

*JAN NAMYSŁ

Wpływ elektrostymulacji i terapii EMG-biofeedback na rozkład i koordynację napięcia mięśniowego zwieraczy odbytu na przykładzie dwóch losowo wybranych pacjentów z nietrzymaniem stolca

The impact of electrostimulation and EMG-biofeedback therapy on the distribution and coordination of anal sphincter muscle tone based on the example of two randomly selected patients with fecal incontinence

INNOMED – A Centre for the Treatment of Paresis in Poznań

Streszczenie

Uszkodzenia mięśni dna miednicy odpowiedzialnych za funkcje zwieraczowe oraz choroby lub urazy nerwów sterujących ich napięciem są zawsze powiązane ze zmianami funkcjonalnymi, które manifestują się w postaci dyskoordynacji jednostek ruchowych, mięśni biorących udział w skurczu. Utrudniona lub niemożliwa wymiana informacji pomiędzy ośrodkami nerwowymi regulującymi napięcie zwieraczy i proprioceptorami powoduje, że napięcie staje się niestabilne, regulowane nieadekwatnie do potrzeb i wywołuje wiele objawów niepożądanych, bowiem napięcie bioelektryczne ma istotny wpływ na funkcje życiowe komórek mięśniowych i nerwowych. Ocena charakterystyki napięcia wyrażona w jednostkach obiektywnych, mikrovoltach, jest możliwa wyłącznie z pomocą elektromiografii. Ćwiczenia wykonywane samodzielnie oraz elektrostymulacje mogą nie przynosić oczekiwanej poprawy, jeżeli nerwowe mechanizmy dystrybucji i koordynacji napięcia mięśniowego uległy degradacji. Normalizacji czynności bioelektrycznej oraz procesom zdrowienia służą zabiegi elektrostymulacji i terapia EMG-biofeedback. Dzięki zjawiskom plastyczności układu nerwowego angażowanie świadomości w terapii EMG-biofeedback kreuje nowe obiegi neuronalne, służące normalizacji napięcia i usprawnianiu kontroli nad czynnością zwieraczy.

Summary

Damage to the pelvic floor muscles, which are responsible for sphincter functions, and diseases or injuries of the nerves that control their bioelectric activity are always associated with functional changes manifested in the form of discoordination of motor units, in muscles involved in contraction. As a result of difficult or impossible communication between neural centres that regulate sphincter tone and proprioceptors, muscle tone becomes unstable, modulated inadequately to the needs and generating many undesirable symptoms, as bioelectric voltage has a significant impact on the vital functions of muscle and nerve cells. An assessment of muscular activity expressed in objective units, i.e. microvolts, is possible only with electromyography. Self-performed exercises and electrostimulation may fail to produce the desired improvement in the case of degraded nervous mechanisms underlying the distribution and coordination of muscle activity. Electrostimulation and EMG-biofeedback therapy help normalise bioelectrical activity and thus contribute to the healing process. Plasticity of the nervous system allows for the creation of new neural networks that normalise muscle tone and improve control over sphincter activity as a result of patient's conscious involvement in EMG-biofeedback therapy.

Słowa kluczowe

zwieracze odbytu, nietrzymanie stolca i gazów, elektrostymulacja, biofeedback, elektromiografia

Keywords

anal sphincters, faecal and gas incontinence, electrostimulation, biofeedback, electromyography

WPROWADZENIE

Prawidłowa czynność zwieraczy odbytu jest zależna od ich budowy anatomicznej, ukrwienia, integralności unerwienia oraz generowanych przez układ nerwowy napięć sterujących koordynacją jednostek ruchowych w czasie skurczu i relaksacji. Nieprawidłowe napięcie zwieraczy odbytu jest symptomem zmian neuropatycznych i zaburzeń funkcjonalnych, objawiających się w postaci inkontynencji lub dyskomfortu (ból, uczucia wilgoci, odczucia niepełnego wypróżnienia itd.). Objawy niestabilności i dyskoordynacji napięcia w obszarze pełniącym funkcje zwieraczowe mięśni dna miednicy towarzyszą wrodzonym uszkodzeniom układu nerwowego (przepuklina oponowo-rdzeniowa, dysplazja kości krzyżowej, zarośnięcie odbytu, choroba Hirschsprunga). Występują również jako rezultat nabytych urazów mięśni lub nerwów w wyniku porodu, wypadku, zmian zwyrodnieniowych i urazów kręgosłupa lub chorób ogólnoukładowych.

Zaburzenie czynności mięśni lub powiązanej z nimi funkcjonalnie tkanki łącznej (powięzi, więzadeł) powoduje powstanie specyficznych wzorców aktywacji, niespotykanych u osób zdrowych (1). Towarzyszące takiej zmianie niestabilność napięcia i dyskoordynacja jednostek ruchowych są rezultatem tworzenia naprędce przez OUN nowych połączeń nerwowych, ze względu na brak możliwości sterowania napięciem za pomocą ukształtowanych uprzednio obiegów neuronalnych. O ile badania manometryczne zwieraczy odbytu wnoszą informacje o rozkładzie ciśnień w kanale odbytu, wskutek odpowiedzi mięśni na nacisk ścian balonika, to jednak powstające ciśnienie zależy od czynności układu nerwowego i generowanego w mięśniach napięcia. Rodzaj i charakterystyka tego napięcia ma decydujące znaczenie dla funkcjonowania komórek nerwowych i mięśniowych, ponieważ waż sodowe i wapniowe kanały jonowe w błonie komórkowej odpowiadające za przesyłanie sygnałów elektrycznych między neuronami i rozprzestrzenianie się wzbudzenia w mięśniach szkieletowych są bramkowane napięciem. Napięcie nieprawidłowe zaburza czynność komórek, uniemożliwiając zgodne z ich potrzebami działanie, regenerację i rozwój (2). Dla prawidłowego funkcjonowania komórki mięśniowej kluczowe są przenoszące ładunki elektryczne jony sodu i wapnia, ponieważ to właśnie wzrost poziomu sodu prowadzi do powstania potencjału czynnościowego (3), a wzrost stężenia jonów wapnia aktywuje ruch ślizgowy włókien mięśniowych (4, 5). Profesor John Byrne z Departamentu Neurobiologii McGovern Medical School w Huston USA zwraca również uwagę na fakt, że przez błonę komórki przechodzą i przenoszą prąd elektryczny tylko określone rodzaje jonów oraz że niewielkie zaburzenia w strukturze kanałów jonowych prowadzące do patologii mogą być spowodowane mutacjami genetycznymi (6). Charakterystyka generowanego przez układ nerwowy napięcia ma więc istotne znaczenie nie tylko dla sposobu reagowania mięśni na pobudzenie, ale również dla aktywacji genów służących zdrowiu komórek mięśniowych. Mutacje kanałów jonowych mogą jednak powstawać również w wyniku epigenetycznego oddziaływania nieprawidłowych napięć, jako rezultat choroby lub urazu układu nerwowego. Brak napięcia spowodowany porażeniem wiotkim prowadzi

INTRODUCTION

Normal function of the anal sphincters depends on their anatomical structure, blood supply, innervation integrity and electrical activity generated by the nervous system to control the coordination of motor units during contraction and relaxation. Abnormal anal sphincter tone is a symptom of neuropathic changes and functional disorders, manifested in the form of incontinence or discomfort (pain, feeling of moisture and/or incomplete bowel movement, etc.). Symptoms of unstable and disordinated activity of the pelvic floor sphincter muscles are seen in congenital nervous system anomalies (spina bifida, sacral agenesis, atresia ani, Hirschsprung disease). They can also develop secondary to acquired muscle or nerve injuries as a result of childbirth, accidents, spinal degeneration and injuries, or systemic conditions.

Dysfunction of muscle or functionally associated connective tissue (fascia, ligaments) gives rise to specific activation patterns, which are not found in healthy individuals (1). The accompanying bioelectric instability and discoordination of motor units are the result of new neural connections hastily created by the CNS due to the inability to modulate muscle tone with the already existing neural networks. Although anal sphincter manometry provides data on pressure distribution in the anal canal based the muscle response to balloon extension, this pressure depends on the activity of the nervous system and the generated muscle tone. The type and characteristics of this activity are critical for the functioning of nerve and muscle cells, since sodium and calcium ion channels in the plasma membrane responsible for transmitting electrical signals between neurons and the spread of excitation in skeletal muscles are voltage-gated. Abnormal voltage disrupts cellular functions, preventing proper functioning, regeneration and development of cells (2). The electrically charged sodium and calcium ions are crucial for muscle cell function, as the increase in sodium levels generates action potential (3), and the increase in calcium ions level activates the sliding of muscle fibers (4, 5). Professor John Byrne from the Department of Neurobiology of McGovern Medical School in Houston (USA) has also pointed out that only certain types of ions pass and carry electric charge through the cellular membrane and that genetic mutations may cause minor disturbances in the structure of ion channels, leading to pathology (6). The characteristics of the voltage generated by the nervous system is therefore important not only for the way the muscles respond to stimulation, but also for the activation of genes that support the health of muscle cells. However, ion channel mutations can also arise from epigenetic effects of abnormal voltages, as a result of nervous system disease or trauma. Lack of muscle tone caused by flaccid paralysis leads to myocytic atrophy and muscular steatosis, while chronically increased muscle tone causes fibrosis.

do zaniku miofibril i stłuszczenia tkanki mięśniowej, a długotrwałe wzmożone napięcie wywołuje jej fibrotyzację.

O ile jeszcze całkiem niedawno sądzono, że napięcie mięśniowe jest niezależną od układu nerwowego reakcją odruchową wrzeczion mięśniowych na rozciąganie (7), to aktualnie uważa się, że czynność mięśni jest inicjowana i nadzorowana przez ośrodkowy układ nerwowy (8). Aksony kory ruchowej łączą się w odcinku krzyżowym rdzenia kręgowego z jądrami skupiającymi neurony ruchowe, unerwiające mięśnie dna miednicy, natomiast podwzgórze (część przysiódkowa) posiada połączenia z jądrem Onufa (9). Powstające w oparciu o mechanizm sprzężenia zwrotnego, ukształtowane we wczesnym dzieciństwie obiegi neuronalne tworzą wielopoziomowy i bardzo skomplikowany mechanizm ośrodkowej kontroli procesu defekacji i oddawania gazów. Wyspecjalizowane ośrodki nerwowe w mózgu i rdzeniu kręgowym rejestrują wpływy otoczenia i stan funkcjonalny organizmu i dzięki połączeniom umożliwiającym wymianę informacji konstruuje polecenia dla motoneuronów. Na ostateczny kształt pobudzeń docierających do mięśni dna miednicy wpływają nie tylko ośrodki kory ruchowej, ale również kora przedruchowa (planowanie), mózdzek i jądra podkorowe (koordynacja) oraz pień mózgu (reakcje odruchowe). Nie mniej ważne są układ limbiczny (emocje), zaangażowany w procesie uczenia się kontroli nad czynnością zwieraczy, oraz kora wzrokowa i słuchowa, dostarczające informacji istotnych dla decyzji o czasie i miejscu opróżnienia zawartości jelit. Rolą obwodowego układu nerwowego jest dostarczanie do mięśni pobudzeń, za których wartość, częstotliwość, amplitudę, sposób dystrybucji w mięśniach czy zdolność do powysiłkowej relaksacji odpowiada ośrodkowy układ nerwowy. Jego decydującego wpływu na charakterystykę rejestrowanego z mięśni napięcia dowodzą zamieszczone w artykule rezultaty terapii EMG-biofeedback.

Czynność mięśni może być inicjowana przez mózg jako reakcja odruchowa lub akt woli. O ile akt woli powoduje zmianę napięcia zwieraczy w celu powstrzymania odruchu wypróżnienia, to przecież w czasie codziennej aktywności ruchowej nie sterujemy świadomie skomplikowanym, złożonym z dziesiątków tysięcy synaps i jednostek ruchowych mechanizmem. Sterują nim ukształtowane w wyniku wielokrotnych powtórzeń i nabytego doświadczenia zespoły połączonych funkcjonalnie neuronów. Świadomość wyznacza cel i rejestruje rezultat, ale przebieg procesu sterowania napięciem jest wynikiem decyzji podejmowanych przez OUN. Dominująca rola w powstrzymaniu odruchu wypróżnienia przypada położonemu dystalnie, zewnętrznemu zwieraczowi odbytu, jednakże warto pamiętać, że w skurczu zapobiegającym niekontrolowanemu opróżnieniu jelit bierze udział wiele innych mięśni dna miednicy: tworzące płytę dźwigacza parzyste mięśnie guziczne, mięśnie poprzeczne krocza, mięsień łonowo-odbytniczy oraz mięśnie zasłaniające wewnętrzne, również unerwione ze splotu krzyżowego. Nie istnieje możliwość napinania w sposób izolowany któregokolwiek z wyżej wymienionych mięśni. To silna, świadoma kontrola nad aktywnością skurczową zwieracza zewnętrznego cewki i odbytu inicjuje czynność pozostałych mięśni dna miednicy. Nawet częściowe uszkodzenie sieci neuronowej sterującej

While it was relatively recently believed that muscle tone is a reflex response of muscle spindles to stretching independent of the nervous system (7), it is currently believed, that muscle activity is both initiated and supervised by the CNS (8). The axons of the motor cortex connect in the sacral segment of the spinal cord with the nuclei of motor neurons innervating the pelvic floor muscles, while the hypothalamus (medial part) connects with the Onuf's nucleus (9). Neural networks formed in early childhood based on the feedback mechanism create a multi-level and highly complex mechanism of central control of defecation and gas passage. Specialised nerve centres in the brain and spinal cord register stimuli from the environment and the functional body status and, owing to the connections that enable information exchange, they construct commands for the motor neurons. The final shape of the impulses reaching the pelvic floor muscles is influenced not only by the centers of the motor cortex, but also by the pre-motor cortex (planning), the cerebellum and subcortical nuclei (coordination), and the brainstem (reflexes). An equally important role is played by the limbic system (emotions), involved in the process of learning to control the sphincter function, and the visual and auditory cortex, which provide information important for decisions about the time and place of bowel emptying. The role of the peripheral nervous system is to provide muscles with stimuli, while the central nervous system is responsible for their value, frequency, amplitude, distribution in the muscles and the post-contraction relaxation as well. Its crucial impact on the characteristics of recorded muscle activity is confirmed by the outcomes of EMG-biofeedback therapy presented in this paper.

Muscle activity can be initiated by the brain as a reflex or conscious response. While one can consciously change the sphincter tone to inhibit the defecation reflex, usually we do not control the complex mechanism of many thousands of synapses and motor units during our daily physical activity. It is controlled by groups of functionally connected neurons shaped in the course of multiple repetitions and acquired experience. Consciousness sets a goal and then registers the outcome, but decisions on the bioelectric activity control process are made by the CNS. The primary role in inhibiting the defecation reflex is played by the distal external anal sphincter (EAS); however, it is worth noting that many other pelvic floor muscles contribute to the contraction to prevent uncontrolled bowel emptying: the coccygeal muscles forming the levator plate, the transverse muscles of the perineum, the puborectalis muscle, and the internal obturator muscles, which are also innervated by the sacral plexus. It is not possible to tense any of the above-mentioned muscles in an isolated manner. It is a strong, conscious control over the contractile activity of the external urethral and anal sphincter that initiates the activity of the other pelvic floor muscles. Even partial damage to the

napięciem zwieraczy powoduje, że podejmowane w jej ramach decyzje nie mogą być optymalne. Ośrodki nerwowe odpowiedzialne za regulację napięcia „nie wiedzą”, co jest optymalne, a co nie, dopóki świadomość nie zarejestruje i nie dokona oceny rezultatów ich działania. Zdolność układu nerwowego do sterowania napięciem powstaje w oparciu o mechanizm sprzężenia zwrotnego i jest wynikiem doświadczenia. Jeżeli rezultat aktywności zwieraczy odbytu nie jest zgodny z oczekiwaniami i pojawia się odczucie nieprawidłowego (lub innego niż dotychczas) funkcjonowania, w postaci trudności z utrzymaniem stolca lub gazów, przewlekłymi zaparciami, zaburzeniami czucia wypełnienia jelit, odczuciami niepełnego wypróżnienia, bólem itd., powstaje przekonanie, że mechanizmy nerwowo-mięśniowe działają nieprawidłowo. Zachodzi wtedy potrzeba uzyskania specjalistycznej porady. Realizowane w procesie diagnozowania badania obrazowe: transrektalne USG, rektoskopia, kolonoskopia lub rezonans lędźwiowo-krzyżowego odcinka kręgosłupa, służą potwierdzeniu lub wykluczeniu istnienia zmian wymagających interwencji chirurgicznej lub leczenia onkologicznego. Jeżeli jednak badania obrazowe nie pozwalają na ustalenie przyczyn choroby, a chory zgłasza konkretne dolegliwości, to trzeba przyjąć, że przyczyna tkwi w zaburzeniu sterowanej napięciem czynności mięśni. Ponieważ nieprawidłowe, czyli wzmożone, obniżone, niestabilne i nieskoordynowane w czasie, napięcie mięśni odpowiedzialnych za funkcje zwieraczowe nie ulega normalizacji w wyniku farmakoterapii, niezbędne są rehabilitacja i wdrożenie adekwatnych metod.

Normalizacji napięcia służą stymulacje nerwów o działaniu neuroregeneracyjnym, realizowane z elektrodami aplikowanymi wzdłuż przebiegu struktur nerwowych oraz ćwiczenia mięśni dna miednicy z elektrodą doodbytniczą „pod dyktando” stymulacji (10). Oprócz wielu innych zalet, stymulacja mięśni posiada i tę, że dostarcza do mięśni pobudzenia stabilne, jakich uszkodzony układ nerwowy nie jest w stanie zagwarantować. Pod wpływem stymulacji o parametrach odpowiednich do stanu czynnościowego oraz terapii EMG-biofeedback napięcie mięśni może się stabilizować zarówno w czasie skurczu, jak i w czasie relaksacji. Stabilizacja napięcia powoduje subiektywne odczucie lepszej kontroli nad zwieraczami i może być ujawniona w obiektywnych, porównawczych badaniach EMG, przed zastosowaniem i po zastosowaniu terapii. Wpływ stymulacji i techniki EMG-biofeedback na czynność bioelektryczną, czyli rozkład i koordynację napięcia zwieraczy odbytu oraz synchronizację jednostek ruchowych w czasie skurczu i powysiłkowej relaksacji, prezentują zamieszczone poniżej opisy przypadków.

Pacjentki, u których dokonano oceny napięcia zwieraczy odbytu i wdrożono metody usprawniające rozkład i koordynację napięć w mięśniach, zostały wybrane losowo. Są to dwie kolejne pacjentki z problemami zwieraczowymi (ID 2106 i ID 2107), które przypadkowo umówiły wizytę w tym samym dniu, w odstępie 2 godzin. Podobne do opisanych poniżej rezultaty terapii można zarejestrować u wielu innych chorych, których wiek, wykształcenie i zawód nie mają większego znaczenia. Ważna jest zdolność do koncentracji, wnioskowania i rozumienia poleceń.

neural network responsible for modulating the sphincter tone means that its decisions cannot be optimal. The nerve centers responsible for regulating muscle activity “do not know” what is optimal and what is not, until consciousness registers and evaluates the outcomes of their actions. The ability of the nervous system to control muscle activity arises through a feedback mechanism and is the result of experience. If the outcome of anal sphincter activity is not as expected and there is a feeling of abnormal (or different from the previous) function in the form of stool or gas incontinence, chronic constipation, disturbed perception of intestinal filling, incomplete bowel emptying, pain, etc., the malfunction of neuromuscular mechanisms is suspected. In such cases, specialist advice should be sought. Diagnostic imaging, including transrectal ultrasound, rectoscopy, colonoscopy or lumbosacral resonance, is used to confirm or exclude changes requiring surgical intervention or anti-cancer treatment. However, if diagnostic imaging fails to identify the aetiology, and the patient reports specific symptoms, an impaired voltage-controlled muscle function should be assumed. Rehabilitation is necessary as incorrect, i.e. increased, reduced, unstable and uncoordinated tone of sphincteric muscles requires adequate treatment approaches. Pharmacotherapy treatment often fails.

Neuroregeneration-promoting nerve stimulation, with electrodes applied along neural structures, and pelvic floor muscle training using a rectal electrode in synchronisation with stimulation, are used to normalise the muscle tone (10). In addition to many other advantages, stimulation provides the muscles with stable impulses, which cannot be otherwise guaranteed by the damaged nervous system. Stimulation with parameters adjusted to the functional status and EMG-biofeedback therapy, allows for stabilisation of muscle tone both during contraction and relaxation. Stabilised muscle tone contributes to subjective feeling of improved sphincter control and can be confirmed in objective, pre- and post-treatment comparative EMG. The paper presents two case reports to show the impact of electrical stimulation and EMG-biofeedback on bioelectric activity, i.e. the distribution and coordination of anal sphincter tone and the synchronisation of motor units during contraction and post-contraction relaxation.

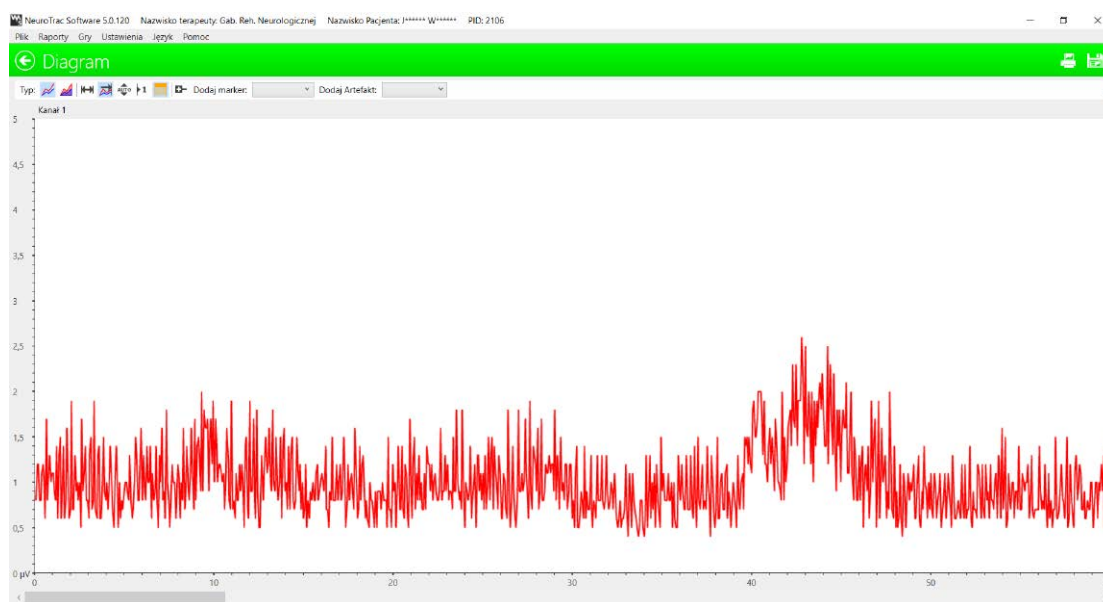
Two patients in whom anal sphincter tone was assessed and methods to improve the distribution and coordination of muscle activity were implemented, were randomly selected. These were two subsequent patients with sphincter problems (ID 2106 and ID 2107) who coincidentally made an appointment on the same day, 2 hours apart. Therapeutic outcomes similar to those described below, can be achieved in many other patients, regardless of age, education or occupational status. It is important that the patient is able to concentrate, draw conclusions and understand commands.

PRZYPADEK 1

Kobieta lat 70, nadal aktywna zawodowo i społecznie. Problemy z utrzymaniem stolca i gazów wystąpiły po kilku miesiącach intensywnej opieki nad niepełnosprawnym w wyniku udaru mężem. Prawdopodobne przyczyny inkontynencji to konflikty przeciążonych struktur kręgosłupa z układem nerwowym, powodujące zaburzenia przewodnictwa nerwowego i modyfikację mechanizmów regulujących napięcie mięśni. Elektromiografię zwieraczy odbytu i terapię przeprowadzono z wykorzystaniem 1-kanalowej elektrody doodbytniczej. Badanie EMG ujawniło wzmożone napięcie spoczynkowe zwieraczy o wartości średniej 1,0 μV z dużą, rzędu 2,2 μV , amplitudą wahań napięcia (ryc. 1).

CASE REPORT 1

A 70-year-old professionally and socially active woman. Stool and gas incontinence developed after several months of intensive care for her husband with disability due to stroke. Incontinence probably resulted from conflicts between the overloaded spinal structures and the nervous system, disturbing nerve conduction and modifying the mechanisms that modulate muscle tone. Anal sphincter EMG and therapy were performed using a single-channel rectal electrode. EMG revealed increased resting activity of the sphincters with an average value of 1.0 μV with a high (2.2 μV) amplitude of voltage fluctuations (fig. 1).



Ryc. 1. Wzmożone i niestabilne napięcie spoczynkowe zwieraczy odbytu u chorej z inkontynencją stolca i gazów. Skala 0-5 μV
Fig. 1. Increased and unstable resting activity of the anal sphincters in a patient with stool and gas incontinence. Scale 0-5 μV

Prawidłowe napięcie spoczynkowe u osób zdrowych wynosi około 0,5 μV , a jego wahania (amplituda) nie przekracza 0,4 μV . Znacznie niższa jest również częstotliwość pobudeń. Test wysiłkowy MVC, polegający na świadomym napinaniu zwieraczy tak mocno, jak to tylko możliwe, przyniósł następujące rezultaty: średnia wartość napięcia ze wszystkich 5 prób skurczu wyniosła 9,7 μV , stabilność – 32,5% odchyłeń od średniej, napięcie w czasie powysiłkowej relaksacji – 1,4 μV . Widoczny jest znaczny spadek zdolności do utrzymania napięcia w czasie kolejnych prób napinania mięśni (ryc. 2).

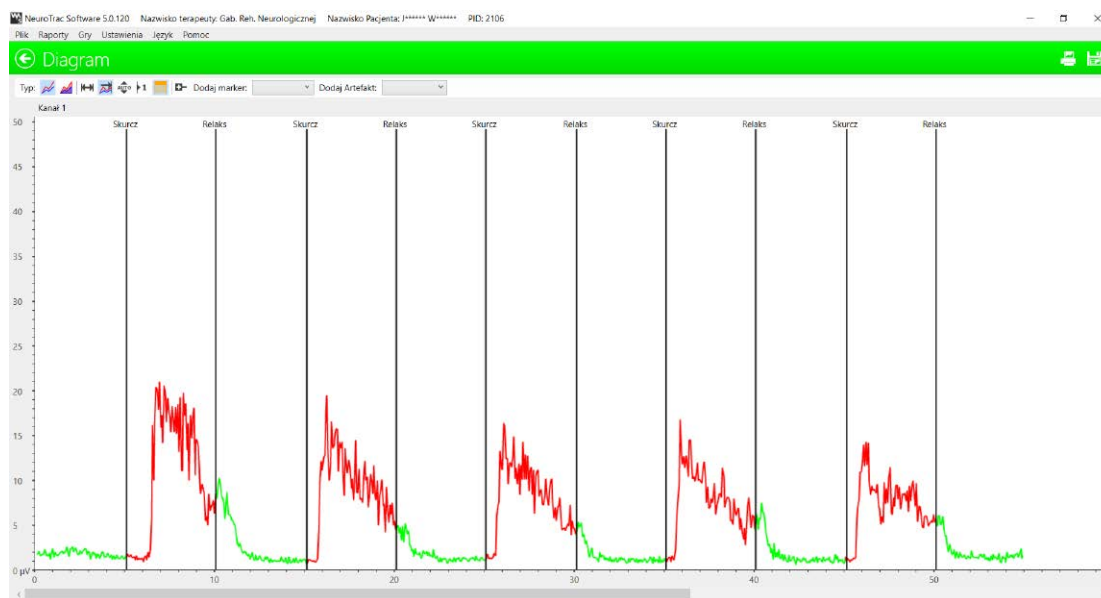
Rezultaty osiągnięte w testach wysiłkowych zwieraczy przez osoby zdrowe oscylują w czasie skurczu średnio wokół 20-25 μV , powysiłkowa relaksacja jest na poziomie około 0,5 μV , natomiast reprezentujące stabilność odchylenia napięcia od średniej nie przekraczają 12-14%.

Na tym etapie badania nie można ocenić, w jakim stopniu wzmożone i niestabilne napięcie jest zależne od doznanych uszkodzeń kręgosłupa, a w jakim od sfery psychiki, emocji i obaw, naturalnych przeciwieństw u osób, którym nagle zaczęła doskwierać inkontynencja. Po poinformowaniu pacjentki o sposobie

Normal resting activity in healthy individuals is about 0.5 μV , with fluctuations (amplitude) not exceeding 0.4 μV . The frequency of impulses is also much lower. The maximum voluntary contraction (MVC) test, during which the patient performs maximum contraction, showed the following results: the mean activity from all 5 contraction attempts was 9.7 μV , stability – 32.5% deviations from the mean, action during post-contraction relaxation – 1.4 μV . There was a significant decrease in the ability to maintain muscle tone during subsequent attempts to tense the muscles (fig. 2).

The results achieved in sphincter contraction/relaxation tests by healthy individuals fluctuate during contraction around an average of 20-25 μV , post-contraction relaxation is at the level of about 0.5 μV , while the voltage deviation from the mean is stable and does not exceed 12-14%.

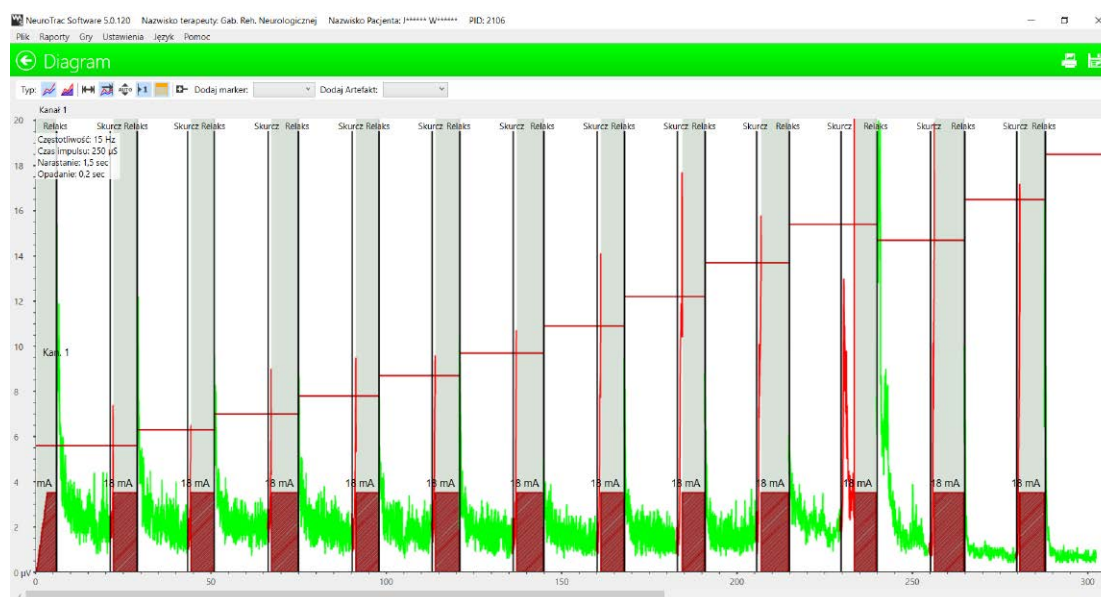
At this stage, it is impossible to assess to what extent the increased and unstable tension depends on spinal injuries or the mental, emotional or anxiety sphere, which are natural for individuals who suddenly developed incontinence. Once the patient was informed on how to respond to Contraction and



Ryc. 2. Test wysiłkowy wykonany przed stymulacją w trybie ETS i ćwiczeniami. EMG-biofeedback. Skala 0-50 μV
Fig. 2. Contraction/relaxation test performed prior to ETS stimulation and EMG-biofeedback exercises. Scale 0-50 μV

reagowania na polecenie: Skurcz i Relaks oraz o potrzebie obserwowania, w jaki sposób zwieracze polecenia te realizują, wdrożono terapię ETS (ang. *electromyographic triggered stimulation*). Jej ideą jest automatyczne uruchomienie elektrostymulacji mięśni po świadomym wygenerowaniu napięcia, przewyższającego reprezentującą aktualny próg zadaniowy poziomą linię oraz koncentracja na jak najlepszej relaksacji mięśni po skurczu. Wznosząca się pozioma linia stanowi próg zadaniowy, który po każdym jego pokonaniu zwiększa się o 12%, co mobilizuje do zaangażowania się. Przebieg i rezultat terapii prezentuje rycyna 3.

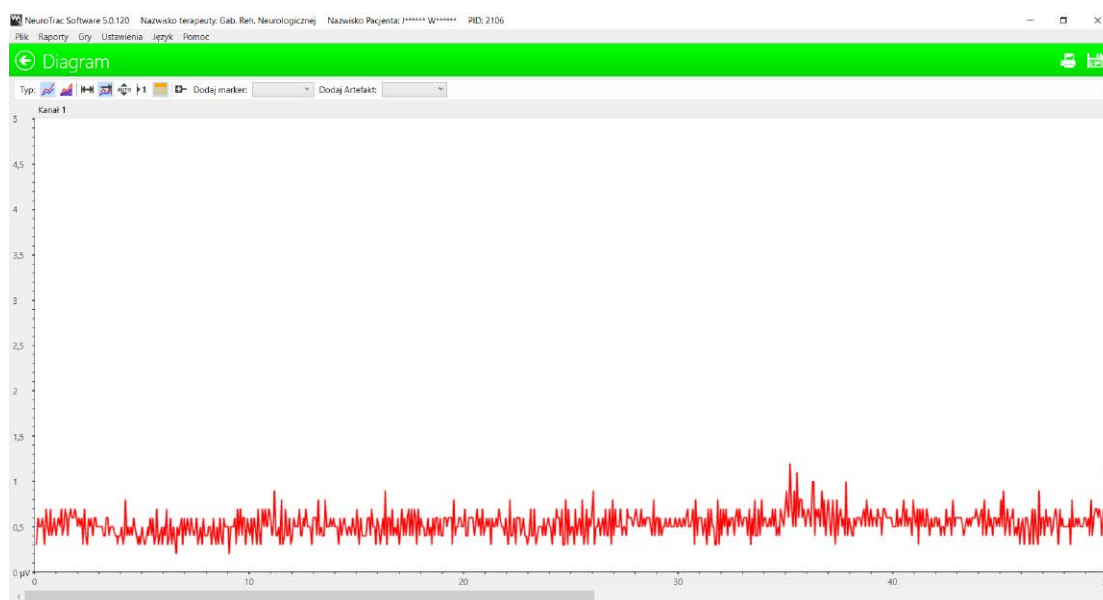
Relaxation commands, and the need to monitor sphincteric responses, electromyographic triggered stimulation (ETS) was initiated. The idea is to automatically activate muscle electrostimulation after consciously generating activity that exceeds the horizontal line representing the pre-set threshold and focusing on the best possible muscle relaxation after contraction. The rising horizontal line represents the pre-set task threshold, which is increased by 12% each time it is exceeded by the patient, which is a motivation. Therapeutic course and outcomes are presented in figure 3.



Ryc. 3. Elektromiogram reprezentujący przebieg terapii ETS. Skala 0-20 μV
Fig. 3. An electromyogram representing the course of ETS therapy. Scale 0-20 μV

Przekroczenie progu zadaniowego wiąże się z natychmiastową informacją zwrotną w postaci łagodnego, ale dobrze odczuwalnego, bodźca ze stymulatora, powodującego skurcz mięśni wyłącznie wokół elektrody. Dzięki temu chory szybko opanowuje napinanie właściwych mięśni, bez niepożądanych kokontrakcji. Możliwość obserwowania napięcia w fazach relaksacji i koncentrowanie się na jego obniżeniu spowodowały zmniejszenie amplitudy wahań napięcia i wyraźny spadek jego wartości średniej. Czas trwania terapii ETS wynosił 5 minut. Natężenie stymulacji akceptowane jako komfortowe wynosiło 18 mA, natomiast pozostałe parametry stymulacji dostosowano do rezultatów testu wysiłkowego, uwzględniając problemy z relaksacją. Kolejną terapią były ćwiczenia EMG-biofeedback, w czasie których pacjentka koncentrowała się na zamykaniu i otwieraniu kwiatu róży. Progi zadaniowe w grze dostosowano w sposób, który umożliwiał osiągnięcie celów i powodował powiązane z ich realizacją pozytywne odczucia. Wpływ obu terapii na diametralną zmianę wartości średniej i amplitudy napięcia spoczynkowego prezentują ryciny 4 i 5.

Exceeding the pre-set threshold generates an immediate feedback in the form of a mild, yet perceptible, impulse from the stimulator, causing muscle contraction only around the electrode. As a result, the patient quickly learns to contract the right muscles, without unintended co-contractions. The possibility to follow bioelectric activity in the relaxation phases and to focus on its reduction resulted in a reduced amplitude of voltage fluctuations and a marked decrease in its mean value. The duration of ETS was 5 minutes. Comfortable stimulation intensity was 18 mA, while the other stimulation parameters were adjusted to the results of contraction/relaxation test, considering relaxation difficulties. Another form of therapy involved EMG-biofeedback exercises, during which the patient focused on the opening and closing of a rose bud. The task thresholds were pre-set in a way that allowed for achieving the set goals and arousing positive feelings of accomplishment. The contribution of both therapies to the dramatic change in the mean value and amplitude of the resting muscle tone is shown in figures 4 and 5.



Ryc. 4. Napięcie spoczynkowe po terapii ETS i ćwiczeniach EMG-biofeedback. Skala 0-5 μV

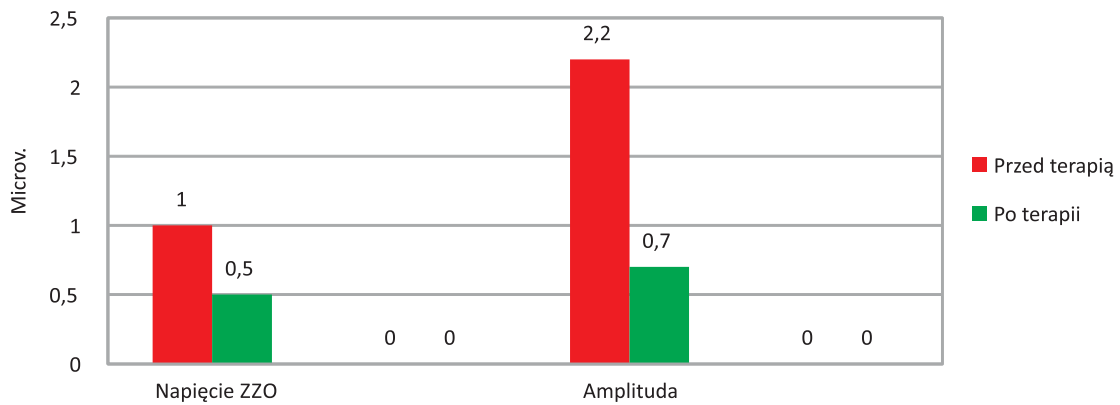
Fig. 4. Resting muscle tone after ETS and EMG-biofeedback. Scale 0-5 μV

W nie mniej istotnym stopniu uległa zmianie charakterystyka napięcia w czasie testu wysiłkowego, co obrazują ryciny 6 i 7.

Normalizację napięcia uzyskano wyłącznie na podstawie oddziaływania stabilnych parametrów stymulacji i świadomego przeprogramowania mechanizmów regulacji napięcia, dzięki jego wizualizacji w czasie rzeczywistym i możliwości wnioskowania.

A similar, significant change was found in muscle activity during contraction/relaxation test, as shown in figures 6 and 7.

Normalised muscle activity was achieved solely by means of an interaction between stable stimulation parameters and conscious reprogramming of muscle tone regulatory mechanisms, owing to its real-time visualisation and the possibility to draw conclusions.



Ryc. 5. Zmiany napięcia spoczynkowego i amplitudy w wyniku terapii

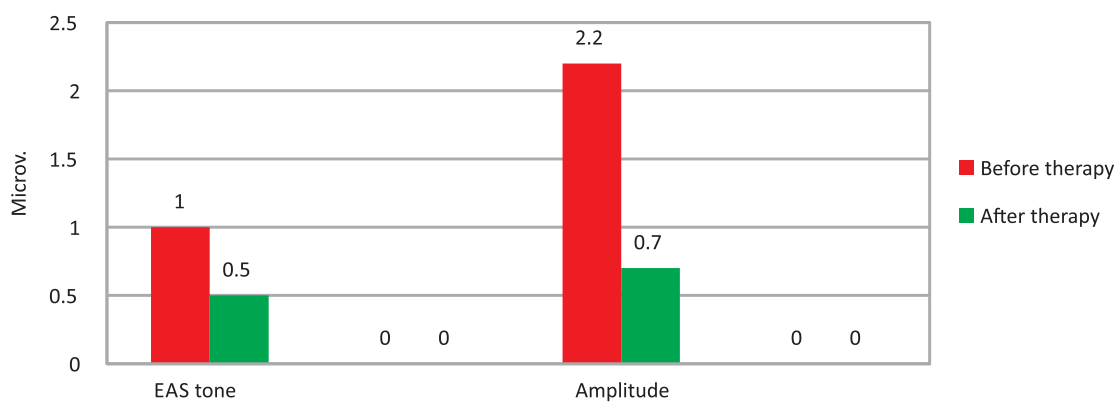
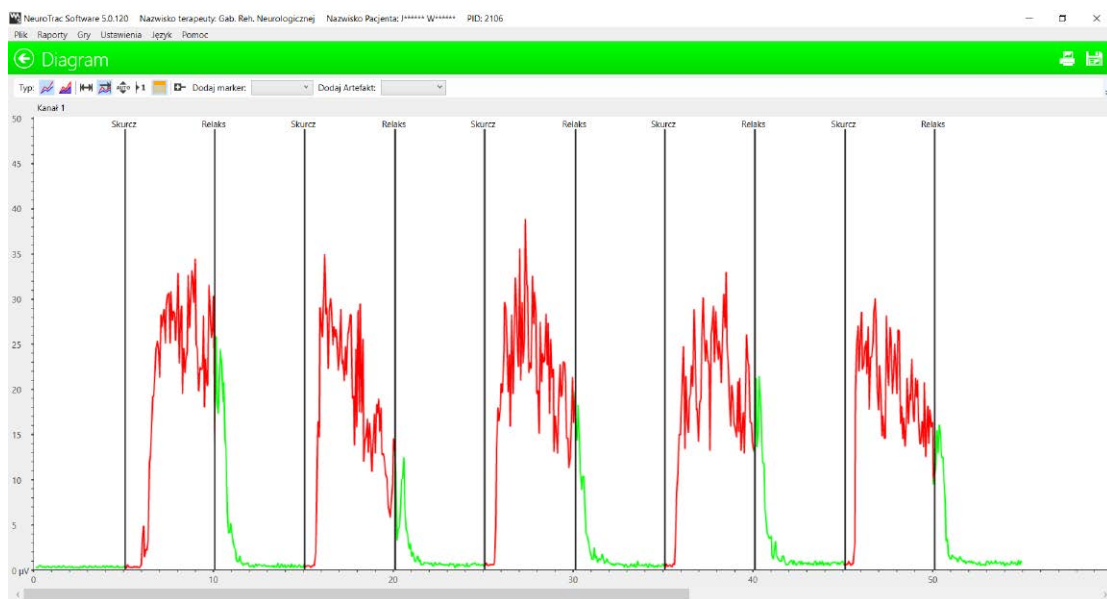
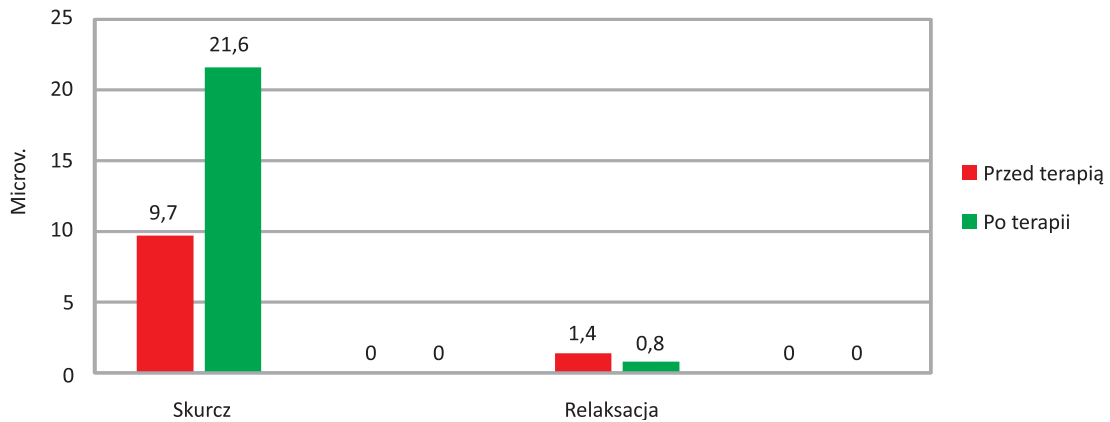


Fig. 5. Changes in resting muscle activity and amplitude as a result of therapy



Ryc. 6. Test wysiłkowy po terapii ETS i ćwiczeniach EMG-biofeedback. Skala 0-50 µV

Fig. 6. Contraction/relaxation test after ETS and EMG biofeedback exercises. Scale 0-50 µV



Ryc. 7. Zmiany napięcia w teście MVC

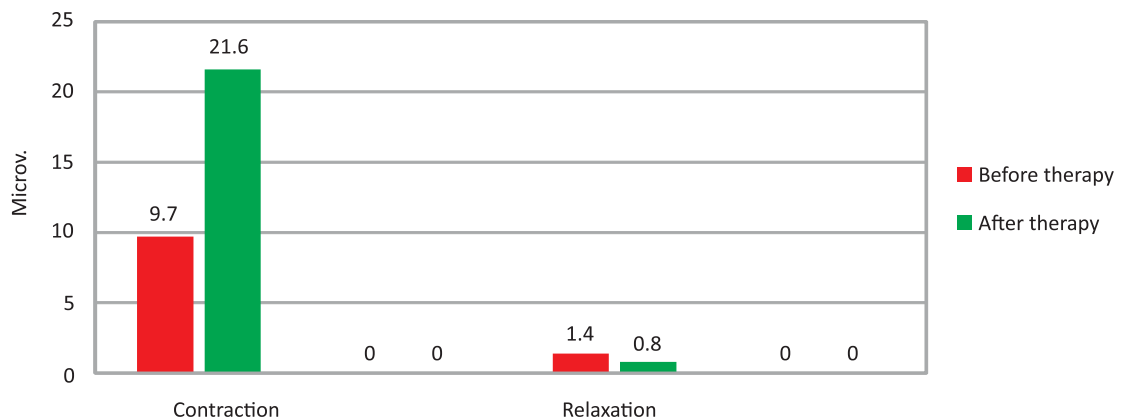


Fig. 7. Muscle activity changes in MVC

PRZYPADK 2

Chora lat 35 z poporodowymi uszkodzeniami zwieraczy odbytu w wyniku porodu kleszczowego i pęknięcia krocza II°. Transrektalne USG ujawniło zanik zwieracza wewnętrznego i jego obniżenie względem ZZO. Ciągłość zwieraczy zachowana, ale ujawniły się cechy atrofii tłuszczowej.

Ocenę napięcia spoczynkowego i testy wysiłkowe przeprowadzono z zastosowaniem 2-kanalowej elektrody doodbytniczej. Górny kanał elektromiogramu obrazował napięcia z obszaru zwieracza zewnętrznego, dolny – mięśnia łonowo-odbytniczego. Podobnie jak w przypadku pierwszej chorej, napięcie spoczynkowe było znacznie wzmożone, niestabilne, o wysokiej częstotliwości pobudzeń i amplitudzie ponad 4 μV . Charakterystyka napięcia obu mięśni różniła się istotnie. Średnia wartość napięcia spoczynkowego dla ZZO wyniosła 1,6 μV , a dla mięśnia ŁO – 2,2 μV , inna była również amplituda wahań napięcia, większa w obszarze mięśnia łonowo-odbytniczego (ryc. 8).

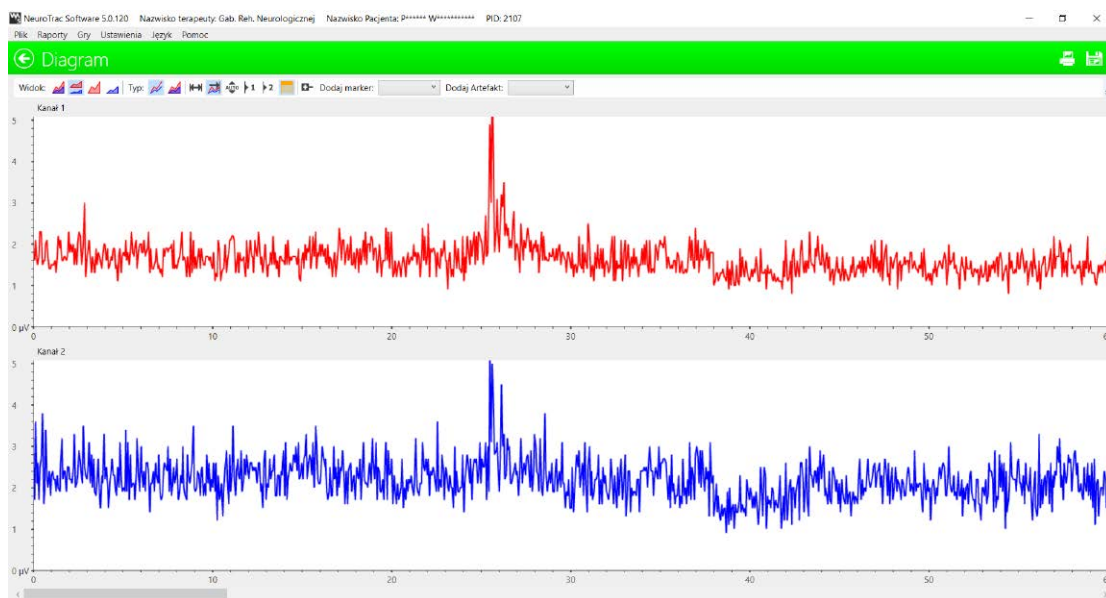
Wykonany po instruktażu co do sposobu jego realizacji test wysiłkowy ujawnił opóźnienie reakcji na polecenie relaksacji, niestabilność napięcia w czasie skurczu i podobnie jak w pierwszym przypadku, stopniowy spadek zdolności do utrzymania skurczu w kolejnych próbach (ryc. 9).

CASE REPORT 2

A 35-year-old patient with postpartum anal sphincter injuries as a result of forceps delivery and second degree perineal tears. Transrectal ultrasound revealed atrophy of the internal sphincter and its lowering in relation to the external anal sphincter (EAS). Sphincteric continuity was preserved, but the signs of adipose atrophy became evident.

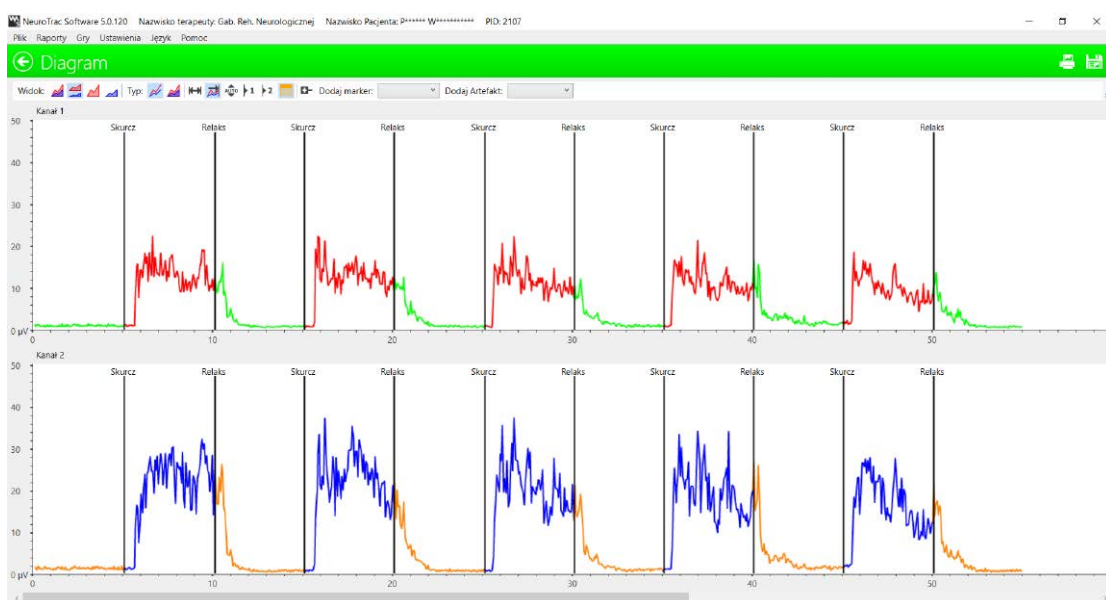
The assessment of resting muscle activity and contraction/relaxation tests were performed with the use of a dual-channel rectal electrode. Activities from the area of the external sphincter were shown in the upper channel, and from the puborectalis muscle in the lower channel of the electromyogram. As in the case of the first patient, the resting activity was significantly increased, unstable, with a high frequency of excitations and an amplitude greater than 4 μV . The characteristics of the activity of both muscles differed significantly. The mean resting activity was 1.6 μV for EAS, and 2.2 μV for PRM; the amplitude of activity fluctuations was also different, higher in the PRM area (fig. 8).

The contraction/relaxation test, which was preceded by proper patient training, revealed a delayed response to the relaxation command, unstable activity during contraction and, similarly to the first case, a gradual decrease in the ability to maintain contraction during subsequent attempts (fig. 9).



Ryc. 8. Napięcie spoczynkowe przed wdrożeniem terapii. Skala 0-5 μV

Fig. 8. Resting activity before the therapy. Scale 0-5 μV



Ryc. 9. Test wysiłkowy przed wdrożeniem terapii. Skala 0-50 μV

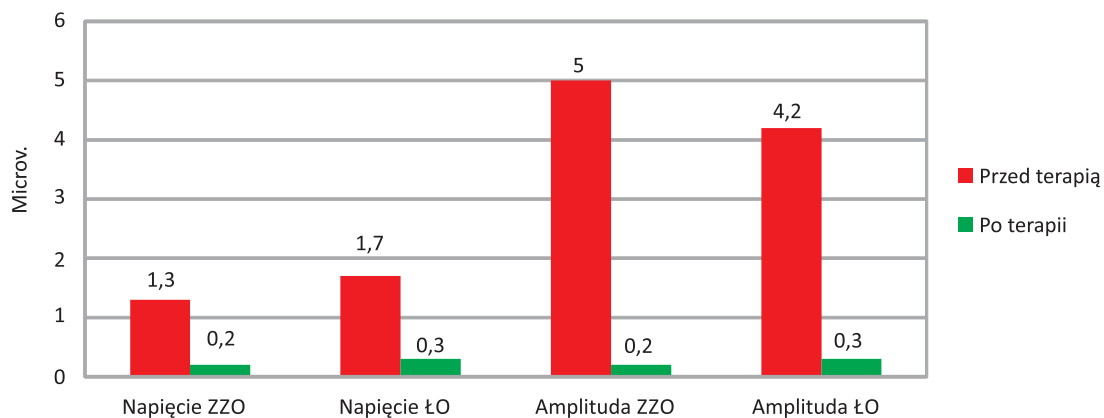
Fig. 9. Contraction/relaxation test before therapy. Scale 0-50 μV

Ze względu na porównywalne u obu pacjentek wartości napięcia z testów wysiłkowych i podobną wrażliwość czuciową na stymulację (18 mA), zastosowano te same parametry w terapii ETS. Uwagę zwraca stopniowa normalizacja napięcia spoczynkowego w miarę trwania terapii (ryc. 10).

W celu wzmocnienia mechanizmów ośrodkowej kontroli napięcia po kilkuminutowym odpoczynku wdrożono, tak jak w pierwszym przypadku, ćwiczenia EMG-biofeedback z kwiatem róży. Wpływ terapii (ETS i EMG-biofeedback) na napięcie spoczynkowe przedstawiają ryciny 11 i 12.

Due to the comparable muscle activities during contraction in both patients and similar sensory sensitivity to stimulation (18 mA), the same parameters were used in ETS. Gradual normalisation of resting muscle activity with the duration of the therapy is noteworthy (fig. 10).

After a few minutes of rest, EMG-biofeedback exercises with rose buds were implemented, as in the first case, in order to reinforce the mechanisms of central muscle activity control. The impact of therapy (ETS and EMG-biofeedback) on resting muscle activity is presented in figures 11 and 12.



Ryc. 12. Zmiany wartości średniej napięcia spoczynkowego i amplitudy w wyniku terapii

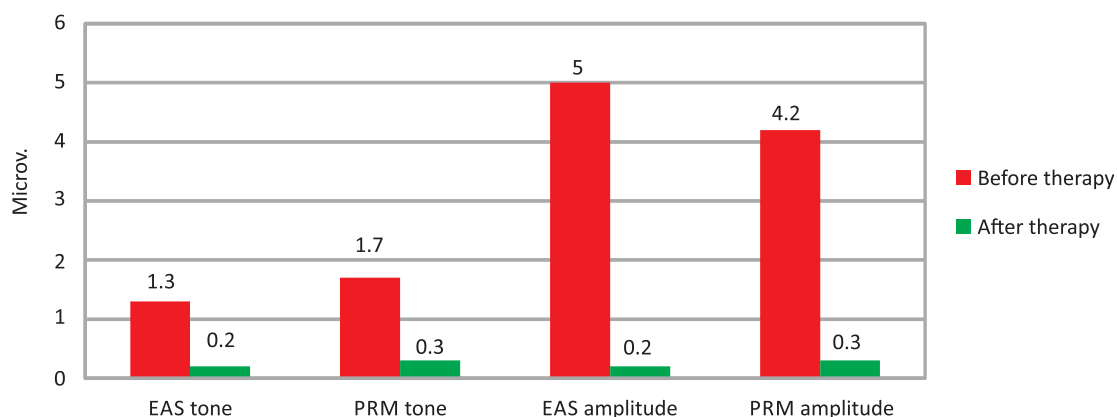
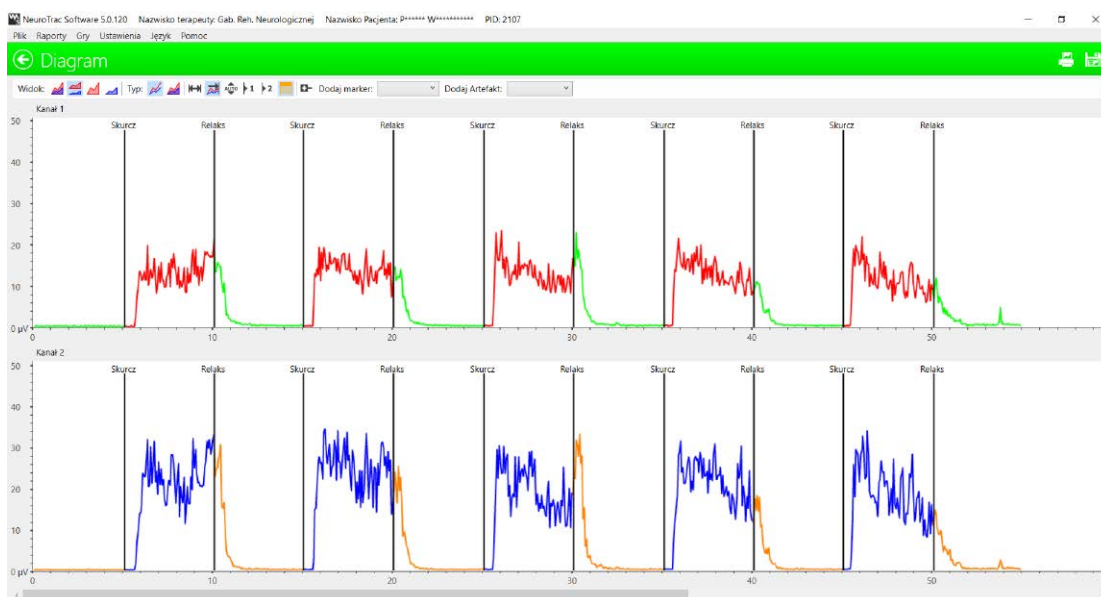
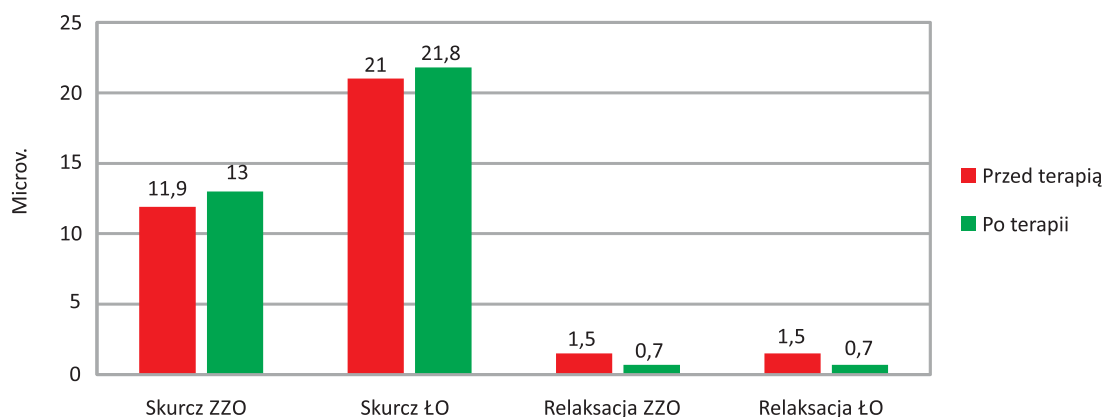


Fig. 12. Changes in the mean resting activity and amplitude after the therapy



Ryc. 13. Test wysiłkowy po terapii ETS i ćwiczeniach biofeedback

Fig. 13. Contraction/relaxation test after ETS and biofeedback exercises



Ryc. 14. Zmiany napięcia wysiłkowego w teście MVC

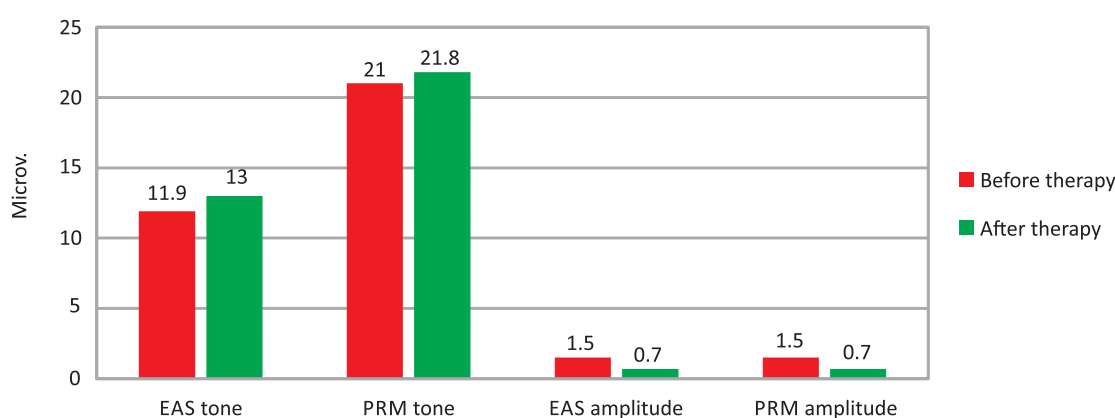


Fig. 14. Changes in contraction muscle activity in MVC

badania kontrolne (co 2-3 miesiące) w celu dokumentowania postępów i korygowania parametrów stymulacji.

DYSKUSJA

Nie jest możliwe, aby tak krótkotrwałe terapie spowodowały regenerację mięśni i nerwów, a jednak u obu poddanych terapii pacjentek zaistniały znaczące, pozytywne zmiany funkcjonalne w ośrodkowych mechanizmach sterowania napięciem. Zmiany te są wielopoziomowe i istotne statystycznie. Czynnikiem, jakie zdecydowały o tym, że w tak krótkim czasie można znacząco usprawnić działanie mechanizmów regulacji napięcia mięśni, jest wiele. Punktem wyjścia dla wdrożenia metod normalizacji napięcia i skutecznej odbudowy kontroli nad czynnością zwieraczy jest przekazanie informacji o istnieniu efektywnych, udokumentowanych naukowo metod regeneracji układu nerwowego i wzmacniania mięśni oraz o pożądanym kierunku zmian, jakim jest obniżenie i stabilizacja napięcia spoczynkowego. W komunikowaniu informacji znaczenie ma nie tylko wiedza i autorytet lekarza/terapeuty, ale również dobór słów i sposób ich przekazania, dostosowany do zasobów mentalnych i stanu emocjonalnego pacjenta. Z cytowanych we wprowadzeniu badań wynika, że rodzaj i charakterystyka napięcia ma znaczący wpływ na procesy życiowe komórek mięśniowych i nerwowych, dlatego wdrożenie terapii powinna poprzedzać ocena napięcia mięśni

is recommended to document the progress and adjust the stimulation parameters.

DISCUSSION

Although it is not possible for such short-term therapies to result in muscle and nerve regeneration, significant positive functional changes in the central mechanisms of muscle tone control were observed in both treated patients. These changes were multi-level and statistically significant. There are many factors that made it possible to significantly improve the functioning of muscle tone regulatory mechanisms over such a short period of time. Providing the patient with information on effective, scientifically documented methods for regeneration of the nervous system and reinforcing the muscles, as well as on the direction of changes, which is the reduction and stabilisation of resting activity, is the starting point for the implementation of methods for muscle tone normalisation and effective restoration of control over sphincter activity. When communicating information, not only the knowledge and authority of the doctor/therapist are important, but also the choice of words and the way they are conveyed, adjusted to the mental resources and emotional state of the patient. The studies cited in the introduction

w spoczynku i w czasie wysiłku. Standardowo do ewaluacji napięcia zwieraczy odbytu korzysta się z badania palpacyjnego. Tą metodą nie można jednak ustalić, jakie napięcie spoczynkowe występuje w codziennym funkcjonowaniu pacjenta lub jak zmieniło się po ćwiczeniach biofeedback, bo dotyk wpływa na odpowiedź czuciowo-ruchową. Na napięcie zwieraczy badanych palpacyjnie wpływają takie czynniki, jak: kto dotyka, w jaki sposób, w jakich okolicznościach, jakie powoduje to u pacjenta reakcje itd. Określanie własnego odczucia istnienia oporu w zetknięciu z utrudniającymi immisję palca zwieraczami lub braku oporu, w przypadku zwieraczy porażonych wiotko, mianem „napięcie” z punktu widzenia diagnosty wykorzystującego do oceny napięcia elektromiografię wydaje się kontrowersyjne. Reprezentujące czynność bioelektryczną układu nerwowo-mięśniowego napięcie jest bowiem wielkością fizyczną wyrażaną w odnoszących się do napięcia elektrycznego jednostkach SI, mikrovoltach i mierzalną w sposób obiektywny, wyłącznie za pomocą atestowanych do celów medycznych aparatów do rejestracji czynności bioelektrycznej, czyli elektromiografów. Odczucie osoby badającej napięcie zwieraczy palpacyjnie jest kategorią emocjonalną, osobniczo zmienną (każda osoba badająca palcem może mieć inny palec i inne odczucia). Odczucia nie można wykorzystać do obiektywnych porównań subtelnych zmian napięcia, co utrudnia postawienie właściwego rozpoznania i wdrożenie skutecznego leczenia. Szczególnie w odniesieniu do bardzo niskich napięć, mieszczących się w przedziale 0,2- 0,5 μV , mają one duże znaczenie kliniczne (11). Elektromiografia zwieraczy odbytu pozwala ujawnić wiele istotnych klinicznie cech napięcia: minimalną, maksymalną i uśrednioną wartość napięcia z wybranego okresu obserwacji, amplitudę wahań, medianę i modę, odchylenie standardowe odnoszące się do stabilności napięcia, zdolność do powysiłkowej relaksacji, określony z dokładnością do 0,1 sekundy czas reakcji na polecenie skurczu i relaksacji oraz czas utrzymania skurczu. Błąd pomiarowy dobrej klasy aparatu do EMG nie przekracza 4%. Zebrane w czasie badania EMG dane pozwalają na uzasadniony obiektywnymi wynikami dobór metodyki postępowania rehabilitacyjnego. Inne parametry elektrostymulacji, progi zadaniowe w grach biofeedback i rodzaje ćwiczeń trzeba zastosować u osoby, która z powodu znacznego stopnia odnerwienia nie potrafi lub nie posiada zdolności do generowania izolowanych skurczów zwieraczy odbytu i kompensuje to aktywacją innych grup mięśniowych (pośladki, przywodziciele, mięśnie brzucha), a inne u osoby wykonującej napinanie mięśni w sposób poprawny, ale jej reakcje na polecenie Skurcz i Relaks są znacznie opóźnione w wyniku zaburzeń przewodnictwa nerwowego lub osoba ta nie posiada zdolności do powysiłkowej relaksacji. Badanie EMG pozwala zaobserwować napięcie w spoczynku oraz jego charakterystykę w czasie świadomego pobudzenia mięśni do czynności, np. odpowiedzi na kaszel lub próbę Valsalvy. Napięcie spoczynkowe jest określane również mianem napięcia mięśniowo-powięziowego (12). Osteopaci uważają, że powięź pełni istotną rolę w dystrybucji napięcia w mięśniach oraz że można palpacyjnie „odczuć” obecność napięcia nieujawnionego w badaniu EMG (ang. *EMG-silent*) (13). Aparat

show that the type and characteristics of muscle bioelectric activity have a significant impact on the biological processes of muscle and nerve cells; therefore, the therapy should be preceded by an assessment of muscle electrical activity at rest and during contraction. A digital examination is conventionally performed to evaluate anal sphincter tone. However, since palpation has an impact on the sensorimotor response, it is not possible to determine resting muscle activity during the patient's daily functioning or its change after biofeedback exercises using this method. Sphincter tone assessed by palpation may change depending on by whom, how and under what circumstances the examination is performed, what reactions it triggers in the patient, etc. From the point of view of a diagnostician who uses electromyography to assess muscle activity, it seems controversial to define one's own perception of resistance in contact with the sphincters that impede finger insertion or the lack of resistance, in the case of flaccid sphincter paralysis. The voltage representing the bioelectric activity of the neuromuscular system is a physical quantity expressed in SI units (microvolts), which is measured objectively, only with the use of devices for recording bioelectric activity, i.e. electromyographs, certified for medical purposes. The sensations of the person palpating sphincter tone falls within the emotional category and is individually variable (each person performing palpation may have a different finger and experience different sensations). These sensations cannot be used to objectively compare subtle changes in muscle activity, which makes it difficult to reach an accurate diagnosis and implement effective treatment. They are of great clinical importance especially for very low voltages, in the range of 0.2-0.5 μV (11). Anal sphincter electromyography reveals multiple clinically significant parameters of bioelectric muscle activity: minimum, maximum and mean voltage in the selected observation period, amplitude of fluctuations, median and mode, standard deviation for voltage stability, post-contraction relaxation, time of response to contraction and relaxation command and contraction holding time determined with an accuracy of 0.1 seconds. The measurement error of high-performance EMG devices does not exceed 4%. The data collected during EMG testing allow for the choice of rehabilitation methods based on objective results. Different electrostimulation parameters, pre-set biofeedback thresholds and types of exercises should be used in a person who, due to severe denervation, is unable to generate isolated contractions of the anal sphincters and compensates for this inability by activating other muscle groups (gluteal, adductor, abdominal muscles) than in a person who properly tenses muscles, but responds to Work/Rest commands with a significant delay as a result of impaired nerve conduction, or is not able to perform post-contraction relaxation. EMG allows for monitoring resting muscle activity and its characteristics during conscious muscle stimulation to perform an activity or, for example, in response to cough or a Valsalva maneuver.

do rejestracji niskich napięć (ang. *low level EMG*) ujawnia wahania napięcia rzędu 0,1 mikrovolta, np. w mięśniu odnerwionym, a takie napięcia nie są wyczuwalne palpacyjnie. O ile manualna terapia zwieraczy może wpływać na normalizację napięcia i przynosić ulgę w stanach bólowych, to jednak nie umożliwia regeneracji struktur nerwowych i reinerwacji lub wzmocnienie mięśni.

Sprawny mechanizm kontrolny regulujący czynność zwieraczy odbytu jedynie sporadycznie angażuje świadomość. Regulacją napięcia mięśniowego w odpowiedzi na zmiany ciśnienia śródbrzusznego w czasie skłonu, kaszlu, biegu, dźwigania, wstawania z krzesła, obecność innych osób, wpływy otoczenia itd., zajmuje się kształtowany od dzieciństwa obieg neuronalny, wyuczony zgodnej ze społecznymi oczekiwaniami kontroli nad zwieraczami. Udział świadomości sprowadza się do rejestracji odczucia potrzeby opróżnienia jelit i wyznaczenia właściwego miejsca i czasu na defekację lub oddanie gazów. Uszkodzenie układu nerwowego biorącego udział w kontroli napięcia zwieraczy odbytu powoduje destrukcję mechanizmów regulacji napięcia i wymaga wdrożenia terapii angażującej świadomość do zrekonstruowania zgodnych z wolą reakcji nerwowo-mięśniowych. Jeżeli w wyniku uszkodzeń lub chorób układu nerwowego mięśnie zwieraczy nie są zdolne do przeciwdziałania obciążeniu lub układ nerwowy nie kontroluje ich napięcia w sposób optymalny, wartość i amplituda napięcia rośnie, a wraz z nią zwiększa się wydatek energetyczny i mięśnie szybko się męczą. O ile u osób zdrowych wzrostom ciśnienia śródbrzusznego mogą przeciwstawić się wszystkie jednostki ruchowe mięśni dna miednicy, to u chorych z niedoborem sprawnych jednostek ruchowych mogą zareagować jedynie te, które zachowały zdolność do aktywacji, pod warunkiem, że posiadają sprawne kanały jonowe, zapasy mioglobiny oraz zgromadzonej w mitochondriach energii. Jeżeli obciążenia powodowane grawitacyjnym naporem narządów rozkładają się na niewielką ilość jednostek ruchowych, to siłą rzeczy ich napięcie spoczynkowe ulega zwiększeniu. Na wzrost napięcia spoczynkowego zwieraczy i sposób ich aktywacji w czasie skurczu wpływa nieprawidłowa w wyniku uszkodzeń charakterystyka generowanych przez OUN pobudzeń oraz stres, jaki odczuwa osoba, której mechanizmy zwieraczowe stały się zawodne. Niestety, długotrwały stan wzmożonego napięcia powoduje wiele negatywnych skutków: hiperaktywność ośrodków sterowania napięciem, niestabilność napięcia, nieprawidłową synchronizację jednostek ruchowych w czasie skurczu, zwiększony wydatek energetyczny i męczliwość, brak zdolności do relaksacji po skurczu, lokalne zaburzenia ukrwienia zwiększające ryzyko stanów zapalnych, modyfikację aktywności genów oraz dysfunkcję mitochondriów (14).

Powtarzane w codziennej rutynie, nieprawidłowe wzorce aktywacji ulegają z czasem utrwaleniu i są realizowane jako reakcja odruchowa. Odpowiada za to mechanizm LTP (ang. *long term potentiation*) wzmocnienia synaptycznego często aktywowanych połączeń nerwowych. W takiej sytuacji regeneracja mięśni i ich skuteczne reagowanie na polecenie napinania się lub relaksacji są znacznie utrudnione lub wręcz niemożliwe. Dlatego samodzielne ćwiczenia mięśni

Resting tone is also referred to as myofascial tone (12). According to osteopaths, the fascia plays an important role in muscular tone distribution and it is possible to palpate the presence of tone that goes undetected in EMG (EMG-silent) (13). A low level EMG device reveals voltage fluctuations of 0.1 microvolt, e.g. in a denervated muscle, which are not palpable. Manual sphincter therapy may help normalise muscle tone and bring pain relief, but will not ensure the regeneration of nerve structures or muscle reinnervation.

Consciousness is only sporadically involved in the efficient control mechanism that modulates the activity of the anal sphincters. The regulation of muscle tone in response to changes in intra-abdominal pressure during bending, coughing, running, lifting, rising from a chair, the presence of other people, environmental influences, etc., is performed by the neural network, which develops from childhood and is learned in accordance with social expectations of sphincter control. The role of consciousness is limited to registering the need to evacuate the intestines and determining the right place and time for stool or gas passage. Damage to the nervous system involved in controlling anal sphincter activity has a destructive effect on the mechanisms underlying tone regulation and requires the implementation of consciousness-engaging therapy to reconstruct voluntary neuromuscular responses. If, as a result of nervous system damage or pathology, the sphincter muscles are not able to counteract the load or the nervous system fails to optimally control their tone, the amplitude of the tone increases, increasing energy expenditures and causing the muscles to tire easily. While increases in intra-abdominal pressure can be counteracted by all motor units of the pelvic floor in healthy individuals, only those that have retained their ability to activate may respond in patients with deficiency of efficient motor units, provided that they have functional ion channels, myoglobin reserves and mitochondrial energy. If the loads caused by the gravitational pressure of the organs are distributed onto a small number of motor units, their resting activity automatically increases. The increase in resting sphincter tone and the manner of sphincter activation during contraction is influenced by abnormal impulses generated by the CNS as a result of damage and the stress experienced due to unreliable sphincter mechanisms. Unfortunately, persistently increased muscle tone generates many negative effects, such as hyperactivity of centres for muscle tone control, unstable tone, incorrect synchronisation of motor units during contraction, increased energy expenditure and fatigue, inability to relax after contraction, impaired local blood supply increasing the risk of inflammation and mitochondrial dysfunction (14). Abnormal activation patterns repeated in the daily routine consolidate over time as reflex responses. This is due to the long term potentiation (LTP) mechanism underlying synaptic enhancement of frequently activated neural connections. In this case, the regeneration of muscles and their effective

dna miednicy, których mechanizm aktywacji jest nieprawidłowy w wyniku odnerwienia części jednostek ruchowych, wykonywane bez stabilizującej napięcie i umożliwiającej reinerwację elektrostymulacji oraz odpowiedniego przeszkolenia, skazane są na niepowodzenie. Dla zgodnego z potrzebami organizmu kształtowania reakcji nerwowo-mięśniowych kluczowa jest świadoma współpraca z odczuciem powodowanych stymulacją zmian napięcia zwieraczy oraz wykonywane w sposób prawidłowy ćwiczenia ich napinania i relaksacji. W procesie rekonstrukcji mechanizmów kontroli napięcia świadomość aktywuje układ piramidowy, natomiast wielokrotne powtórzenia pozwalają na przejmowanie funkcji przez układ pozapiramidowy. W kształtowaniu właściwych obiegów neuronalnych ważne są również emocje, akceptacja dla zgodnych z wolą reakcji nerwowo-mięśniowych powodująca uwolnienie dopaminy biorącej udział w zapamiętywaniu zdarzeń i motywowaniu do doskonalenia ruchu (15). Wnioskowanie o sposobie dystrybucji napięcia przez układ nerwowy i aktywowanie obiegów neuronalnych służących poprawie koordynacji nerwowo-mięśniowej umożliwia wizualizacja napięcia na ekranie monitora w technice EMG-biofeedback. Warunki do jej wykorzystania w leczeniu zaburzeń czynnościowych stwarza obecność połączeń neuronalnych ośrodków regulujących napięcie zwieraczy odbytu z korą wzrokową i układem limbicznym. Przetwarzające emocje ciało migdałowe uczestniczy w podejmowaniu decyzji i adaptacji do zmian poprzez uczenie skojarzeniowe i zmiany krótko- i długoterminowej plastyczności synaptycznej (16).

Każdy rodzic wie, jak wiele pozytywnych emocji, wzmacnianych dodatkowo aplauzem ze strony otoczenia, odczuwa dziecko, kiedy opanuje sztukę wypróżniania się na nocniku. To właśnie pozytywne emocje, odczucie satysfakcji i świadoma rejestracja zgodnej z oczekiwaniami czynności zwieraczy kształtują obiegi neuronalne i utrwalają połączenia synaptyczne, biorące udział w gwarantowaniu kontynencji. Kluczowe elementy skutecznej terapii stanowią: przekazanie wiedzy niezbędnej do prawidłowego realizowania zabiegów, właściwe nastawienie emocjonalne chorego, jego zaangażowanie, systematyczność i minimalizowanie spowodowanego inkontynencją stresu dzięki koncentracji na celu, a nie na problemie. Problemy z koncentracją, błędne przekonania, brak wiary, utrzymujący się stres oraz uzależnianie wzmocnienia kontroli nad czynnością zwieraczy od działania innych osób stanowią przeszkody do uzyskania poprawy funkcjonalnej. Wzmocnienie mięśni, których unerwienie uległo uszkodzeniu, oraz usprawnianie nad nimi kontroli jest możliwe wyłącznie przy wykorzystaniu zabiegów stymulacji oraz zaangażowaniu świadomości i woli chorego.

WNIOSKI

1. Napięcie mięśniowe jest kształtowane i kontrolowane przez ośrodkowy układ nerwowy w oparciu o informacje zwrotne z otoczenia, nerwów obwodowych i układu limbicznego.
2. Wyjaśnieniem dla aktywowania pożądaných obiegów neuronalnych w wyniku zastosowania odpowiednich parametrów elektrostymulacji oraz umożliwiającej

response to the contract/relax command are either very difficult or impossible. Therefore, self-exercises of the pelvic floor muscles, the activation mechanism of which is incorrect as a result of the denervation of some motor units, performed without electrostimulation which stabilises muscle activity and enables reinnervation, and without appropriate training, are bound to fail. Conscious cooperation with the perceived stimulation-induced changes in sphincter muscle tone, and properly performed contraction and relaxation exercises are essential for shaping neuromuscular responses in accordance with the body's needs. In the process of reconstructing muscle activity control mechanisms, the consciousness activates the pyramidal system, while these functions are taken over by the extrapyramidal system during multiple repetitions. Emotions and acceptance of voluntary neuromuscular responses, which causes the release of dopamine involved in remembering events and motivating to improve movement, are also important factors in shaping proper neural connections (15). Inferring about muscle tone distribution by the nervous system and activating neural pathways to improve neuromuscular coordination, allows to visualize the tone on the monitor screen using the EMG-biofeedback technique. Its use in the treatment of functional disorders is made possible due to the presence of neuronal connections between centers that modulate anal sphincter tone and the visual cortex and the limbic system. The emotion-processing amygdala is involved in decision-making and adaptation to changes through associative learning and changes in short- and long-term synaptic plasticity (16).

Every parent knows how many positive emotions, additionally reinforced by external appraisal, a child feels having mastered the use of a potty. It is the positive emotions, satisfaction and the conscious registration of sphincter activity corresponding with expectations that shape the neural networks and consolidate the synaptic connections involved in continence. The key elements of effective therapy include providing knowledge on the proper implementation of treatments, proper emotional attitude and commitment of the patient, systematicity and minimizing stress caused by incontinence by focusing on the goal rather than the problem. Problems with focusing, misconceptions, lack of confidence, persistent stress and the dependence of strengthening the control over sphincter activity on the actions of other people prevent functional improvement. Strengthening the muscles whose innervation has been damaged and improving their control is possible only with the use of stimulation and the involvement of the patient's awareness and will.

CONCLUSIONS

1. Muscle tone is shaped and controlled by the central nervous system based on the feedback from the environment, peripheral nerves and the limbic system.

wnioskowanie, wzrokowej kontroli napięcia jest plastyczność kompensacyjna układu nerwowego.

3. Normalizacja nieprawidłowego napięcia mięśniowego zmniejsza wydatek energetyczny mięśni w fazie relaksacji i usprawnia działanie mitochondriów, co stwarza warunki do wykorzystania energii na procesy regeneracyjne komórek mięśniowych.
4. Zabiegi stymulacji zwieraczy i ćwiczenia EMG-biofeedback powinny być poprzedzone informacją o celu, sposobie wykonywania i oczekiwanych rezultatach, a ich rezultaty dokumentowane w badaniach EMG, ponieważ minimalizuje to stres i buduje pozytywne nastawienie chorego do terapii.
5. Samodzielne ćwiczenia zwieraczy odbytu, nawet wykonywane poprawnie, ale bez normalizującej napięcie stymulacji mięśni i nerwów dna miednicy, nie umożliwiają aktywacji odnerwionych jednostek ruchowych i prowadzą do utrwalania się spowodowanych uszkodzeniem unerwienia, niewłaściwych wzorców pobudzeń.

2. Compensatory plasticity of the nervous system accounts for the activation of the desired neural networks in response to appropriate electrostimulation parameters and an inferential visual control of muscle tone.
3. Normalisation of abnormal muscle tone reduces the energy expenditure of muscles in the relaxation phase and improves mitochondrial functioning, which creates adequate conditions to use the energy for muscle cell regeneration.
4. Patients should be informed about the purpose, methods and expected outcomes before sphincter electrostimulation and EMG-biofeedback exercises, and their results should be documented in the form of EMG as it minimises stress and builds a positive attitude to the therapy.
5. Self-exercises of the anal sphincters, even when performed correctly, but without stimulating pelvic floor muscles and nerves, will not activate the denervated motor units, but will consolidate improper stimulation patterns caused by the damaged innervation instead.

Konflikt interesów Conflict of interest

Brak konfliktu interesów
None

Adres do korespondencji Correspondence

*Jan Namysł
Wielkopolskie Centrum Terapii
Niedowładów INNOMED w Poznaniu
ul. Przepiórcza 9/1A, 60-162 Poznań
tel.: +48 601-519-667
jan@innomed.pl

Piśmiennictwo/References

1. Houck JR, Wilding GE, Gupta R et al.: Analysis of EMG patterns of control subjects and subjects with ACL deficiency during an unanticipated walking cut task. *Gait Posture* 2007; 25(4): 628-638.
2. French RJ, Zamponi GW: Voltage-gated sodium and calcium channels in nerve, muscle, and heart. *IEEE Trans Nanobioscience* 2005; 4(1): 58-69.
3. Rodríguez Cruz PM, Cossins J, Beeson D, Vincent A: The Neuromuscular Junction in Health and Disease: Molecular Mechanisms Governing Synaptic Formation and Homeostasis. *Front Mol Neurosci* 2020; 13: 610964.
4. Kuo IY, Ehrlich BE: Signaling in muscle contraction. *Cold Spring Harb Perspect Biol* 2015; 7(2): a006023.
5. Chen W, Kudryashev M: Structure of RyR1 in native membranes. *EMBO Reports* 2020; 21(5): e49891.
6. Byrne JH: Synaptic Transmission and the Skeletal Neuromuscular Junction. Department of Neurobiology and Anatomy, McGovern Medical School 2020; <https://nba.uth.tmc.edu/neuroscience/m/s1/chapter04.html>.
7. Prusiński A: Podstawy neurologii klinicznej. PZWL, Warszawa 1977: 36-37.
8. Sadowski B: Biologiczne mechanizmy zachowania się ludzi i zwierząt. PWN, Warszawa 2007: 272.
9. Vodušek DB: Anatomy and Neurocontrol of the Pelvic Floor. *Digestion* 2004; 69: 87-92.
10. Gordon T: Electrical Stimulation to Enhance Axon Regeneration After Peripheral Nerve Injuries in Animal Models and Humans. *Neurotherapeutics* 2016; 13(2): 295-310.
11. Namysł J, Garstka-Namysł K: Zespół ogona końskiego, rehabilitacja po porażeniach zwieraczy odbytu. *Nowa Med* 2022; 29(1): 20-35.
12. Masi AT, Hannon JC: Human resting muscle tone (HRMT): narrative introduction and modern concepts. *J Bodyw Mov Ther* 2008; 12(4): 320-332.
13. Schleip R, Naylor IL, Ursu D et al.: Passive muscle stiffness may be influenced by active contractility of intramuscular connective tissue. *Med Hypotheses* 2006; 66(1): 66-71.

nadesłano/submitted:

16.06.2022

zaakceptowano do druku/accepted:

7.07.2022

14. Yang X, Xue P, Chen H et al.: Denervation drives skeletal muscle atrophy and induces mitochondrial dysfunction, mitophagy and apoptosis via miR-142a-5p/MFN1 axis. *Theranostics* 2020; 10(3): 1415-1432.
15. Salamone JD, Correa M: The Mysterious Motivational Functions of Mesolimbic Dopamine. *Neuron* 2012; 76(3): 470.
16. Šimić G, Tkalčić M, Vukić V et al.: Understanding Emotions: Origins and Roles of the Amygdala. *Biomolecules* 2021; 11(6): 823.