśniowych tworzących jednostki motoryczne. Jednostka motoryczna (MU) to najmniejsza jednostka nerwowo-mięśniowa rozpatrywana w skurczu mięśnia (Liddell and Sherrington 1925). Skurcz MU jest zapoczątkowany przez przemiesz-

fibers via the neuromuscular junction. Following depolarization of the muscle fibers cell membrane innervated by the  $\alpha$ -motoneuron and thus the contraction is triggered. Depolarization disappears very quickly thanks to the action of ion pump in the process of repolarization.

Nowadays, briefly presented above MU mechanism of action appears to be simple, but one should not be forgotten that it took many years of experience to the discovery and understanding of the above described processes course.

### An outline of the sEMG history

Electromyographic studies and electrophysiological studies such as ECG or EEG have a common genesis. It is closely associated with the discovery of electricity and development of methods and apparatus for its measurement. The first mention of muscle electricity emerged in the mid-seventeenth century, when Francesco Radi described the highly specialized muscles that are the power source for black torpedo fish (Chau 1984). Eel's muscle tissue generating the electric spark has been thoroughly described in 1773 (Cram and Kasman 2011). In spite of the above documentation, the precursor of animal's electricity discovery is considered an Italian physicist, professor of anatomy at the University of Bologna Luigi Galvani (1737-1798). In 1792 Luigi Galvani, described in the book "De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius" the experiment, during which he excited the frogs' leg muscles by stimulation with sparks generated in the electrostatic machine (Kleissen et al 1998). It was the first experiment proving the relationship between electricity and muscle contraction. Thanks to this pioneering experiment, Galvani accelerated the development of science in the field of electricity. It is worth mentioning that due to poor instrumentation deployed in the experiment for many years was not considered fully the work of Professor (Basmaijan and DeLuca 1985, De Micheli-Serra 1999). Amendments to Galvani's theory were introduced in 1796 by Alessandro Volta (1745- 1827). He proved that the cause of animal electricity is to create a so-called voltage contact. It arose as a result of the circuit closure by muscle tissue at the time of contact between two different metals (Witkowska 2008, Cram and Kasman 2011). In 1842 Metteuci introduced and described the

czający się potencjał czynnościowy z ciała komórki  $\alpha$ -motoneuronu wzdłuż aksonu aż do połączenia z włóknem mięśniowym poprzez płytkę nerwo-mięśniową. Następuje depolaryzacja błony komórkowej włókien mięśniowych unerwionych przez dany  $\alpha$ -motoneuron i tym samym zostaje zapoczątkowany skurcz. Depolaryzacja bardzo szybko znika dzięki aktywnej pompie jonowej w procesie repolaryzacji.

W dzisiejszych czasach przedstawiony powyżej pokrótce mechanizm działania MU wydaje się być prosty, jednak nie można zapomnieć, iż potrzeba było wielu lat doświadczeń dla odkrycia i zrozumienia przebiegu powyżej opisanych procesów.

### Zarys historii powstawania sEMG

Badania elektromiograficzne oraz badania elektrofizjologiczne takie jak EKG czy EEG posiadają wspólną genezę. Jest ona ściśle związana z odkryciem elektryczności i rozwojem metod oraz aparatury do jej pomiaru. Pierwsze wzmianki o elektryczności mięśni pojawiły się w połowie XVII wieku, kiedy to Francesco Radi opisał wysoko wyspecjalizowane mięśnie będące źródłem prądu u węgorza elektrycznego (Chau 1984). Tkanka mięśniowa węgorza generująca iskrę elektryczną została dokładnie opisana w 1773 roku (Cram i Kasman 2011). Mimo powyższej dokumentacji, za prekursora elektryczności zwierzęcej uważa się włoskiego fizyka, profesora anatomii Uniwersytetu Bolońskiego Luigi Galvani (1737-1798). W 1792 roku Luigi Galvani opisał w książce „De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius” eksperyment, podczas którego uzyskał pobudzenie mięśni udek żaby za pomocą iskry wytworzonej w maszynie elektrostatycznej (Kleissen i wsp. 1998). Był to pierwszy eksperyment dowodzący związek pomiędzy elektrycznością a skurczem mięśniowym. Dzięki temu pionierskiemu doświadczeniu Galvani przyspieszył rozwój nauki w dziedzinie elektryczności. Warto nadmienić, iż w związku z ubogim oprzyrządowaniem wykorzystanym w eksperymencie przez wiele lat nie uznawano w pełni Jego prac (Basmaijan i DeLuca 1985, De Micheli-Serra 1999). Poprawki do teorii Galvaniego wprowadził w 1796 roku Alessandro Volta (1745-1827). Dowiódł on, iż przyczyną elektryczności zwierzęcej jest wytworzenie tzw. napięcia kontaktowego. Powstawało ono na skutek zamknięcia obwodu przez tkankę mięśniową w momencie zetknięcia się z nią dwóch różnych metali (Witkowska 2008, Cram i Kasman 2011). W 1842 roku Metteuci wprowadził i opisał pojęcie „poten-

concept of “action potential” after he showed that stimulation of nerve located on the frogs’ legs can lead to contraction of muscles located below (Rivera-Ruiz et al 2008). When the subject of animal electricity became clearer, researches on electricity human tissues have begun.

Seven years later (1849.), Using a specially constructed sensitive galvanometer, Heinrich Emil du Bois-Reymond has provided evidence on human muscle electrical activity during any contraction. Du Bois-Reymond was born and raised in Berlin, first described peripheral nerve impulse propagation associated with the electric discharge. He called it a “negative changes” (“negative variation”). Today, the above changes are described in term of the current spread or action potential. It is proof on the electrical nature of nerve impulse (Finkelstein 2006). Explaining mechanism of the skeletal muscle contraction he became to be called the creator of electrophysiology (Witkowska 2008, Pearce 2001). Du Bois-Reymond concluded his scientific achievements in the three-volume work (1848, 1849, 1884): *Investigations in Animal Electricity* (Finkelstein 2006).

Contemporary electromyography would not exist if not the development of measuring and recording accompanying the development of physiology. In 1873 Gabriel Lippmann created the capillary electrometer (Nobel Prize in 1908), used and modified more than once in subsequent years (Rivera-Ruiz et al 2008). The first record of bioelectric activity of muscles was made by Marey in 1890, when he introduced the new term “electromyography” (Kleissel et al 1998). This achievement resulted in cooperation of Marey with the inventor Lee de Forest. The aim of the study was to create an improved system for recording the EMG signal.

In 1901 Einthoven wanted to understand the electrical activity of the heart muscle and he constructed the string galvanometer. He was not aware of the fact that similar apparatus was already established in 1897 (Clement Ader) (Rivera-Ruiz et al 2008). However, the galvanometer of Ader was characterized by too low sensitivity and it was not suitable for the clinical electrocardiography, in contrast to the apparatus created by Einthoven. A similar problem with the camera had Bernstein in 1912, when he proposed to use the kinesiograph of Braun (1897) to record the signal, but the sensitivity of the apparatus was too small to display the small elec-

trical activity of the heart muscle. He showed that the electrical activity of the heart muscle is not only a function of the heart muscle but also a function of the nervous system. He showed that the electrical activity of the heart muscle is not only a function of the heart muscle but also a function of the nervous system. He showed that the electrical activity of the heart muscle is not only a function of the heart muscle but also a function of the nervous system.

trical activity of the heart muscle. He showed that the electrical activity of the heart muscle is not only a function of the heart muscle but also a function of the nervous system. He showed that the electrical activity of the heart muscle is not only a function of the heart muscle but also a function of the nervous system. He showed that the electrical activity of the heart muscle is not only a function of the heart muscle but also a function of the nervous system.

trical activity of the heart muscle. He showed that the electrical activity of the heart muscle is not only a function of the heart muscle but also a function of the nervous system. He showed that the electrical activity of the heart muscle is not only a function of the heart muscle but also a function of the nervous system. He showed that the electrical activity of the heart muscle is not only a function of the heart muscle but also a function of the nervous system.

trical activity of the heart muscle. He showed that the electrical activity of the heart muscle is not only a function of the heart muscle but also a function of the nervous system. He showed that the electrical activity of the heart muscle is not only a function of the heart muscle but also a function of the nervous system. He showed that the electrical activity of the heart muscle is not only a function of the heart muscle but also a function of the nervous system.

trical signal produced by nerves (Denny-Brown and Pennybacker 1938).

Gasser and Erlanger (20th of the twenty century) from Washington University in St. Louis began work on a better method to record electrical changes associated with the transmission of the peripheral nerves (Perl 1994). In 1922 he carried out measurements of peripheral nerve action potentials using an cathode oscilloscope (Perl 1994, Witkowska 2008). In the meantime (1925) it was introduced the concept of motor units. Liddell and Sherrington (1925) described motor unit in their report as a functional unit of the neuromuscular system consisting of a motor neuron and the group of muscle fibers innervated by the axon of that motorneuron (Niewiadomska 2010).

At the end of the twentieth of XX century Matthews (1928) published his work: "A new electrical recording system for physiological work", and he described weak points of constructions of his predecessors (Einthoven's string galvanometer (1901), cathodic oscillograph by Gasser and Erlanger (1922), capillary electrometer of Lipmann combined with an amplifier used by Adrian (1926) or oscillograph with a mobile loop by Rosenberg (1927)) and presents a new electronic system of signal recording, namely the combination of oscillograph with amplifier (Matthews 1928).

Further progress in the field of clinical electromyography was recorded in 1929, when Adrian and Bronk (1928, 1929) described in detail the creation of electromyograph and based on studies of Liddell and Sherrington they introduced to the tests a concentric needle electrode. This electrode allowed recording of single motor units action potentials. A decade later Denny-Brown and Pennybacker (1938) described fibrillations and fasciculations which became the milestones of clinical electromyography. They published the EMG recording of action potential of a single motor unit (MUAPs, single motor unit action potentials) in patients with neurological disorders. In subsequent years, there appears a description of the methodology of the study and a list of characteristics for normal and pathological electromyogram (Niewiadomska 2010).

Permanent modifications of the apparatus, which raised the quality and capabilities allowed researchers to expand the scope of their research. Since then, their range of interests was not only to

backer 1938).

Gasser i Erlanger (lata dwudzieste XX wieku) z Washington University w Saint Louis rozpoczęli pracę nad lepszą metodą rejestracji zmian elektrycznych związanych z przewodnictwem nerwów na obwodzie (Perl 1994). W 1922 roku przeprowadzili pomiary potencjału czynnościowego nerwu obwodowego za pomocą oscyloskopu katodowego (Perl 1994, Witkowska 2008). W międzyczasie (1925 r.) zostało wprowadzone pojęcie jednostki motorycznej (motor unit). Liddell i Sherrington (1925) opisują ją w swojej pracy, jako funkcjonalną jednostkę układu nerwowo-mięśniowego składającą się z motoneuronu oraz grupy włókien mięśniowych unerwionych przez akson tegoż motoneuronu (Niewiadomska 2010).

Z końcem lat dwudziestych XX wieku Matthews (1928) wydał pracę: „A new electrical recording system for physiological work”, w której opisał wady aparatów swoich poprzedników (galwanometru strunowego Einthovena (1901), katodowego oscyloskopu Gassera i Erlangera (1922), elektrometru kapilarnego Lipmanna połączonego ze wzmacniaczem używanego przez Adriana (1926), czy też oscylografu z ruchomą pętlą Rosenberga (1927)) i prezentuje nowy elektroniczny system zapisu sygnału, a mianowicie połączenie oscylografu ze wzmacniaczem (Matthews 1928).

Kolejne postępy w dziedzinie elektromiografii klinicznej odnotowano w 1929 roku, kiedy to Adrian i Bronk (1928, 1929) opisali szczegółowo stworzenie elektromiografu oraz opierając się na badaniach Liddella i Sherringtona wprowadzili do badań igłową elektrodę koncentryczną. Umożliwiła ona rejestrację potencjałów czynnościowych pojedynczych jednostek motorycznych. Dekadę później Denny-Brown i Pennybacker (1938) opisali cechy elektrofizjologiczne fibrylacji i fasykulacji, które stały się podwalinami elektromiografii klinicznej. Opublikowali zapis EMG potencjału czynnościowego pojedynczej jednostki motorycznej (MUAPs, single motor unit action potentials) u chorych z powikłaniami neurologicznymi. W kolejnych latach pojawia się opis metodologii badania oraz wykaz cech charakterystycznych dla elektromiogramu prawidłowego oraz patologicznego (Niewiadomska 2010).

Stałe modyfikacje aparatury, które podnosiły jej jakość i możliwości, pozwoliły naukowcom poszerzyć zakres swoich badań. Odtąd w ich kręgu zainteresowań było nie tylko porównywanie wy-



ment of the surface electrodes. Neurologists have used to study in particular the needle electrodes and physiologists are interested in studying the movement with the surface electrodes. Thus, the electromyography was divided.

### **Electromyography today**

Clinical Electromyography focuses on the diagnosis of neuromuscular diseases and allows identifying the different types of changes in the muscle's excitability (Mayer 2001). Needle electromyography is considered as the golden standard in the assessment of single motor units (Buchtał 1991). The advantage of this study is the ability to assess the muscles located not only superficially but also in the deeper layers, and evaluate the different areas of a single muscle. Needle electrode inserted in the muscle belly cannot change the length of the muscle during the test, because this type of research is carried out in static conditions during isometric contraction.

Kinesiological electromyography (other names: Surface Electromyography, ang. Surface Electromyography, sEMG/Global Electromyography) is a non-invasive, painless test to an objective, qualitative assessment of muscle activity from the surface of the skin even during the dynamic movements. During the test there can be assessed at the same time a number of muscle motor units. The exact analysis of the raw recording is difficult, because it consists of overlapping action potentials detected at the point of applied electrodes. When analyzing the data obtained in the sEMG it should be aware of the "cross-talk" phenomenon which consists of the received disorders taking origin from signals of neighboring muscles. When recordings are performed from the trunk or shoulder muscles it leads sometimes to interference of EMG recording with ECG peaks (Konrad 2007, Shewman and Konrad 2011).

During standard EMG recording it consists of resting state (muscle relaxation), the recording during maximal contraction, and the subsequent quantitative analysis. Depending on the purpose of recordings it can be performed on both sides from the homonymous muscle groups or from many muscle groups in one extremity. Before applying surface electrodes, the patient's skin should be cleaned (with alcohol) to a slight redness and hair should be removed as well. After preparing the skin there should be attached two electrodes, active

dzy wykorzystywali do badań w szczególności elektrody igłowe a fizjolodzy zainteresowani badaniem ruchu - elektrody powierzchniowe. Tym sposobem dokonał się podział elektromiografii.

### **Elektromiografia współcześnie**

Elektromiografia kliniczna skupia się na diagnostyce chorób nerwowo-mięśniowych i pozwala na zidentyfikowanie różnych typów zmian w pobudliwości mięśniowej (Mayer 2001). Elektromiografia igłowa jest uważana za złoty standard w ocenie pojedynczych jednostek ruchowych (Buchtał 1991). Zaletą powyższego badania jest możliwość oceny czynności mięśni położonych nie tylko powierzchownie, ale również w głębszych warstwach oraz oceny różnych obszarów jednego mięśnia. Elektroda igłowa wprowadzona w brzusiec mięśniowy nie pozwala na zmianę długości mięśnia podczas badania, dlatego ten typ badania przeprowadza się w warunkach statyki podczas skurczu izometrycznego.

Elektromiografia kinezyologiczna (inne nazwy: elektromiografia powierzchniowa, ang. surface electromyography, sEMG / elektromiografia globalna) jest nieinwazyjnym, bezbolesnym badaniem pozwalającym na obiektywną, jakościową ocenę aktywności mięśni poprzez rejestrację naskórne nawet w trakcie dynamicznych czynności ruchowych. W trakcie badania ocenie podlega równocześnie wiele jednostek motorycznych danego mięśnia. Dokładny przebieg surowego zapisu jest trudny do analizy, ponieważ składa się z nakładających się na siebie potencjałów czynnościowych wykrywanych w miejscu przyłożenia elektrody. Przy analizie danych uzyskanych w sEMG należy pamiętać o zjawisku „cross-talk”, polegającym na zaburzeniach odbieranego sygnału przez aktywność sąsiadujących mięśni. Przy zapisie wykonywanym z mięśni tułowia bądź barku może dojść do interferencji zapisu EMG z komponentami zapisu EKG (Konrad 2007, Shewman i Konrad 2011).

Standardowe badanie EMG składa się z zapisu spoczynkowego (mięsień w pełnym rozluźnieniu), zapisu wysiłkowego (podczas maksymalnego skurczu mięśnia) oraz następującej po nich analizy ilościowej. W zależności od celu badań rejestracje można prowadzić jednostronnie lub obustronnie z jednoimiennych mięśni bądź grup mięśniowych. Przed nałożeniem elektrod powierzchniowych skórę pacjenta należy dokładnie oczyścić (alkoholem) do lekkiego zaczerwienienia oraz usunąć z jej powierzchni nadmierne owłosienie. Po przygoto-

on the muscle belly along the course of the muscle fibers, maintaining a constant distance between electrodes, and one reference electrode in the electrically neutral area. During the test at motion, electrodes must be attached with a tape in order to prevent their separation or shift during the study (Konrad 2007, Shewman and Konrad 2011).

### Studies using surface electromyography

Due to the non-invasive testing, sEMG can be performed not only by doctors, but also by physiotherapists.

Martin-Martin and Cuesta-Vargas (2014) recommend the use of sEMG in rehabilitation. They reached this conclusion following the evaluation of the hand grip in flexion using sEMG and accelerometer. Another example of the sEMG using provides Emami et al (2014) who noted in their study the altered patterns of muscle activation (back extensor, gluteus muscle and ischio-tibial muscle groups) during extension of the hip in athletes with and without a history of trauma at ischio-tibial muscle groups. The results can be used for proper programming of rehabilitation. sEMG can be used to assess the function of the muscles in the treatments carried out (Lisiński et al 2014), and to evaluate the effectiveness of the treatment itself (Cho 2014, Lee and Lee 2014).

Surface electromyography is a valuable study also in sports. It can be used to assess the function of muscle and what is important to quantify its activity, which does not allow either palpation or visual assessment. Exercises during sports training should be individualized for each player. Their aim is to activating specific muscles or muscle groups. sEMG allows for proper selection of exercises. It is shown in simple terms by work of Franke et al (2014) who investigated the degree of activity in the anterior, middle and posterior part of deltoid muscle. The study showed a different degree of muscle fibers activation to each different exercise.

The extensive use of surface electromyography includes analysis of gait (Lee and Kim 2014), the rehabilitation of disorders in cases of urinary incontinence (Rajkowska-Labon et al 2014) as well as in ergonomics (Pérez-Durate et al 2014).

waniu skóry należy przymocować dwie elektrody (aktywne) na brzuchu badanego mięśnia wzdłuż przebiegu włókien mięśniowych (z zachowaniem stałej odległości środków elektrod na wszystkich badanych mięśniach) oraz jedną elektrodę referencyjną na obszarze elektrycznie obojętnym. Podczas badania w ruchu należy dodatkowo przymocować elektrody plastrem, by nie doszło do ich oderwania bądź przesunięcia w trakcie badania (Konrad 2007, Shewman i Konrad 2011).

### Badania z wykorzystaniem elektromiografii powierzchniowej

Ze względu na łatwość i nieinwazyjność badania, sEMG wykonują nie tylko lekarze, ale także fizjoterapeuci.

Martin-Martin i Cuesta-Vargas (2014) zalecają wykorzystanie sEMG w rehabilitacji. Do tego wniosku doszli wykonując ocenę chwytu dłoni w wyproście za pomocą sEMG i akcelerometru. Kolejny przykład zastosowania sEMG podaje Emami i wsp. (2014) którzy zauważyli w swoich badaniach zmienione wzorce aktywacji mięśni (prostownika grzbietu, pośladkowego wielkiego oraz grupy mięśni kulszowo-goleniowych) podczas wykonywania wyprostu w stawie biodrowym u zawodników bez oraz z przebyłym urazem mięśni kulszowo-goleniowych. Wyniki badań można wykorzystać do właściwego zaplanowania rehabilitacji. sEMG może posłużyć do oceny funkcji mięśni po przeprowadzonej terapii (Lisiński i wsp. 2014), a także do oceny skuteczności samej terapii (Cho 2014, Lee i Lee 2014).

Elektromiografia powierzchniowa jest wykorzystywana również w sporcie. Z jej pomocą można dokonać oceny funkcjonalnej mięśnia i co ważne ocenić ilościowo jego aktywność, na co nie pozwala ani ocena palpacyjna ani wzrokowa. Ćwiczenia podczas treningu sportowego należy dobrać indywidualnie dla każdego zawodnika. Ich celem jest maksymalne zaktywizowanie konkretnych mięśni bądź grup mięśniowych. Właściwy dobór ćwiczeń umożliwia sEMG. W prosty sposób pokazuje to praca Franke i wsp. (2014), którzy zbadali stopień aktywności przedniej, środkowej i tylnej części mięśnia naramiennego. W badaniu wykazali różny stopień aktywacji poszczególnych części mięśnia dla różnych ćwiczeń fizycznych.

Szerokie zastosowanie elektromiografii powierzchniowej obejmuje także analizę chodu (Lee i Kim 2014), rehabilitację zaburzeń nietrzymania moczu (Rajkowska-Labon i wsp. 2014) oraz w ergonomii (Pérez-Durate i wsp. 2014).

**CONCLUSION**

Surface electromyography is currently used the mostly to answer the questions: if and in which phase of movements is the muscle active, how the examined muscle cooperates with other muscles, and how does the muscle react to fatigue? These question are asked by experts from various fields of medicine. It is believed that in the future the scope of sEMG use will significantly increase.

**REFERENCES**

- Adrian ED**, Bronk DW. The discharge of impulses in motor nerve fibres: Part I. Impulses in single fibres of the phrenic nerve. *J Physiol.* 1928; 66(1): 81-101.
- Adrian ED**, Bronk DW. The discharge of impulses in motor nerve fibres: Part II. The frequency of discharge in reflex and voluntary contractions. *J Physiol.* 1929; 67(2): i3-151.
- Basmajian JV**, De Luca CJ. *Muscles Alive. Their Function Revealed by Electromyography.* Williams Wilkins, Baltimore 1985. ISBN 0-683-00414-X
- Basmajian JV.** Research foundations of EMG biofeedback in rehabilitation. *Biofeedback Self Regul.* 1988; 13(4): 275-298.
- Buchtal F.** Electromyography in the evaluation of muscle diseases. *Methods Clin Neurophysiol.* 1991; 2: 25-45.
- Chau H.** Wu. Electric Fish and the Discovery of Animal Electricity: The mystery of the electric fish motivated research into electricity and was instrumental in the emergence of electrophysiology. *American Scientist.* 1984; 72 (6): 598-607.
- Cho Y.** Effects of tai chi on pain and muscle activity in young males with acute low back pain. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26(5): 679-81.
- Clarys JP**, Cabri J. Electromyography and the study of sports movements: a review. *J Sports Sci.* 1993; 11(5): 379-448.
- Cram JR**, Kasman GS. The basics of surface electromyography. Chapter 1: Introduction. Jones and Bartlett Publishing, LLC, 2011.
- De Micheli-Serra A.** Remembering Luigi Galvani on the bicentennial of his death. *Gac Med Mex.* 1999; 135(3): 323-328.
- Denny-Brown D**, Pennybacker JB. Fibrillation and fasciculation in voluntary muscle. *Brain.* 1938; 61:311-334.
- Emami M**, Arab AM, Ghamkhar L. The activity pattern of the lumbo-pelvic muscles during prone hip extension in athletes with and without hamstring

**PODSUMOWANIE**

Elektromiografia powierzchniowa obecnie wykorzystywana jest najczęściej by odpowiedzieć na pytania: czy i w jakiej fazie ruchu dany mięsień jest aktywny, jak współpracuje z innymi mięśniami (wzorec aktywności mięśni) oraz jak wygląda proces jego zmęczenia. Pytanie te zadają specjaliści z różnych dziedzin medycyny. Przypuszcza się, iż w przyszłości zakres użytkowania sEMG znacząco się zwiększy.

**PIŚMIENNICTWO**

- Adrian ED**, Bronk DW. The discharge of impulses in motor nerve fibres: Part I. Impulses in single fibres of the phrenic nerve. *J Physiol.* 1928; 66(1): 81-101.
- Adrian ED**, Bronk DW. The discharge of impulses in motor nerve fibres: Part II. The frequency of discharge in reflex and voluntary contractions. *J Physiol.* 1929; 67(2): i3-151.
- Basmajian JV**, De Luca CJ. *Muscles Alive. Their Function Revealed by Electromyography.* Williams Wilkins, Baltimore 1985. ISBN 0-683-00414-X
- Basmajian JV.** Research foundations of EMG biofeedback in rehabilitation. *Biofeedback Self Regul.* 1988; 13(4): 275-298.
- Buchtal F.** Electromyography in the evaluation of muscle diseases. *Methods Clin Neurophysiol.* 1991; 2: 25-45.
- Chau H.** Wu. Electric Fish and the Discovery of Animal Electricity: The mystery of the electric fish motivated research into electricity and was instrumental in the emergence of electrophysiology. *American Scientist.* 1984; 72 (6): 598-607.
- Cho Y.** Effects of tai chi on pain and muscle activity in young males with acute low back pain. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26(5): 679-81.
- Clarys JP**, Cabri J. Electromyography and the study of sports movements: a review. *J Sports Sci.* 1993; 11(5): 379-448.
- Cram JR**, Kasman GS. The basics of surface electromyography. Chapter 1: Introduction. Jones and Bartlett Publishing, LLC, 2011.
- De Micheli-Serra A.** Remembering Luigi Galvani on the bicentennial of his death. *Gac Med Mex.* 1999; 135(3): 323-328.
- Denny-Brown D**, Pennybacker JB. Fibrillation and fasciculation in voluntary muscle. *Brain.* 1938; 61:311-334.
- Emami M**, Arab AM, Ghamkhar L. The activity pattern of the lumbo-pelvic muscles during prone hip extension in athletes with and without hamstring



strain injury. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(3):312-319.

**Finkelstein G.** Emil du Bois-Reymond vs Ludimar Hermann. *C R Biol.* 2006; 329(5-6): 340-7.

**Floyd WF,** Silver PHS. The function of the erectors spinae muscles in certain movements and postures in man. *J Physiol.* 1955; 129(1): 184–203.

**Franke R,** Botton CE, Rodrigues R, Pinto RS, Lima CS. Analysis of anterior, middle and posterior deltoid activation during single and multi-joint exercises. *J Sports Med Phys Fitness.* 2014. [Epub ahead of print]

**Hägg GM,** Luttmann A, Jäger M. Methodologies for evaluating electromyographic field data in ergonomics. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000; 10(5): 301-312.

**Inman VT,** Saunders FRCS, Abbott LC. Observations of the function of the shoulder joint. *J. Bone Joint Surg.* 1944; 26(A):1-30.

**Kleissen RF,** Burke JH, Harlaar J, Zilvold G. Electromyography in the biomechanical analysis of human movement and its clinical application. *Gait Posture.* 1998; 8(2): 143-158.

**Konrad P.** ABC EMG: Praktyczne wprowadzenie do elektromiografii kinezyologicznej. TECHNOMEX Spółka z o. o. Gliwice 2007. ISBN 83-920818-1-1.

**Lee CR,** Kim MK. The Effects on Muscle Activation of Flatfoot during Gait According to the Velocity on an Ascending Slope. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26(5): 675-677.

**Lee JS,** Lee HG. Effects of sling exercise therapy on trunk muscle activation and balance in chronic hemiplegic patients. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26(5):655-659.

**Liddell EGT,** Sherrington DS. Recruitment and some other features or reflex inhibition. *Proc R Soc London, Ser B.* 1925; 97: 488-518.

**Lisiński P,** Huber J, Ciesielska J, Lipiec J, Kulczyk A, Bandosz A, Zukiewicz-Sobczak W, Mojs E, Samborski W. A new concept for evaluating muscle function in the lower extremities in cases of low back pain syndrome in anamnesis. *Ann Agric Environ Med.* 2014;21(2):375-381.

**Martin-Martin J,** Cuesta-Vargas AI. A kinematic and electromyographic study of grip in extension in a clinical setting. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2014:1-7.

**Matthews BHC.** A new electrical recording system for physiological work. *J Physiol.* 1928; 65(3): 225–242.

**Mayer RF.** The motor unit and electromyography – the legacy of Derek Denny-Brown. *J Neurol Sci.*

strain injury. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(3):312-319.

**Finkelstein G.** Emil du Bois-Reymond vs Ludimar Hermann. *C R Biol.* 2006; 329(5-6): 340-7.

**Floyd WF,** Silver PHS. The function of the erectors spinae muscles in certain movements and postures in man. *J Physiol.* 1955; 129(1): 184–203.

**Franke R,** Botton CE, Rodrigues R, Pinto RS, Lima CS. Analysis of anterior, middle and posterior deltoid activation during single and multi-joint exercises. *J Sports Med Phys Fitness.* 2014. [Epub ahead of print]

**Hägg GM,** Luttmann A, Jäger M. Methodologies for evaluating electromyographic field data in ergonomics. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000; 10(5): 301-312.

**Inman VT,** Saunders FRCS, Abbott LC. Observations of the function of the shoulder joint. *J. Bone Joint Surg.* 1944; 26(A):1-30.

**Kleissen RF,** Burke JH, Harlaar J, Zilvold G. Electromyography in the biomechanical analysis of human movement and its clinical application. *Gait Posture.* 1998; 8(2): 143-158.

**Konrad P.** ABC EMG: Praktyczne wprowadzenie do elektromiografii kinezyologicznej. TECHNOMEX Spółka z o. o. Gliwice 2007. ISBN 83-920818-1-1.

**Lee CR,** Kim MK. The Effects on Muscle Activation of Flatfoot during Gait According to the Velocity on an Ascending Slope. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26(5): 675-677.

**Lee JS,** Lee HG. Effects of sling exercise therapy on trunk muscle activation and balance in chronic hemiplegic patients. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26(5):655-659.

**Liddell EGT,** Sherrington DS. Recruitment and some other features or reflex inhibition. *Proc R Soc London, Ser B.* 1925; 97: 488-518.

**Lisiński P,** Huber J, Ciesielska J, Lipiec J, Kulczyk A, Bandosz A, Zukiewicz-Sobczak W, Mojs E, Samborski W. A new concept for evaluating muscle function in the lower extremities in cases of low back pain syndrome in anamnesis. *Ann Agric Environ Med.* 2014;21(2):375-381.

**Martin-Martin J,** Cuesta-Vargas AI. A kinematic and electromyographic study of grip in extension in a clinical setting. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2014:1-7.

**Matthews BHC.** A new electrical recording system for physiological work. *J Physiol.* 1928; 65(3): 225–242.

**Mayer RF.** The motor unit and electromyography – the legacy of Derek Denny-Brown. *J Neurol Sci.*

2001; 189(1-2): 7-11.

**Niewiadomska M.** Współczesne osiągnięcia i kierunki rozwoju badań elektromiograficzno-neurograficznych. *Polski Przegląd Neurologiczny*. 2010; 6 (1): 46–49.

**Pearce JM.** Emil Heinrich Du Bois-Reymond (1818-96). *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2001; 71(5): 620.

**Pérez-Duarte FJ,** Lucas-Hernández M, Matos-Azevedo A, Sánchez-Margallo JA, Díaz-Güemes I, Sánchez-Margallo FM. Objective analysis of surgeons' ergonomics during laparoendoscopic single-site surgery through the use of surface electromyography and a motion capture data glove. *Surg Endosc*. 2014; 28(4): 1314-1320.

Perl E. The 1944 Nobel Prize to Erlanger and Gasser. *FASEB J*. 1994; 8(10): 782-783.

**Rajkowska-Labon E,** Bakula S, Kucharzewski M, Sliwiński Z. Efficacy of physiotherapy for urinary incontinence following prostate cancer surgery. *Biomed Res Int*. 2014;2014:785263. doi: 10.1155/2014/785263.

**Rivera-Ruiz M,** Cajavilca C, Varon J. Einthoven's string galvanometer: the first electrocardiograph. *Tex Heart Inst J*. 2008;35(2):174-178.

Shewman T, Konrad P. (red.) *Elektromiografia Powierzchniowa (SEMG). Kliniczne testy sekwencyjne i biofeedback*. Wydanie I, Kraków 2011, P.H.U. Technomex Sp. z o. o. ISBN 0-9771622-4-9.

**Witkowska A.** Zarys historii elektromiografii. Znaczenie elektromiografii globalnej w diagnostyce neurofizjologicznej. *Nowiny Lekarskie*. 2008;77(3): 227-230.

**Zecca M,** Micera S, Carrozza MC, Dario P. Control of multifunctional prosthetic hands by processing the electromyographic signal. *Crit Rev Biomed Eng*. 2002; 30(4-6): 459-485.

Corresponding author: Sylwia Piotrowska, Department of Spinal Surgery, Orthopaedic Oncology and Traumatology, University of Medical Sciences in Poznan, 28 czerwca 1956 r. No 135/147, 61-545 Poznań, e-mail: sylwia.piotrowskaa@gmail.com

2001; 189(1-2): 7-11.

**Niewiadomska M.** Współczesne osiągnięcia i kierunki rozwoju badań elektromiograficzno-neurograficznych. *Polski Przegląd Neurologiczny*. 2010; 6 (1): 46–49.

**Pearce JM.** Emil Heinrich Du Bois-Reymond (1818-96). *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2001; 71(5): 620.

**Pérez-Duarte FJ,** Lucas-Hernández M, Matos-Azevedo A, Sánchez-Margallo JA, Díaz-Güemes I, Sánchez-Margallo FM. Objective analysis of surgeons' ergonomics during laparoendoscopic single-site surgery through the use of surface electromyography and a motion capture data glove. *Surg Endosc*. 2014; 28(4): 1314-1320.

Perl E. The 1944 Nobel Prize to Erlanger and Gasser. *FASEB J*. 1994; 8(10): 782-783.

**Rajkowska-Labon E,** Bakula S, Kucharzewski M, Sliwiński Z. Efficacy of physiotherapy for urinary incontinence following prostate cancer surgery. *Biomed Res Int*. 2014;2014:785263. doi: 10.1155/2014/785263.

**Rivera-Ruiz M,** Cajavilca C, Varon J. Einthoven's string galvanometer: the first electrocardiograph. *Tex Heart Inst J*. 2008;35(2):174-178.

Shewman T, Konrad P. (red.) *Elektromiografia Powierzchniowa (SEMG). Kliniczne testy sekwencyjne i biofeedback*. Wydanie I, Kraków 2011, P.H.U. Technomex Sp. z o. o. ISBN 0-9771622-4-9.

**Witkowska A.** Zarys historii elektromiografii. Znaczenie elektromiografii globalnej w diagnostyce neurofizjologicznej. *Nowiny Lekarskie*. 2008;77(3): 227-230.

**Zecca M,** Micera S, Carrozza MC, Dario P. Control of multifunctional prosthetic hands by processing the electromyographic signal. *Crit Rev Biomed Eng*. 2002; 30(4-6): 459-485.

Adres do korespondencji: Sylwia Piotrowska, Klinika Chirurgii Kręgosłupa, Ortopedii Onkologicznej i Traumatologii, Ortopedyczno-Rehabilitacyjny Szpital Kliniczny im. Wiktora Degi Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, ul. 28 czerwca 1956 r. 135/147, 61-545 Poznań, e-mail: sylwia.piotrowskaa@gmail.com