

Zastosowanie elektromiografii w diagnostyce i terapii zaburzeń czynności zwieraczy odbytu

The use of electromyography in the diagnosis and treatment of anal sphincter dysfunctions

INNOMED – A Centre for the Treatment of Paresis in Poznań

Streszczenie

Prawidłowa czynność zwieraczy odbytu zależy w dużej mierze od integralności i sprawności struktur układu nerwowego, zaangażowanego w proces kontroli utrzymania stolca i gazów oraz zgodnego z fizjologią i wolą opróżniania jelit. Uszkodzenia i choroby układu nerwowego zaburzą czynność bioelektryczną zwieraczy, której ocena ma istotne znaczenie dla kształtowania procesu leczenia i jego rezultatów. Metodą z wyboru służącą ocenie czynności bioelektrycznej mięśni jest elektromiografia, jedyna obiektywna metoda oceny ich napięcia spoczynkowego, zdolności do utrzymania skurczu oraz terapii EMG-biofeedback. Zebrane w badaniu EMG informacje znacznie przyspieszają proces diagnostyczny i moment wdrożenia skutecznego leczenia. Jeżeli badanie ujawnia neurogenne podłoże zaburzeń zwieraczych, konieczne jest wdrożenie procesu rehabilitacji. Metodami leczenia neurogennych zaburzeń defekacji i inkontynencji stolca lub gazów są głównie zabiegi elektrostymulacji zwieraczy i/lub ćwiczenia biofeedback, realizowane przez chorych w domu, po przeszkoleniu w gabinecie. Przebieg rehabilitacji powinien być monitorowany w kontrolnych, okresowych badaniach EMG.

Summary

Proper function of the anal sphincters largely depends on the integrity and efficiency of neural structures involved in controlling the maintaining stool and gas continence and compliant with the physiology and an individual's will to empty the intestines. Nervous system disorders and injuries disrupt the bioelectrical activity of anal sphincters, the evaluation of which is important for both the treatment process and its outcomes. Electromyography, which is the only objective approach for assessing resting tone, the ability to maintain sphincter contraction and EMG biofeedback therapy, is the method of choice for assessing the bioelectrical activity of muscles. Electromyographic data significantly accelerate the diagnostic process and effective treatment implementation. If neurogenic aetiology of sphincter disorders is found, it is necessary to implement the rehabilitation process. The therapeutic approaches for neurogenic bowel dysfunction and stool or gas incontinence mainly include sphincter electrostimulation and/or biofeedback exercises, performed by patients at home, after training in the doctor's office. The course of rehabilitation should be monitored as part of periodic follow-up EMGs.

WPROWADZENIE

Zaburzenia czynności mięśni miednicy biorących udział w zagwarantowaniu prawidłowego opróżniania jelit oraz zachowania kontynencji stolca i gazów mogą mieć liczne podłoże i towarzyszyć wielu chorobom, dlatego wymagają

Słowa kluczowe

nietrzymanie stolca, zaparcia, zwieracz odbytu, elektromiografia, rehabilitacja

Keywords

faecal incontinence, constipation, anal sphincter, electromyography, rehabilitation

INTRODUCTION

Dysfunctions of pelvic muscles involved in ensuring proper bowel movement and maintaining stool and gas continence may have a complex aetiology and accompany many diseases, therefore they require detailed diagnosis in order

szczegółowej diagnostyki, aby wdrożyć celowaną metodę leczenia. Wśród najczęściej spotykanych przyczyn zaburzeń czynnościowych są uszkodzenia mięśni i nerwów istotnych dla zapewnienia kontynencji stolca i gazów spowodowane nacinaniem lub pęknięciem krocza w czasie porodu, mechanicznym urazem krocza lub samego odbytu podczas nieszczęśliwych wypadków, uszkodzeniami jatrogennymi w wyniku zabiegów w obrębie miednicy mniejszej (1), zabiegami radioterapii dna miednicy, uszkodzeniami obwodowych lub ośrodkowych struktur nerwowych w wyniku chorób neurodegeneracyjnych (2), jako rezultat wrodzonej atrezji odbytu, wad dystroficznych, choroby Hirschsprunga, a także przyczyny uwarunkowane niewłaściwymi nawykami żywieniowymi lub związanymi z samym aktem defekacji (3). Ważny wpływ na czynność mięśni miednicy mają urazy i zmiany zwyrodnieniowe kręgosłupa lub wrodzone wady w jego budowie. Najczęstszym poziomem występowania przepukliny, sekwestracji lub wypadnięcia jądra miażdżystego, powodującym zaburzenia zwieraczowe, jest L4/5, następnie L3/L4, L5/S1, znacznie rzadziej uwikłany jest odcinek piersiowy lub szyjny (4). Całkowite porażenie zwieraczy odbytu i pęcherza może wystąpić po urazach rdzenia, w wyniku zespołu ogona końskiego, w związku z podnoszeniem ciężaru w czasie skłonu lub gwałtownego ruchu bądź urazu okolicy lędźwiowej (5). Znacznie rzadziej notowane przyczyny zaburzeń zwieraczowych to: krwiak nadtwardówkowy, infekcje, nowotwory pierwotne i przerzutowe lub rezultat manipulacji chiropraktycznych. Zarówno diagnostyka, jak i rehabilitacja chorych z neurogennymi zaburzeniami czynności zwieraczy jest mocno zaniedbana. Wielu z nich można jednak pomagać skutecznie i uwolnić od manualnego opróżniania odbytnicy lub cewnikowania pęcherza. Urazy mięśni miednicy, zwieraczy, zmiany nowotworowe, zanikowe, wypadanie narządów, przetoki czy ropnie wymagają interwencji chirurgicznej lub radioterapii, stosownie do wskazań. Jednak wszelkie urazy, interwencje chirurgiczne czy radioterapia są zawsze w mniejszym lub większym stopniu powiązane z uszkodzeniami układu nerwowego, neuronów lub aksonów oraz modyfikacją łączących je synaps, co wpływa na bioelektryczną czynność mięśni. Zmiany w tym zakresie, o dużym, lecz niedocenianym znaczeniu klinicznym, można ocenić wyłącznie w badaniu elektromiografii (EMG). Jego wykonanie przyspiesza postawienie właściwej diagnozy i umożliwia dobór metod postępowania rehabilitacyjnego.

Zdarzenia nagłe, powodujące urazy mięśni miednicy lub unerwiających je struktur nerwowych, dotyczą tylko części chorych z inkontynencją stolca. O wiele licniejszą grupę stanowią osoby cierpiące z powodu zaburzeń zwieraczowych w rezultacie nakładania się kilku różnych przyczyn: uszkodzeń mięśni i nerwów mięśni dna miednicy w wyniku ciąży lub porodu, dźwigania ciężkich przedmiotów, braku ruchu, pracy w pozycji siedzącej, zmian zwyrodnieniowych kręgosłupa, niewłaściwej diety, nadwagi, nawracających zaparć. Ich skumulowane działanie powoduje niepożądane zmiany w tkance mięśniowej, nerwowej i naczyniowej dna miednicy, które rozwijają się często powoli, w ciągu wielu miesięcy, a nawet lat. Stopniowo nasilają się trudności z oddawaniem moczu

to implement targeted treatment. The most common causes of functional disorders include damage to the key muscles and nerves ensuring stool and gas continence caused by perineal incision or rupture during childbirth, mechanical trauma to the perineum or the anus itself during accidents, as well as iatrogenic injuries as a result of pelvic procedures (1), radiotherapy of the pelvic floor, damage to peripheral or central nervous structures as a result of neurodegenerative diseases (2), congenital atresia of the anus, dystrophic defects, Hirschsprung's disease, as well as improper eating or bowel movement habits (3). Spinal injuries and degeneration or congenital spinal defects have a significant impact on pelvic muscle activity. L4/5, followed by L3/L4, L5/S1 are the most common levels of hernia, sequestration or prolapse of the nucleus pulposus causing sphincter disorders, whereas the thoracic and cervical segments are much less likely to be involved (4). Complete paralysis of the anal sphincters and the bladder may occur as a consequence of spinal injuries, cauda equina syndrome, weight lifting during a bend or sudden movement, or trauma to the lumbar region (5). The aetiology of sphincter disorders is much less commonly reported and includes epidural haematoma, infections, primary and metastatic tumours or chiropractic manipulations. Both diagnosis and rehabilitation of patients with neurogenic sphincter dysfunctions are neglected. However, many of them can be effectively treated and relieved from the manual rectal emptying or bladder catheterization. Pelvic muscle or sphincter injuries, neoplastic and atrophic lesions, organ prolapse, fistulas or abscesses require surgical intervention or radiotherapy, as in accordance with indications. However, injuries, surgical interventions and radiotherapy are always associated with some damage to the nervous system, neurons or axons and modify their synapses, which affects bioelectrical muscle activity. Electromyography (EMG) is the only tool to assess these changes, which are of great yet underestimated clinical importance. EMG accelerates the diagnosis and allows for the choice of rehabilitation methods.

Sudden events causing injuries to the pelvic muscles or their nerve structures are reported only for some of the patients with stool incontinence.

A significantly larger proportion of patients develop sphincter disorders due to an overlap of several different causes: damage to the muscles and nerves of the pelvic floor as a result of pregnancy or labour, lifting heavy objects, lack of physical exercise, working in a sedentary position, spinal degeneration, improper diet, overweight, and recurrent constipation. Their cumulative effect contributes to undesirable muscular, nervous and vascular modifications in the pelvic floor, which often develop slowly over months or even years. Difficulties passing urine and stool or incontinence gradually intensify. These disorders are often accompanied by spinal pain, sciatica, pelvic pain, a feeling of incomplete bowel movements, or perianal moisture. Anal sphincter dysfunc-

i stolca lub jego popuszczaniem. Często, choć nie zawsze, towarzyszą im dokuczliwe bóle pleców, rwa kulszowa, bóle miednicy, odczucie niepełnego wypróżnienia lub wilgoci w okolicy odbytu. Problemy ze strony zwieraczy odbytu to problemy wstydliwe, do których trudno się przyznać innym, a nawet przed samym sobą. Bywają początkowo marginalizowane i leczone samodzielnie domowymi sposobami lub stosowaniem wkładek higienicznych. Osoby starsze często nie podejmują leczenia, ponieważ spotykają się z poglądem, że po 70. roku życia niewydolność zwieraczy jest „związana z wiekiem” i „trzeba nauczyć się z tym żyć”. Poglądy te są nieprawdziwe i szkodliwe. W naszej praktyce spotykamy wiele osób po 80. roku życia, które mają problem tylko ze zwieraczami pęcherza lub tylko ze zwieraczami odbytu. Zdiagnozowane u nich w badaniu EMG przyczyny niewydolności zwieraczy są z grupy wymienionych powyżej, a nie z tytułu wieku. Wyniki zabiegów stymulacji i ćwiczeń realizowanych przez pacjentów w domu, po przeszkoleniu w gabinecie, dowodzą, że funkcję zwieraczy i jakość życia chorych można podnieść na wyższy poziom w każdym wieku, drogą specjalistycznej rehabilitacji proktologicznej. Jedynymi poważnymi przeszkodami we wdrożeniu chorego do systematycznego stosowania zabiegów są niepełnosprawność ruchowa lub zaburzenia kognitywne. Ze względu na wstydliwość i wspomniane powyżej poglądy, do kontaktu chorego z lekarzem specjalistą motywują dopiero zaawansowany stan choroby, trudności z utrzymaniem stolca i gazów lub przewlekłe zaparcia. Poinformowanie lekarza o problemie inkontynencji stolca, gazów lub zaparcí rozpoczyna próby leczenia za pomocą modyfikacji diety, trybu życia i środków przeczyszczających (6, 7). Jednak w przypadku zaburzeń neurogennych, skutkujących nieprawidłowym napięciem lub dyskoordynacją mięśni odpowiedzialnych za kontynencję i prawidłowe opróżnianie jelit, wspomniane wyżej metody są niewystarczające. Nie istnieją naukowe dowody na to, że powodują reinerwację lub usprawnienie działania synaps, regenerację mielin, motoneuronów czy uszkodzonych komórek Cajala (8). Nie umożliwiają ani wzmocnienia porażonych mięśni, ani przywrócenia kontroli nerwowej nad prawidłową czynnością zwieraczy. Uszkodzenia aksonów nerwów obwodowych, ich demielinizacja, zaburzenia przewodnictwa nerwowego wpływają negatywnie na reorganizację połączeń synaptycznych zarówno w ośrodkowym układzie nerwowym, jak i w splocie krzyżowym oraz na bioelektryczną czynność mięśni. Zabiegi chirurgiczne, plastyka krocza i odbytu, przywrócenie ciągłości zwieraczy nie są wystarczające dla zagwarantowania skutecznej kontroli nerwowej nad zawartością jelit, zapobiegającej inkontynencji lub zaparciom. Jej odtworzenie wymaga działań wykraczających poza specjalizację chirurgiczną. Wstępem do nich jest obiektywna ocena napięcia mięśni miednicy w badaniu EMG, a metodą leczenia – postępowanie rehabilitacyjne obejmujące nie tylko czynność zwieraczy, ale również usprawnianie funkcji kręgosłupa i działania edukacyjne.

NERWOWA KONTROLA CZYNNOŚCI ZWIERACZY

W przypadku wzrostu ciśnienia śródbrzusznego aktywność skurczowa wzrasta we wszystkich mięśniach przepony

itions are a source of embarrassment for patients, who find it difficult to talk about them or even acknowledge their existence. They are initially marginalised and treated with home remedies or panty liners by the patients themselves. Older individuals often do not attempt any treatment wrongly convinced that sphincter dysfunction is “age related” and “one must learn to live with it” after the age of 70 years. Such misconceptions are detrimental. In our practice, we encounter many patients over the age of 80 years with problems limited to the bladder or anal sphincters. The causes of sphincter insufficiency diagnosed in EMG in these patients belong to the group mentioned above rather than being age-related. The outcomes of stimulation and exercises performed by patients at home, after completing an in-office training, prove that specialist proctological rehabilitation can improve sphincter function and the quality of life at any age. Motor disabilities or cognitive disorders are the only serious obstacles in introducing the patient to systematic interventions. Due to the frequent embarrassment and the above mentioned misconceptions, patients are usually motivated to see a specialist only by an advanced stage of the disease, stool and gas incontinence, or chronic constipation. Consulting stool/gas incontinence or constipation with a doctor initiates treatment attempts using dietary and lifestyle modifications, as well as laxatives (6, 7). However, the above-mentioned approaches prove insufficient in the case of neurogenic disorders causing abnormal muscle tone or discoordination of the muscles responsible for continence and proper bowel movement. There is no scientific evidence that they induce reinnervation or improvement of synaptic function, regeneration of myelin, motor neurons or damaged cells of Cajal (8). They do not allow either for the strengthening of paralysed muscles, or the restoration of nervous control ensuring proper sphincter activity. Damage to the axons of peripheral nerves, their demyelination, and impaired nerve conduction negatively affect the reorganisation of synaptic connections both in the central nervous system and in the sacral plexus, as well as the bioelectrical muscle activity. Surgical procedures, perineoplasty and restoration of anal sphincter are not sufficient to ensure effective neural control over the bowel contents to prevent incontinence or constipation. Its restoration requires interventions that go beyond surgery. These interventions should be preceded by an objective EMG assessment of pelvic muscles, and rehabilitation focusing not only on sphincter activity, but also on the improvement of spinal function and education should be the method of treatment.

NEURAL SPHINCTER CONTROL

Elevated intra-abdominal pressure translates into an increased contractile activity of all urogenital diaphragm muscles, ensuring simultaneous urinary and faecal continence. The pelvic muscles and the intrapelvic fascia provide anatomical support for the pelvic floor organs, including the

moczowo-płciowej, zapewniając jednoczesną kontynencję moczu i stolca. Mięśnie miednicy i powięź wewnątrz-miedniczne stanowią anatomiczne podparcie narządów dna miednicy, w tym odbytnicy, zwieraczy pęcherza i zwieraczy odbytu. Ze względu na pełnione funkcje podporowe, zbudowane są głównie z metabolizujących tlenowo i wymagających dobrego ukrwienia włókien wolnokurczących się, typu S. Włókna te są unerwione przez cienkie, podatne na urazy, aksony nerwów ruchowych. Uszkodzenie unerwienia lub zaburzenia ukrwienia zwieraczy powodują pogorszenie lub utratę kontroli nad zawartością jelit (9). Nerwowa kontrola funkcji zwieraczowych jest wielopoziomowa i bardzo złożona. W unerwieniu struktur miednicy udział biorą włókna ruchowe, czuciowe i autonomiczne. Mięśnie gładkie i gruczoły miednicy są unerwione przez część miedniczną układu autonomicznego. Układ autonomiczny miednicy mniejszej składa się z części krzyżowej pnia współczulnego, gałęzi miednicznych pnia współczulnego, przywspółczulnych nerwów trzewnych miednicznych i splotu podbrzusznego dolnego. Mięśnie poprzecznie prążkowane, skóra i narządy są unerwione czuciowo przez gałęzie splotu krzyżowego (10). Zwieracz zewnętrzny odbytu (ZZO) unerwia podlegający świadomej kontroli somatyczny nerw sromowy o budowie mieszanej. Tworzą go nerwy ruchowe i czuciowe z poziomu S2-S4 oraz włókna współczulne i przywspółczulne. Neurony w zwojach współczulnych i przywspółczulnych otrzymują sygnał z neuronów przedzwojowych zlokalizowanych w ośrodkowym układzie nerwowym (OUN). Sympatyczne włókna przedzwojowe znajdują się w środkowej strefie rdzenia kręgowego piersiowo-lędźwiowego (11).

O ile ZZO posiada indywidualne unerwienie ze strony nerwów odbytniczych dolnych, to jego aktywność skurczowa jest ściśle powiązana z aktywnością sąsiadujących grup mięśni dźwigaczy odbytu oraz mięśnia łonowo-odbytniczego, unerwionych przez nerw sromowy i guziczny oraz aktywnością mięśni gładkich jelit (12). Koordynacją tej aktywności sterują zespoły licznych interneuronów, integrujących działanie neuronów. Część z nich znajduje się w mózgu i rdzeniu kręgowym, a inne w zwojach autonomicznych. Osłabienie lub utrata poszczególnych typów interneuronów może skutkować dyskoordynacją czynności mięśni, jak również pojawieniem się bólu neuropatycznego, z powodu braku hamowania bodźców nocyceptywnych (13). W kontrolowaniu odruchów miejscowych ważne są również interneurony odjelitowe (ang. *intestino-fugal neurons*), których ciała komórkowe położone są w splotcie Auerbacha. Sygnał wejściowy otrzymują z lokalnych neuronów jelitowych i w zwojach przedkręgowych łączą się ze współczulnymi neuronami ruchowymi (14). Aktywność nerwowych ośrodków sterowania napięciem mięśni miednicy jest zależna od informacji sensorycznej, uruchamiającej reakcje odruchowe, ale podlega również silnym wpływom świadomości, pełniącej w warunkach prawidłowych podstawową rolę w wyznaczaniu terminu opróżniania zawartości jelit. W odpowiedzi na generowane przez mózg polecenie, możliwe jest zarówno znaczne opóźnienie wizyty w toalecie, jak i relaksacja zwieraczy, mięśnia łonowo-odbytniczego i dźwigaczy odbytu, w wyniku hamowania czynności neuronów

rectum, bladder and anal sphincters. Due to their supporting functions, they are mainly composed of oxygen-metabolizing slow-twitch (S-type) fibres requiring adequate blood supply. These fibres are innervated by thin motor nerve axons prone to injury. Damage to the sphincteric innervation or its impaired blood supply cause deterioration or loss of control over bowel movements (9). Neural control of sphincteric functions is multi-level and highly complex. Motor, sensory and autonomic fibres are involved in pelvic innervation. Pelvic smooth muscles and glands are innervated by the pelvic autonomic system, which consists of the sacral part of the sympathetic trunk, pelvic branches of the sympathetic trunk, the pelvic parasympathetic visceral nerves and the inferior hypogastric plexus.

The striated muscles, skin and organs are sensorially innervated by the branches of the sacral plexus (10). The external anal sphincter (EAS) is innervated by the voluntarily controlled mixed somatic pudendal nerve. It consists of motor and sensory nerves S2-S4 as well as the sympathetic and parasympathetic fibres. Neurons in the sympathetic and parasympathetic ganglia receive a signal from the preganglionic neurons located in the central nervous system (CNS). The sympathetic preganglionic fibres are located in the middle thoracolumbar spinal cord (11).

While the EAS is individually innervated by the inferior rectal nerves, its contractile activity is closely related to the activity of the neighbouring groups of levator ani muscles and the puborectalis muscle innervated by the pudendal and coccygeal nerves, as well as the activity of smooth bowel muscles (12). The coordination of this activity is controlled by complexes of multiple interneurons that integrate the activity of neurons. Some of them are found in the brain and spinal cord, while other are located in the autonomic ganglia. Weakening or loss of individual types of interneurons may result in discoordination of muscle activity and neuropathic pain due to the lack of inhibition of nociceptive stimuli (13). The intestino-fugal neurons, whose cellular bodies are located in the Auerbach's plexus, are also important in controlling local reflexes. They receive the input signal from local intestinal neurons and connect with sympathetic motor neurons in the prevertebral ganglia (14). The activity of neuronal centres for controlling pelvic muscle tone depends on sensory information triggering reflex responses, but is also strongly influenced by consciousness, which under normal conditions plays a fundamental role in determining the time of bowel emptying. In response to a command generated in the brain, both a significant delay in the visit to the toilet and relaxation of anal sphincters, the puborectalis muscle and the levator ani are possible as a result of intentional inhibition of motor neuron activity. The consciously controlled somatically innervated external sphincter activates peristaltic movements through the interneuronal connections of somatic and autonomic nerves,

ruchowych pod wpływem świadomości. Świadomość kontrolująca unerwiony somatycznie zwieracz zewnętrzny uruchamia ruchy perystaltyczne za pośrednictwem interneuralnych połączeń nerwów somatycznych i autonomicznych, umożliwiające wydalanie mas kałowych. Zwieracz zewnętrzny pełni funkcję włącznika, którym posługuje się świadomość.

Tak dzieje się jedynie przy prawidłowej koordynacji, u osób bez zaburzeń defekacji. W uwarunkowanym nawykowo lub neurogennie nieprawidłowym, najczęściej wzmożonym, napięciu spoczynkowym zwieraczy występuje dyskoordynacja działania tego mechanizmu. U części chorych zaburzona aktywność motoneuronów i synaps powoduje, że wzmożone napięcie jest odbierane przez interneurony podobnie jak próba świadomego powstrzymania się od defekacji, co poważnie zaburza lub wręcz uniemożliwia aktywność perystaltyczną. Powstaje skłonność do zaparć. Jednak utrzymujące się długo wzmożone napięcie powoduje osłabienie zdolności mięśni do generowania efektywnego skurczu i utratę kontroli nad zawartością jelit, w wyniku pogorszonego ukrwienia i wyczerpywania się dostarczanej przez mitochondria energii. W obu sytuacjach niezbędne jest wdrożenie postępowania rehabilitacyjnego, z wykorzystaniem zarówno zabiegów elektrostymulacji, jak i ćwiczeń biofeedback. Żadna z tych metod nie jest lepsza lub gorsza, gdyż każda ma swoje wskazania i ograniczenia. Elektrostymulacja służy procesom reinerwacji i normalizacji bioelektrycznej aktywności mięśni i jest niezbędna we wszystkich, uwarunkowanych neurogennie, zaburzeniach zwieraczowych. Biofeedback służy reedukacji nerwowo-mięśniowej i stosujemy go głównie ambulatoryjnie, w czasie wizyt oraz w terapii domowej u chorych, których zdolność do generowania napięcia jest prawidłowa, ale występują niestabilność, dyskoordynacja i nieprawidłowa relaksacja. Obie metody są znane i stosowane od lat w leczeniu inkontynencji, a ich pozytywną rolę potwierdzono w licznych, randomizowanych badaniach klinicznych (15-17).

OBIEKTYWNA OCENA NAPIĘCIA ZWIERACZY

Podstawą do wdrożenia skutecznego leczenia jest diagnostyka. U chorych zgłaszających się z problemami zwieraczowymi do lekarza specjalisty, oprócz badania klinicznego *per rectum*, wziernikowania kanału odbytu i oceny odruchów wykonuje się badania obrazowe, głównie ultrasonografię kanału odbytu, rezonans miednicy oraz lędźwiowego odcinka kręgosłupa, rzadziej manometrię i defekografię. Palpacyjna ocena napięcia spoczynkowego zwieraczy oraz ich zdolności do generowania skurczu jest metodą stosowaną najczęściej, niestety subiektywną i obciążoną dużym błędem. Elektromiogram z testu wysiłkowego pacjentek z poporodowym uszkodzeniem zwieraczy odbytu, u których napięcie w czasie próby wykonania skurczu określono palpacyjnie jako nieobecne, często wykazuje w badaniu EMG wartości rzędu kilku mikrovolt. To oczywiście zbyt mało, aby skurcz był efektywny i wyczuwalny w badaniu *per rectum*, jednak uwidocznienie skorelowanych z wolą zmian napięcia i fakt, że porażenie nie jest całkowite, ma bardzo istotne znaczenie nie tylko dla doboru właściwych parametrów stymulacji mięśni, ale również dla psychiki osoby chorej (ryc. 1).

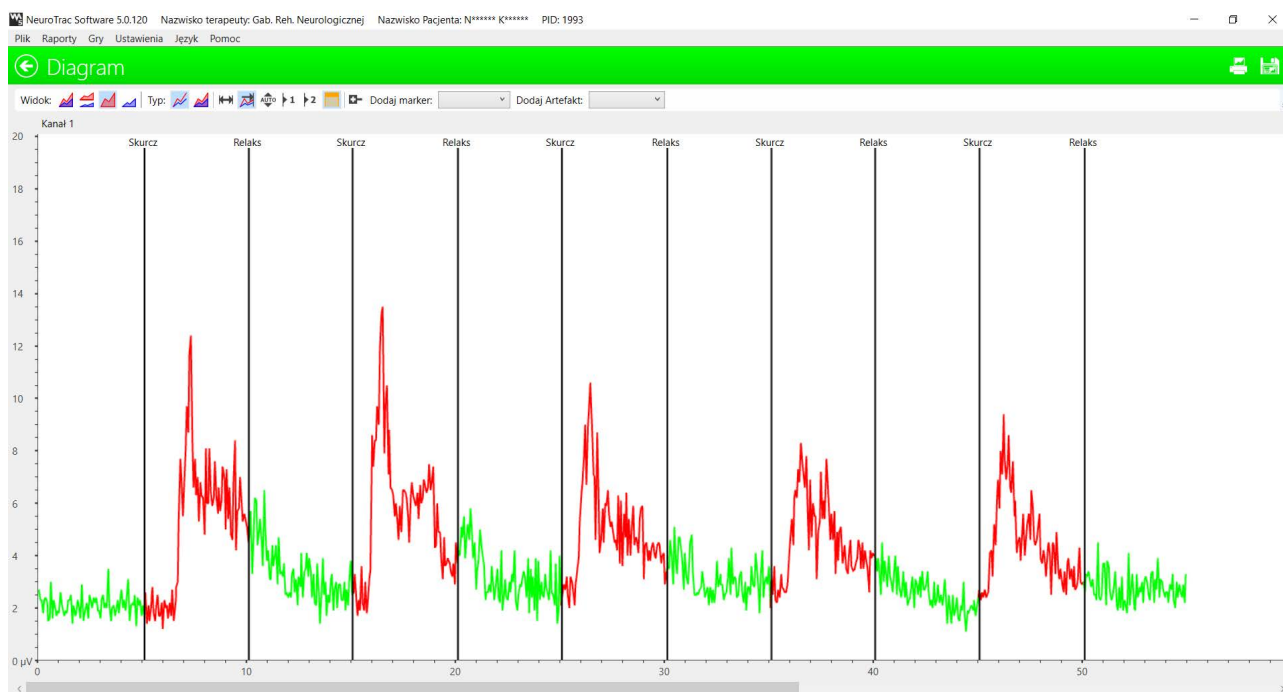
enabling defecation. The external sphincter acts as a consciously controlled switch.

This happens only with proper coordination, in individuals with normal bowel activity. Discoordination of this mechanism occurs in habitual or neurogenic abnormal (usually increased) resting sphincteric tone. As a result of disturbed activity of motor neurons and synapses in some patients, the increased tone is processed by interneurons as a deliberate attempt to stop bowel movement, which seriously disturbs or even prevents peristaltic activity. A tendency to constipations develops. However, persistently increased tension compromises muscle ability to generate effective contraction and leads to the loss of control over bowel contents, as a result of impaired blood supply and depletion of mitochondrial energy. Both these situations require rehabilitation using both electrostimulation and biofeedback exercises. Neither of these methods is superior to the other as each has its own indications and limitations. Electrostimulation is used for reinnervation and normalisation of the bioelectric activity of muscles and is essential in all neurogenic sphincter disorders. Biofeedback plays a role in neuromuscular re-education and is mainly used on an outpatient basis, during visits and at-home therapy in patients with normal ability to generate muscle tone, but presenting with instability, discoordination and abnormal relaxation. Both methods have been known and used for years in the treatment of incontinence, and their positive role has been confirmed in multiple randomised clinical trials (15-17).

OBJECTIVE ASSESSMENT OF ANAL SPHINCTER TONE

Diagnosis is the basis for the implementation of effective treatment. Patients reporting to a specialist with sphincter problems should undergo diagnostic imaging, mainly anal canal ultrasound, pelvic and lumbar spine MRI, and, less frequently, manometry and defecography, in addition to clinical rectal examination, anoscopy and reflex assessment. Palpation to assess the resting sphincteric tone and the sphincteric ability to generate contraction is the most common method, which is unfortunately subjective and burdened with a large error. Anal sphincter electromyogram in patients with postpartum anal sphincter injury, whose muscle tone during an attempt to perform contraction was considered absent on palpation, often shows several microvolts. Obviously, this is not enough for the contraction to be effective and palpable during rectal examination, but the visualization of muscle tone changes correlated with the will and the fact that the paralysis is not complete is very important not only for the choice of appropriate muscle stimulation parameters, but also for the patient's mental state (fig. 1).

Electromyography is the only method to objectively assess the bioelectrical activity of muscles at rest and on contraction. A rectal electrode is used in anal sphincter EMG. The procedure is completely painless. It involves inserting a 10-14 mm



Ryc. 1. Elektromiogram z testu wysiłkowego chorej z poporodowym uszkodzeniem zwieraczy, u której w badaniu palpacyjnym określono napięcie skurczowe jako nieobecne. Wartość napięcia ZZO 5,5 μV . Skala 0-20 μV

Fig. 1. Anal sphincter EMG in a patient with postpartum sphincter injury whose contraction tone was considered absent on palpation. EAS tone 5.5 μV . Scale 0-20 μV

Obiektywną ocenę bioelektrycznej aktywności mięśni w spoczynku oraz w czasie skurczu umożliwia wyłącznie elektromiografia. W odniesieniu do zwieraczy odbytu jest realizowana z elektrodą doodbytniczą. Badanie jest całkowicie bezbolesne. Polega na aplikacji do odbytu pokrytej żelmem elektrody o średnicy w przedziale 10-14 mm i rejestracji zmian napięcia mięśni aparatem do oceny niskich napięć (ang. *low level EMG*). Badania elektromiograficzne ZZO zarówno na ludziach, jak i na modelach eksperymentalnych wykazały obecność wyładowań tonicznych w spoczynku oraz dowiodły, że podstawowy tonus (napięcie spoczynkowe) mięśni miednicy może podlegać modulacji w odpowiedzi na napełnienie odbytnicy (18). Napięcie spoczynkowe, czyli bioelektryczna czynność zwieraczy rejestrowana w pozycji zrelaksowanej, po opróżnieniu pęcherza i jelit, jest istotnym klinicznie parametrem obrazującym status funkcjonalny mięśni i ośrodków sterowania ich napięciem. Z naszych obserwacji wynika, że modulujący wpływ na spoczynkowe napięcie mięśni mają nie tylko zmiany ciśnienia śródbrzusznego i wypełnienie odbytnicy, ale również uszkodzenia ośrodkowych lub obwodowych struktur nerwowych oraz nieprawidłowe nawyki lub uwarunkowania psychoemocjonalne. Rejestrowane z mięśni w badaniu EMG napięcie jest odpowiedzią układu nerwowego na sumaryczny wpływ informacji z otoczenia i z wnętrza ciała. W ich zbieraniu, przekazywaniu i koordynacji biorą udział liczne struktury nerwowe. W przypadku uszkodzeń mięśni, nerwów, synaps, interneuronów, zaburzeń ukrwienia, jak również nieprawidłowych nawyków odpowiedź ta nie może być optymalna.

diameter gel-coated electrode into the anus and recording changes in muscle tone with a device for low level EMG. EAS electromyography in both humans and experimental models have shown the presence of tonic discharges at rest, as well as that the basal tone (resting tone) of the pelvic muscles may be modulated in response to rectal filling (18). Resting tone, i.e. bioelectrical sphincteric activity recorded in a relaxed position after emptying the bladder and intestines, is a clinically important parameter reflecting the functional status of muscles and their tone control centres. Our observations have shown that it is not only the changes in intra-abdominal pressure and rectal filling, but also damage to the central or peripheral nervous structures, as well as abnormal habits or psychoemotional factors that can modulate the resting muscle tone. The muscle tone recorded in EMG reflects the nervous system's response to the summed impact of information from the environment and from inside the body, with multiple nervous structures involved in collection, transmission and coordination of these data. This response may be suboptimal due to damage to muscles, nerves, synapses, interneurons, as well as impaired blood supply and unhealthy habits.

Therefore, an objective assessment of resting tone, which is not feasible during a rectal examination, is crucial for the decision on the therapeutic and rehabilitation approach, especially in the case of neurogenic or functional disorders. It does not allow for determining the actual tone, its stability, the frequency of stimulation, the impact of spinal degen-

Dla decyzji o kierunku leczenia oraz prawidłowego kształtowania procesu rehabilitacji, szczególnie w przypadku zaburzeń neurogennych lub czynnościowych, niezmiernie istotna jest obiektywna ocena napięcia spoczynkowego, która w badaniu *per rectum* jest całkowicie niemożliwa. Nie pozwala określić realnej wartości napięcia, jego stabilności, częstotliwości pobudzeń, wpływu zmian zwyrodnieniowych kręgosłupa na napięcie itd. Sam dotyk wrażliwych czuciowo okolic krocza powoduje wzrost napięcia, co nie pozwala ustalić, jakie napięcie było obecne przed dotykiem ani zarejestrować subtelnych, niewykrywalnych palpacyjnie zmian. Przywołuje to na myśl słynne doświadczenie z zakresu fizyki kwantowej, znane pod nazwą kota Schrödingera. Palpacja nie umożliwia również wizualizacji i rejestracji zmian napięcia zachodzących w wyniku leczenia. Do tego celu niezbędne jest wykonanie badania EMG. Do najważniejszych parametrów, możliwych do oceny wyłącznie w badaniu EMG, zalicza się:

- wyrażoną w mikrovoltach wartość napięcia spoczynkowego,
- uśrednioną wartość napięcia w czasie testów wysiłkowych,
- stabilność napięcia wyrażoną procentowo lub jako odchylenie standardowe od średniej,
- modę reprezentującą linię podstawową EMG,
- wyrażony w sekundach czas reakcji na polecenie skurczu lub relaksacji,
- wyrażoną w mikrovoltach wartość napięcia powysiłkowego, zdolność do relaksacji,
- koordynację czynności zwieracza zewnętrznego i mięśnia łonowo-odbytniczego oraz dźwigaczy odbytu, istotną w ocenie uwarunkowanej nawykowo lub neurogennie dyssynergii.

Pozyskane w czasie badania EMG dane, łącznie z badaniem USG zwieraczy i wywiadem, stanowią podstawę do wdrożenia właściwych, dostosowanych do indywidualnych potrzeb, metod i parametrów rehabilitacji chorych z zaburzeniami czynności zwieraczy odbytu. Ponadto, elektromiografia umożliwia wizualizację napięcia mięśni w ramach ćwiczeń EMG-biofeedback, co ma niepodważalne znaczenie edukacyjne oraz terapeutyczne. Realizowane okresowo, co 2-3 miesiące, badania EMG, w trwającym często wiele miesięcy, a nawet lat procesie rehabilitacji, stanowią jedyny sposób na monitorowanie świadczących o postępie reinerwacji zmian w bioelektrycznej czynności mięśni i dokumentowanie ich w postaci elektromiogramu. Ma to ogromne znaczenie nie tylko dla niezbędnej okresowo korekty parametrów stymulacji i ćwiczeń, ale również dla podtrzymania zaangażowania chorego w kontynuowanie realizowanej w domu terapii. O ile u części chorych z osłabieniem zwieraczy terapia trwa około 12-18 miesięcy, to istnieje niemała grupa chorych, u których reinerwacja przebiega znacznie wolniej, a proces leczenia oparty na realizowanych codziennie w domu zabiegach stymulacji i/lub ćwiczeniach EMG-biofeedback może trwać nawet ponad 3 lata. Są to osoby z porażeniem wiotkim zwieraczy po urazach rdzenia kręgowego, w zespole ogona końskiego, w porażeniach wskutek pęknięcia krocza lub episiotomii, w chorobie Hirschsprunga, u dzieci z atreją

eration on the tone, etc. Palpation of the sensitive perineal areas itself causes an increase in muscle tone, which makes it impossible to determine the pre-palpation tone or register subtle, undetectable changes. This brings to mind the famous quantum physics experiment known as the Schrödinger's cat. Palpation also does not allow to visualise and record changes in the muscle tone occurring as a result of treatment. EMG is needed for this purpose.

The most important parameters measurable only in EMG include:

- resting tone expressed in microvolts,
- averaged tone on contraction,
- tone stability expressed as a percentage or as a standard deviation from the mean,
- a mode representing the EMG baseline,
- the time of response to a contraction or relaxation command, expressed in seconds,
- post-contraction tone expressed in microvolts, the ability to relax,
- coordination of the activity of the external sphincter, the puborectalis muscle and the levator ani, which is important in the assessment of habitual or neurogenic dyssynergia.

The obtained EMG data, together with sphincteric ultrasound and medical history, are the basis for the implementation of appropriate methods and rehabilitation parameters tailored to the individual needs of patients with anal sphincter dysfunctions.

Furthermore, EMG enables the visualization of muscle tone as part of EMG biofeedback exercises, which is of unquestionable educational and therapeutic significance. Periodic EMGs (every 2-3 months) implemented and documented (in the form of an electromyogram) during the rehabilitation process that often lasts for many months or even years are the only way to monitor changes in bioelectrical muscle activity that indicate progress in reinnervation. This is of great importance not only due to the need for periodical adjustment of stimulation and exercise parameters, but also for maintaining the patient's compliance with at-home therapy. While the therapy lasts for about 12-18 months in some patients with reduced sphincter strength, there is a large group of patients in whom reinnervation proceeds much more slowly, and the treatment process based on daily home-based stimulation and/or EMG-biofeedback exercises may take even more than 3 years. These are patients with flaccid paralysis of the anal sphincter secondary to spinal cord injuries, cauda equina syndrome, paralysis due to perineal rupture or episiotomy, Hirschsprung's disease, as well as children with anal atresia or myelomeningocele. In flaccid paralysis, the first subjective perception of a change in muscle tone in response to stimulation or conscious attempts at contractions may appear after many months. Follow-up EMG with a low power device allows to monitor progress in reinnervation at the stage when there is no clinical evidence of improvement. In the case of

odbytu lub przepukliną oponowo-rdzeniową. W porażeniach wiotkich pierwsze, subiektywne odczucia zmiany napięcia mięśni w odpowiedzi na stymulację lub na świadome próby wykonania skurczu mogą pojawić się dopiero po wielu miesiącach. Kontrolne badania EMG aparatem do oceny niskich napięć pozwalają zaobserwować postępy w zakresie reinerwacji już na etapie, kiedy nie występują jeszcze uchwytne klinicznie objawy poprawy. W przypadku niewydolności zwieraczy spowodowanej uszkodzeniami nerwów, zaburzeniami przewodnictwa nerwowego, zaburzeniami ośrodkowej kontroli napięcia mięśni lub dyssynergii, zalecanie wykonywania samodzielnych ćwiczeń jest nieefektywne i niepotrzebnie opóźnia wdrożenie skutecznego leczenia. Zamiast napinania zwieraczy, pozbawieni prawidłowej kontroli nerwowej nad czynnością mięśni chorzy napinają pośladki, mięśnie ud lub brzucha i tracą czas lub uruchamiają tłocznę brzuszną, która rozciąga mięśnie, nasila dyssynergię i pogarsza istniejący stan. Również ambulatoryjne metody leczenia, oparte na realizowanych okresowo seriach zabiegów stymulacji lub ćwiczeniach biofeedback, są sprzeczne z fizjologią procesów reinerwacji i wzmacniania mięśni. Rehabilitacja musi być codzienna, regularna, do skutku, a jej postępy monitorowane w badaniach EMG.

Podobnie jak w przypadku wielu innych badań czynnościowych, wyniki i wnioski z badań EMG prowadzonych przez różnych diagnostów mogą się znacznie różnić, w zależności od rodzaju użytego sprzętu, metodologii badania i wiedzy diagnosty interpretującego rezultaty dokonanych pomiarów. Przedziały ufności w stosunku do badań przeprowadzonych przez różnych diagnostów można stosować tylko wtedy, gdy protokoły badawcze są dokładne i ściśle przestrzegane (19). Niestety, elektromiografia zwieraczy odbytu nie należy jeszcze do standardów, brak jest takich protokołów i jednolitej procedury. W naszej pracy ocenę czynności zwieraczy na potrzeby rehabilitacji realizujemy w pozycji półleżącej na plecach, z podparciem karku w sposób, który umożliwia relaksację ciała, jak również w pozycji leżącej, z podparciem odcinka lędźwiowego, w celu ujawnienia wpływu struktur kręgosłupa na bioelektryczną czynność mięśni. W obu pozycjach nogi pozostają zgięte w stawach biodrowych i kolanowych, a stopy są oparte płasko o podłoże. Rejestrację napięcia rozpoczynamy po uzyskaniu potwierdzenia, że pozycja jest komfortowa. Pacjent jest czynnym uczestnikiem badania, uważnie obserwuje wizualizację napięcia mięśni na ekranie monitora, świadomie uczestniczy w terapii EMG-biofeedback, ucząc się kontrolować stabilność napięcia i zdolność do relaksacji po skurczu.

Badania neurofizjologiczne w pracowniach EMG są realizowane najczęściej w formie statycznej, w jednej pozycji ciała, i nie uwzględniają bardzo istotnego wpływu zmian zwyrodnieniowych kręgosłupa na czynność bioelektryczną zwieraczy, jak również wpływu elektrostymulacji i ćwiczeń biofeedback na aktywację sieci neuronowej, odpowiedzialnej za łańcuch mięśniowy biorący udział w zapewnieniu kontynencji. Pacjent jest biernym uczestnikiem. Taki sposób badania jest wyłącznie świadectwem *status quo* i nie stanowi podstawy do kształtowania procesu rehabilitacji. Nasze

sphincter insufficiency caused by nerve damage, impaired nerve conduction, disturbed central control of muscle tone or dyssynergia, recommending exercises performed by the patients themselves is futile and unnecessarily delays the implementation of effective treatment. Instead of contracting the sphincters, patients deprived of proper nervous control over muscle activity tense their buttocks, femoral or abdominal muscles, thereby wasting time, or activate the abdominal prelum that stretches the muscles and increases dyssynergia, leading to further deterioration of the existing condition. Also, outpatient treatment methods, based on periodic series of stimulation treatments or biofeedback exercises, are in conflict with the physiology of muscle reinnervation and strengthening. Rehabilitation should be regular, EMG-monitored, performed on a daily basis and continued until positive outcomes are achieved.

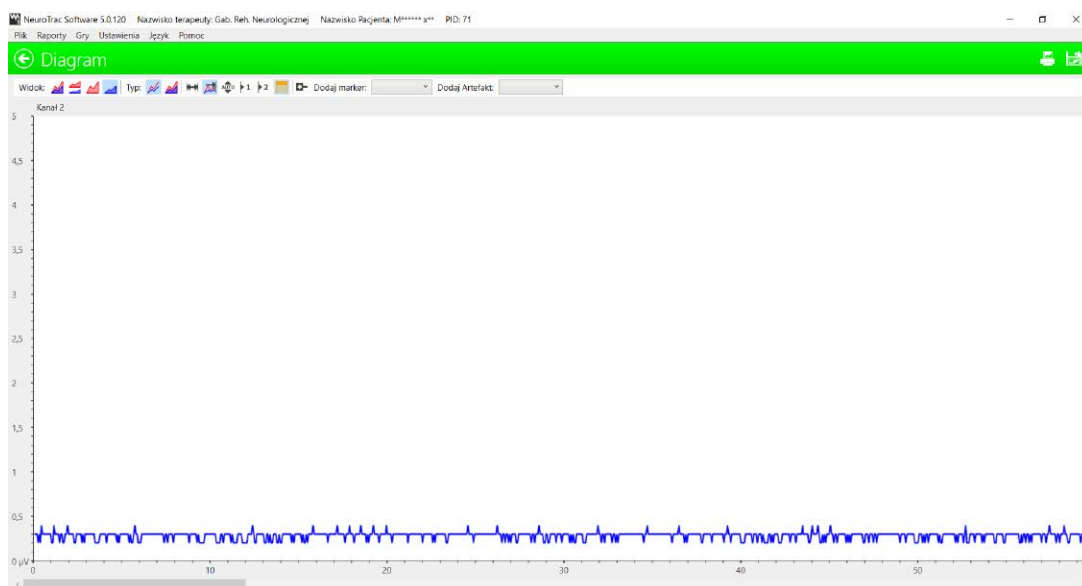
As with many other functional tests, the results and conclusions of EMG conducted by different diagnosticians can vary significantly depending on the type of equipment, methodology, and the knowledge of the interpreting diagnostician. Confidence intervals for tests performed by different diagnosticians can only be used for accurate and strictly followed research protocols (19). Unfortunately, anal sphincter EMG is not a standard procedure, and therefore such protocols and a uniform procedure are missing. In our study, we assessed sphincteric activity for rehabilitation purposes in a semi-recumbent position on the back, with the neck supported in a way that allows the body to relax, as well as in a supine position, with lumbar support, in order to verify the impact of spinal structures on the bioelectric muscle activity. In both these positions, the legs are bent at the hip and knee joints and the feet are resting flat on the ground. Recording of the muscle tone is initiated after confirming that the patient is comfortable. The patient actively participates in the test, carefully observes the visualization of muscle tone on the monitor screen, conscientiously participates in EMG biofeedback therapy, learning to control muscle tone stability and the ability to relax after contraction.

Neurophysiological tests in EMG laboratories are usually performed in a static form, in one body position and do not take into account the significant impact of spinal degeneration on the bioelectrical sphincteric activity or the impact of electrostimulation and biofeedback exercises on the activation of the neural network responsible for the chain of muscles involved in ensuring continence. The patient is a passive participant. This approach is only a status quo method and provides no grounds for shaping the rehabilitation process. Our long-term observations have shown that both the use of electrostimulation and/or EMG biofeedback exercises, as well as stretching of the lumbar paraspinal muscles can positively contribute to the normalisation of the resting tone of the monitored muscles

wieloletnie obserwacje dowodzą, że zarówno zastosowanie elektrostymulacji i/lub ćwiczeń EMG-biofeedback, jak również stretchingu mięśni przykregostupowych w odcinku lędźwiowym może już po kilku minutach pozytywnie wpłynąć na normalizację napięcia spoczynkowego mięśni objętych obserwacją. Ma to duże znaczenie nie tylko dla opracowania metodyki rehabilitacji, ale również dla pacjentów. Uświadamia im, jakie działania powodują poprawę czynności zwieraczy oraz że jest ona w ogóle możliwa. Przykłady zmian napięcia w zależności od pozycji ciała lub działania stymulacji prezentują elektromiogramy na rycinach 2-4.

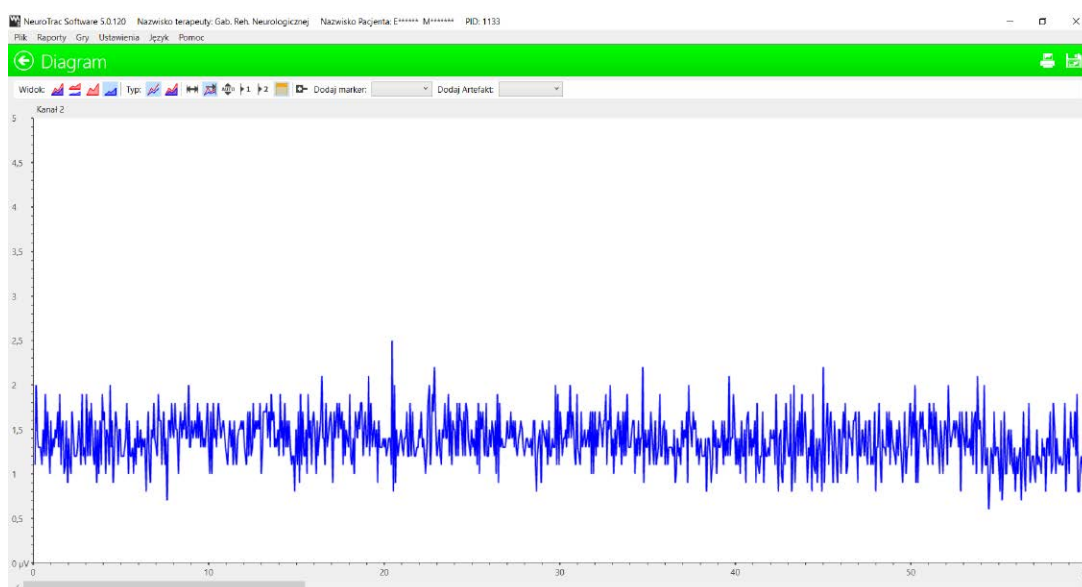
already after a few minutes. This is of great importance not only for the development of rehabilitation methods, but also for the patients as it makes them aware of what activities improve sphincter function and that such improvement is feasible. Examples of tone alterations depending on the body position or the effect of stimulation are presented in the electromyograms in figures 2-4.

The awareness that certain interventions help improve muscle tone along with documented EMG recording (electromyogram) strongly contribute to conviction that recovery



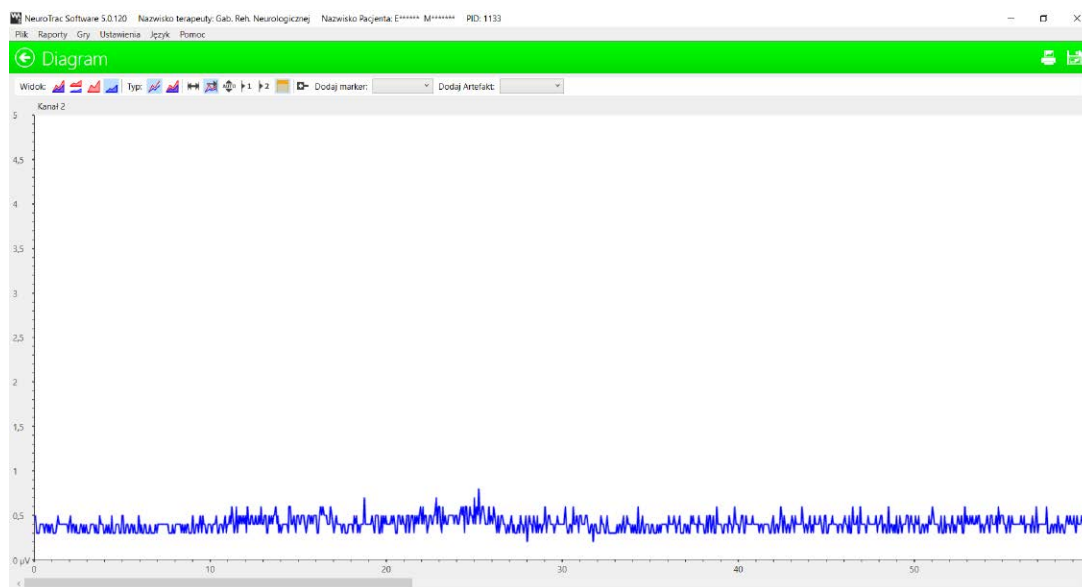
Ryc. 2. Prawidłowe napięcie spoczynkowe mięśnia łonowo-odbytniczego, rejestrowane u osoby bez zaburzeń zwieraczych. Skala 0-5 μV

Fig. 2. Normal resting tone of the puborectalis muscle, recorded in a person without sphincter disorders. Scale 0-5 μV



Ryc. 3. Wzmóżone napięcie spoczynkowe mięśnia łonowo-odbytniczego zarejestrowane przed stymulacją i ćwiczeniami biofeedback u chorej z przewlekłymi zaparciami po histerektomii. Skala 0-5 μV

Fig. 3. Increased puborectalis muscle tone recorded before stimulation and biofeedback exercises in a patient with chronic constipation after hysterectomy. Scale 0-5 μV



Ryc. 4. Uzyskana w czasie jednej wizyty normalizacja (obniżenie) napięcia spoczynkowego mięśnia łonowo-odbytniczego u tej samej chorej po zabiegu stymulacji i ćwiczeniach biofeedback. Skala 0-5 μV

Fig. 4. Normalisation (reduction) of the resting tone of the puborectalis muscle obtained during one visit in the same patient after stimulation and biofeedback exercises. Scale 0-5 μV

Świadomość, że określone działania pozwalają na poprawę napięcia mięśni oraz dokument z badania (elektromiogram) budują i wzmacniają przekonanie o możliwości powrotu do zdrowia. Szczególnie ważne jest dokumentowanie postępów w czasie wizyt kontrolnych, ponieważ terapia jest realizowana w domu, co wymaga odpowiedniej motywacji do systematycznych ćwiczeń.

Opisywany często przez radiologów nieistotny wpływ niewielkich zmian zwyrodnieniowych na czynność układu nerwowego z reguły nie znajduje potwierdzenia w badaniu EMG. Badanie MRI kręgosłupa przeprowadza się w pozycji leżącej i jest badaniem statycznym, a nie czynnościowym. Wizualizuje struktury, a nie funkcje. W pozycji leżącej konflikt krążków międzykręgowych z korzeniami lub oponą rdzenia może się nie ujawniać lub wydawać nieistotny, natomiast w pozycji spionizowanej napięcie mięśni przykręgosłupowych i grawitacyjny nacisk połowy ciała na kręgosłup w odcinku lędźwiowym znacząco rosną i powstają warunki do konfliktów korzeniowo-dyskowych lub wpuklenia się krążków międzykręgowych w oponę rdzenia (ryc. 5).

Jak dowodzi zamieszczony poniżej elektromiogram, różnice w napięciu spoczynkowym rejestrowanym z mięśni miednicy w pozycji półleżącej oraz leżącej mogą być bardzo duże (ryc. 5). W takich sytuacjach wskazana jest terapia kompleksowa, obejmująca nie tylko zabiegi stymulacji zwieraczy, ale również nerwów sterujących ich czynnością oraz usprawnianie kręgosłupa.

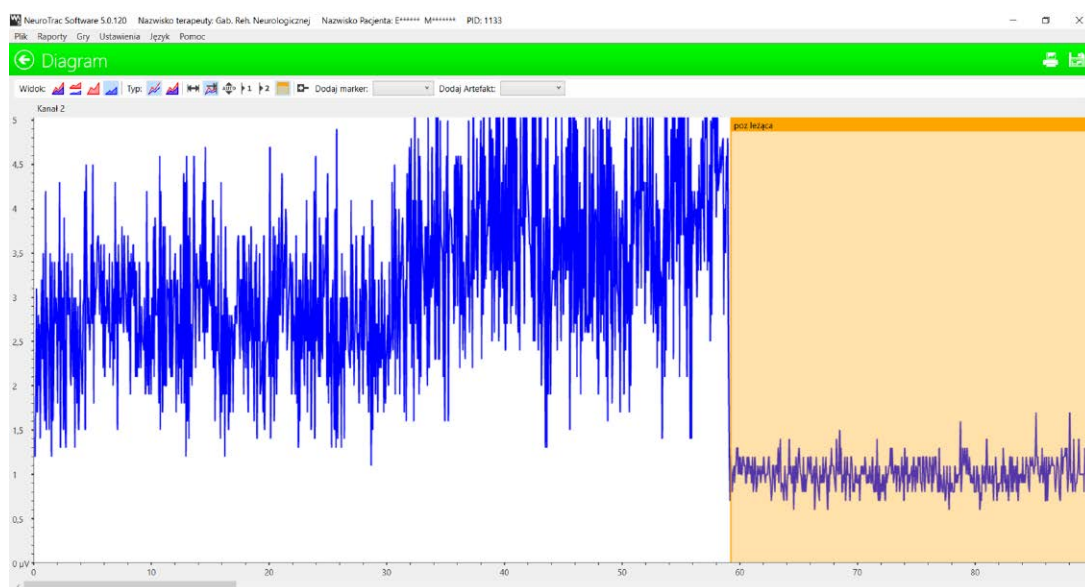
Badanie EMG zwieraczy odbytu można realizować z zastosowaniem elektrody bipolarnej, jedno- lub dwukanałowej. Elektroda dwukanałowa umożliwia selektywną ocenę czynności zwieracza zewnętrznego oraz mięśnia łonowo-odbytniczego i grupy mięśni dźwigaczy odbytu. O ile wprawny

is possible. It is particularly important to document the progress during follow-up visits as the therapy is implemented in a home setting, which requires adequate motivation for regular exercise.

The insignificant influence of minor degenerative changes on the functioning of the nervous system, often described by radiologists, is not usually confirmed in EMG. Spinal MRI is performed in the supine position and is a static rather than functional exam. It visualizes structures rather than functions. In the supine position, the conflict of intervertebral discs with spinal roots or dura may not be visible or seem insignificant, while in the upright position, the paraspinal muscle tone and the gravity-related pressure of the half of the body on the lumbar spine increase significantly, creating conditions for disc-root conflict or intervertebral disc indentation in the spinal cord dura (fig. 5).

As evidenced by the electromyogram below, the differences in the resting tone recorded for the pelvic muscles in the semi-recumbent and supine positions can be very large (fig. 5). Under such circumstances, comprehensive therapy involving stimulation of the anal sphincter muscles and nerves that control their activity, as well as rehabilitation of the spine are recommended.

EMG of the anal sphincters can be performed with the use of a bipolar, one- or two-channel electrode. The two-channel electrode allows for a selective assessment of the activity of the EAS, the puborectalis muscle and the levator ani muscle group. While a skilled diagnostician can approximately assess the ability to generate sphincter tone on contraction during rectal examination, determination of correlations in the tone



Ryc. 5. Zapis napięcia spoczynkowego rejestrowanego z mięśnia łonowo-odbytniczego w pozycji półleżącej i leżącej (obszar zacieniony). Skala 0-5 μV

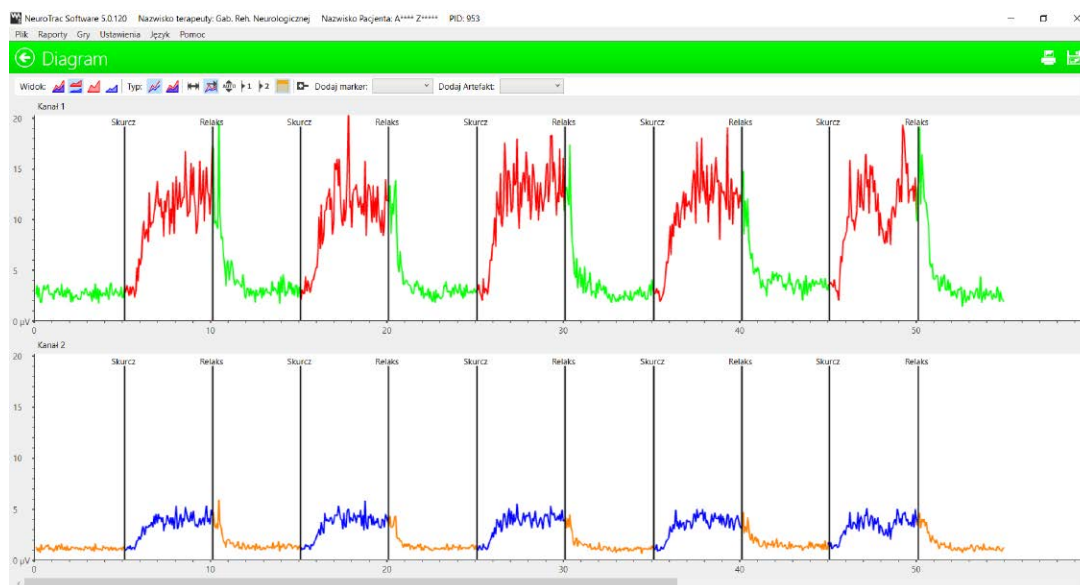
Fig. 5. Resting muscle tone recorded for the puborectalis muscle in a semi-recumbent and supine position (shaded area). Scale 0-5 μV

diagnosta może w badaniu *per rectum* z pewnym przybliżeniem ocenić zdolność do generowania napięcia zwieracza w czasie skurczu, to określenie korelacji napięć pomiędzy zwieraczem zewnętrznym i mięśniem łonowo-odbytniczym, tak ważne w przypadku dyssynergii, pozostaje poza zasięgiem tej metody. Zakończenia nerwowe nerwu sromowego są symetryczne i wnikają do mięśnia na godz. 3 i 9 (20), możliwe jest zatem porażenie jednostronne. W takiej sytuacji, w czasie próby napinania zwieracza może wystąpić wzrost ciśnienia lub napięcia w kanale odbytu, który w badaniu manometrycznym lub palpacyjnym sugeruje relatywnie dobrą czynność. Jedynie w czynnościowym, transrektalnym USG, jak również w badaniu EMG z elektrodą dwukanałową, istnieje możliwość oceny lateralizacji funkcji ZZO lub dysproporcji w aktywności zwieracza zewnętrznego i mięśnia łonowo-odbytniczego. Mimo bliskiego sąsiedztwa anatomicznego i ścisłej korelacji czynnościowej, napięcie bioelektryczne w obszarze zwieracza zewnętrznego i mięśnia łonowo-odbytniczego wykazuje dużą zmienność. Każdym z tych mięśni sterują inne neurony ruchowe i aksony, których stopień i konfiguracja uszkodzeń mogą być inne, co przekłada się nie tylko na różną zdolność do generowania napięcia w czasie skurczu, ale również na różną zdolność do relaksacji (ryc. 6).

Utrzymujące się długo wzmożone napięcie spoczynkowe powoduje stopniowy zanik podśluzówkowych spłotów naczyń i lokalną atrofię śluzówki. W odbycie pojawiają się punktowo miejsca gorzej uwodnione, o zwiększonej oporności elektrycznej oraz wrażliwości czuciowej. Może rozwijać się szczelina odbytu. W takiej sytuacji, u tej samej osoby, dyskomfort odczuwany pod wpływem stymulacji w obszarze zwieracza zewnętrznego może pojawić się już przy natężeniu około 5 mA, natomiast w obszarze mięśnia

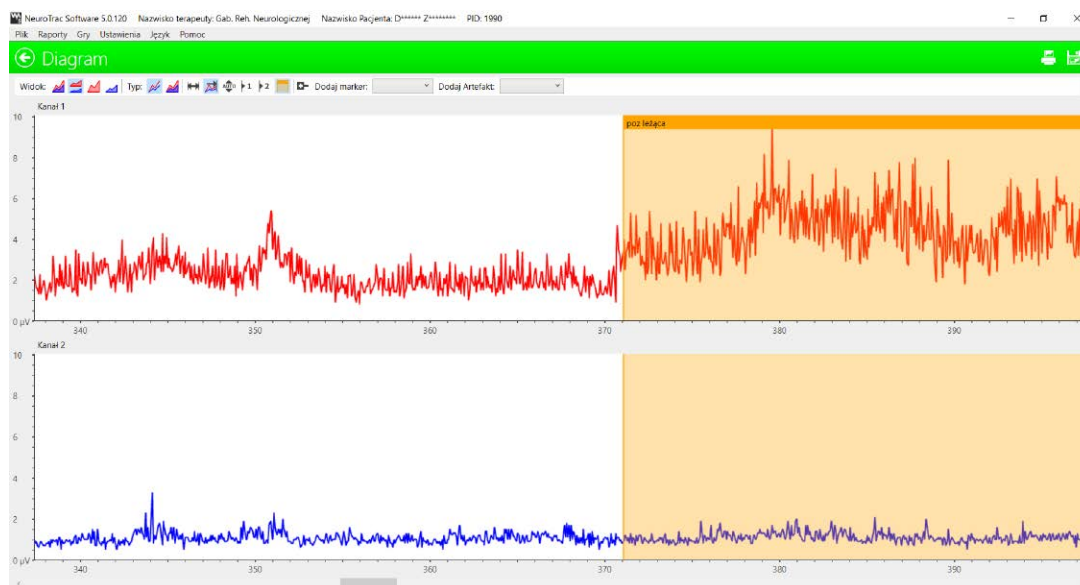
between the external sphincter and the puborectalis muscle, which is of key importance in the case of dyssynergia, is beyond the scope of this method. The nerve endings of the pudendal nerve are symmetrical and penetrate the muscle at the 3 and 9 o'clock positions (20); therefore, a unilateral paralysis is possible. Under these circumstances, an increase in pressure or tone in the anal canal may occur during an attempt to squeeze the sphincters, which suggests relatively good activity in manometry or palpation. The laterality of EAS function or the disproportional activity of the external sphincter and the puborectalis muscle can be assessed only in functional, transrectal ultrasound and EMG using a two-channel electrode. Despite the close anatomical proximity and functional correlation, the bioelectric tone in the area of the external sphincter and the puborectalis muscle is highly variable. Each of these muscles is controlled by different motor neurons and axons, whose degree and configuration of damage may be different, which translates not only into a different ability to generate tone during contraction, but also a different ability to relax (fig. 6).

Persistent long-term increased resting tone causes gradual atrophy of submucosal vascular plexuses and local mucosal atrophy. Poorly hydrated sites with increased electrical resistance and sensory sensitivity occur in the anus. An anal fissure may develop. Under such circumstances, in the same person, the discomfort experienced upon stimulation in the area of the external sphincter may appear already at about 5 mA, while in the area of the puborectalis muscle and the levator ani, the sensation of stimulation may appear only at about 50-60 mA. In such cases, a two-channel electrode



Ryc. 6. Istotne różnice w zdolności do generowania napięcia w czasie skurczu oraz do powysiłkowej relaksacji, pomiędzy zwieraczem zewnętrznym (górnym) i mięśniem łonowo-odbytniczym. Skala 0-20 μV

Fig. 6. Significant differences in the ability to generate tone during contraction and post-contraction relaxation between the external anal sphincter (top) and the puborectalis muscle. Scale 0-20 μV



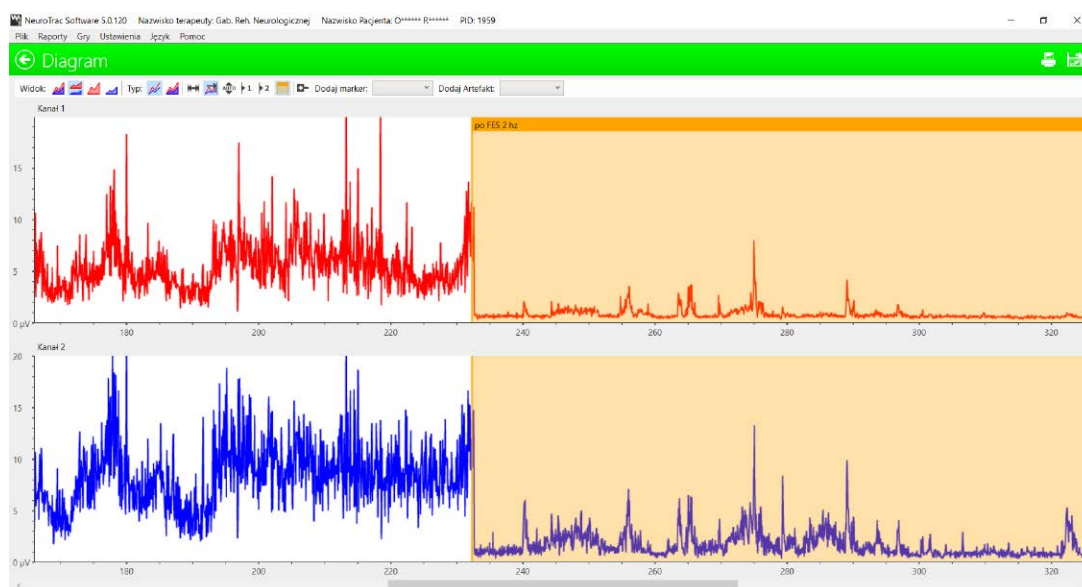
Ryc. 7. Napięcie spoczynkowe zwieraczy oceniane z zastosowaniem elektrody dwukanałowej, w pozycji półleżącej i leżącej, po podparciu lędźwi (obszar zacieniony). Kanał górny ZZO, dolny mięsień ŁO i dźwигacz. Skala 0-5 μV

Fig. 7. The resting tone of the sphincters is assessed using a two-channel electrode, in a semi-recumbent and supine position, with lumbar support (shaded area). The upper channel of the EAS, the lower puborectalis muscle and the levators. Scale 0-5 μV

łonowo-odbytniczego i dźwигacz. Odczucie stymulacji może wystąpić dopiero przy natężeniu około 50-60 mA. W takich przypadkach elektroda dwukanałowa umożliwia selektywny dobór natężenia stymulacji, które w warunkach prawidłowych oscyluje w przedziale około 20-35 mA. Badanie EMG realizowane z wykorzystaniem elektrody dwukanałowej pozwala również ujawnić różnice napięcia spoczynkowego pomiędzy obu zwieraczami (ryc. 7).

allows for the choice of stimulation intensity, which under normal conditions oscillates in the range of about 20-35 mA. Two-channel EMG also reveals differences in the resting tone between the two sphincters (fig. 7).

Similar differences in the resting tone of the external sphincter and the puborectalis muscle also occur in response to stimulation therapy (fig. 8).



Ryc. 8. Różnice w napięciu spoczynkowym przed stymulacją i po stymulacji zwieraczy (obszar zacieniony) u chłopca lat 7 z przewlekłym zaparciem na podłożu neurogennym (dysplazja kości krzyżowej). Kanał górny ZZO, dolny mięsień ŁO i dźwigacze. Skala 0-20 μV

Fig. 8. Differences in resting tone before and after sphincteric stimulation (shaded area) in a 7-year-old boy with chronic neurogenic constipation (sacral dysplasia). The upper channel for the EAS, the lower puborectalis muscle and the levators. Scale 0-20 μV

Podobne różnice w napięciu spoczynkowym zwieracza zewnętrznego i mięśnia łonowo-odbytniczego występują również w odpowiedzi na zabiegi stymulacji (ryc. 8).

W testach wysiłkowych aktywność skurczowa zewnętrznego zwieracza odbytu i mięśnia łonowo-odbytniczego również bywa odmienna. Różne mogą być czasy reakcji, zdolność do generowania i utrzymania stabilnego napięcia oraz powysiłkowej relaksacji. Pod wpływem kilkunastu minut stymulacji oraz realizowanych z przerwami na odpoczynek ćwiczeń EMG-biofeedback często można zaobserwować wyraźną poprawę, przynajmniej w zakresie dwóch lub trzech parametrów czynnościowych. Zmiany tego rodzaju dokumentują elektromiogramy na rycinach 9 i 10.

Konfiguracji czynnościowych zaburzeń zwieraczy, uwarunkowanych neurogenie lub nawykowo, jest bardzo wiele. Każda z nich wymaga wdrożenia indywidualnie dopasowanych parametrów stymulacji i działań rehabilitacyjnych obejmujących edukację, terapię kręgosłupa i wsparcie, w celu zbudowania i podtrzymania motywacji do realizowania terapii. W naszym przekonaniu bez badania EMG, zabiegów stymulacji i terapii EMG-biofeedback jest to niemożliwe.

WNIOSKI

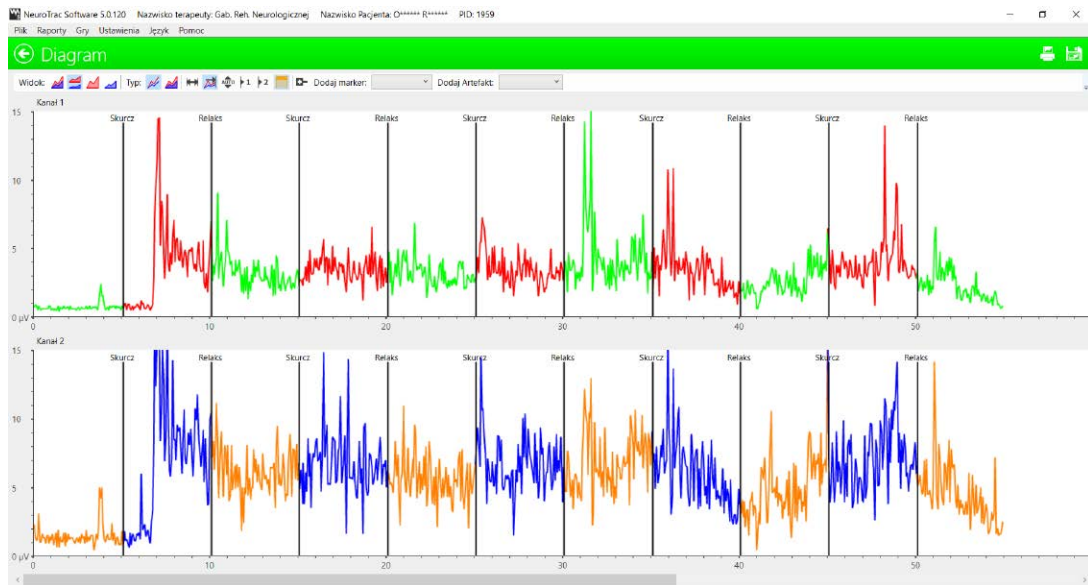
Z perspektywy ponad 20 lat doświadczeń zebranych w pracy z pacjentami z neurogennymi zaburzeniami czynności zwieraczy pęcherza i odbytu stwierdzamy, że elektromiografia dostarczająca wielu istotnych i obiektywnych danych stanowi cenne uzupełnienie diagnostyki zaburzeń czynnościowych. Rezygnacja z tego badania nie tylko utrudnia, co wręcz może uniemożliwić uzyskanie dobrych rezultatów leczenia, prowadzić do wtórnych problemów uwarunkowanych chorobą

In contraction tests, the contractile activity of the external anal sphincter and the puborectalis muscle is also different. Response times, the ability to generate and maintain stable muscle tone and post-contraction relaxation can vary. Several minutes of stimulation and EMG biofeedback exercises performed with breaks for relaxation may lead to a significant improvement, at least in two or three functional parameters. Such changes are documented in electromyograms in figures 9 and 10.

There are many configurations of functional sphincter disorders, either neurogenic or habitual. Each of them requires individually adjusted stimulation parameters and rehabilitation, including education, spinal therapy and support to develop and maintain motivation to continue the therapy. In our opinion, this is impossible without EMG testing, stimulation and EMG biofeedback therapy.

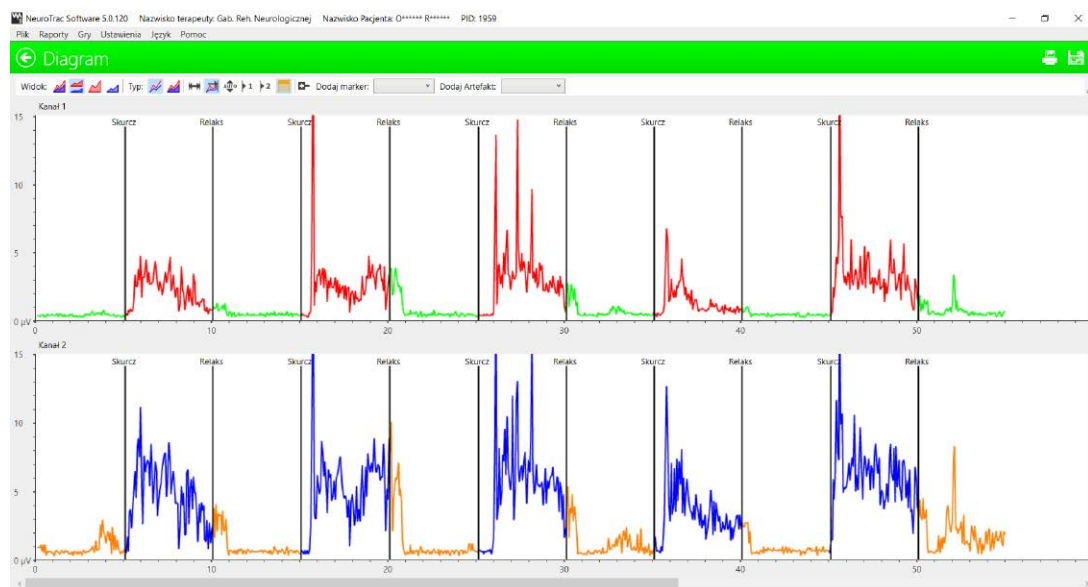
CONCLUSIONS

From the perspective of over 20 years of experience in working with patients with neurogenic disorders of the bladder and anal sphincters, we conclude that electromyography, which provides a significant amount of important and objective data, is a valuable supplement to the diagnosis of functional disorders. A failure to use this test not only makes it difficult, but may even make it impossible to obtain good treatment outcomes, lead to secondary disorders resulting from the primary disease, or cause relapses of neurogenic disorders. Owing to the possibility of detailed bioelectrical characteristics of anal sphincters, archiving the data from



Ryc. 9. Test wysiłkowy u tego samego chłopca lat 7, wykonany przed ćwiczeniami biofeedback. Widoczny brak zdolności do efektywnego napinania i relaksacji mięśni. Faza skurczu niewiele się różni od fazy relaksacji. Skala 0-15 μV

Fig. 9. Contraction test in the same boy, 7 years old, performed before biofeedback exercises. Visible inability to effectively contract and relax muscles. The difference between the contraction phase and the relaxation phase is not large. Scale 0-15 μV



Ryc. 10. Kontrolny test wysiłkowy wykonany po stymulacji i ćwiczeniach biofeedback. Wyraźna poprawa koordynacji mięśni w czasie skurczu oraz zdolności do relaksacji. Skala 0-15 μV

Fig. 10. Follow-up contraction test performed after stimulation and biofeedback exercises. Significant improvement in muscle coordination during contraction and the ability to relax. Scale 0-15 μV

pierwotną lub powodować nawroty chorób, których podłożem były przyczyny neurogenne. Dzięki możliwości szczegółowego określenia charakterystyki czynności bioelektrycznej zwieraczy, archiwizacji badań oraz wizualizacji napięcia w formie krzywych lub gier biofeedback, elektromiografia pozwala na kształtowanie procesu rehabilitacji zgodne z indywidualnymi potrzebami chorych. Jest aktualnie najbardziej dojrzałą i efektywną metodą reedukacji nerwowo-mięśniowej, a w połączeniu z zabiegami stymulacji zwieraczy o działaniu

examinations and visualization of muscle tone in the form of curves or biofeedback games, electromyography allows for shaping the rehabilitation process adjusted to the individual needs of patients. It is currently the most mature and effective method of neuromuscular re-education, and when combined with neuroregenerative sphincter stimulation treatments – it remains the only therapeutic approach for neurogenic or habitual dysfunctions. The use of electromy-

neuroregeneracyjnym – jedyną metodą leczenia dysfunkcji uwarunkowanych neurogennie lub nawykowo. Zastosowanie elektromiografii zarówno w celach diagnostyki, jak i monitorowania zmian w czynności zwieraczy zachodzących pod wpływem rehabilitacji znacząco przyspiesza postawienie właściwej diagnozy, zwiększa szanse chorych na odzyskanie kontroli nad nerwowo-mięśniowym mechanizmem utrzymania zawartości i opróżniania jelit oraz wydatnie wpływa na obniżenie kosztów leczenia i wzrost poziomu jakości życia.

ography for the purposes of both diagnosis and monitoring of rehabilitation-induced changes in sphincteric activity significantly accelerates the process of reaching the correct diagnosis, increases the likelihood of regaining control over the neuromuscular mechanism underlying proper intestinal continence and bowel movement, at the same time significantly reducing treatment costs and increasing the quality of life.

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

nadesłano/submitted:
7.01.2022

zaakceptowano do druku/accepted:
28.01.2022

Piśmiennictwo/References

1. Lunniss PJ, Gladman MA, Hetzer FH et al.: Risk factors in acquired fecal incontinence. *J R Soc Med* 2004; 97(3): 111-116.
2. Longstreth GF, Thompson WG, Chey WD et al.: Functional bowel disorders. *Gastroenterology* 2006; 130: 1480-1491.
3. Singh P, Agnihotri A, Pathak MK et al.: Psychiatric, somatic and other functional gastrointestinal disorders in patients with irritable bowel syndrome at a tertiary care center. *J Neurogastroenterol Motil* 2012; 18(3): 324-331.
4. Singh P, Batish VK, Sarup S et al.: Sphincter involvement in lumbar disc herniation. *Med J Armed Forces India* 2000; 56(2): 117-121.
5. Thongtrangan I, Le H, Park J, Kim DH: Cauda equina syndrome in patients with low lumbar fractures. *Neurosurg Focus* 2004; 16(6).
6. Locke GR, Pemberton JH, Philips SF: American Gastroenterological Association medical position statement: guidelines on constipation. *Gastroenterology* 2000; 119: 1766-1778.
7. Costa ML, Oliveira JN, Tahan S et al.: Overweight and constipation in adolescents. *BMC Gastroenterol* 2011; 11: 40.
8. Wedel T, Spiegler J, Soellner S et al.: Enteric nerves and interstitial cells of Cajal are altered in patients with slow-transit constipation and megacolon. *Gastroenterology* 2002; 123: 1459-1467.
9. Raizada V, Mittal RK: Pelvic floor anatomy and applied physiology. *Gastroenterol Clin North Am* 2008; 37(3): 493-509.
10. Brierley SM, Hibberd TJ, Spencer NJ: Spinal Afferent Innervation of the Colon and Rectum, *Frontiers in Cellular Neuroscience. Systematic Review* 2018; 12: 467.
11. Espinosa-Medina I, Saha O, Boismoreau F, Brunet JF: The "sacral parasympathetic": ontogeny and anatomy of a myth. *Clin Auton Res* 2018; 28(1): 13-21.
12. Fitzgerald CM, Hynes CK: Female Perineal/Pelvic Pain: The rehabilitation approach. [In:] Smiths WS (ed.): *Current Therapy in Pain*. W.B. Saunders 2009: 227-233.
13. Deska-Gauthier D, Zhang Y: The functional diversity of spinal interneurons and locomotor control. *Current Opinion in Physiology* 2019; 8: 99-108.
14. Bochenek A, Reicher M: *Anatomia człowieka. Tom V. Układ nerwowy obwodowy. Układ nerwowy autonomiczny. Powłoka wspólna. Narządy zmysłów*. Wyd. VI. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2018: 265-266.
15. Schwandner T, Hemmelmann C, Heimerl T et al.: Triple-target treatment versus low-frequency electrostimulation for anal incontinence: a randomized, controlled trial. *Deutsches Arzteblatt International* 2011; 108: 653-660.
16. Kalkdijk-Dijkstra AJ, van der Heijden JAG, van Westreenen HL et al.: Pelvic floor rehabilitation to improve functional outcome and quality of life after surgery for rectal cancer: study protocol for a randomized controlled trial (FORCE trial). *Trials* 2020; 21(1): 112.
17. Bols EM, Berghmans BC, Hendriks EJ et al.: A randomized physiotherapy trial in patients with fecal incontinence: design of the PhysioFIT-study. *BMC Public Health* 2007; 7: 355.
18. Vilensky JA, Bell DR, Gilman S: On the physiology of micturition by Denny-Brown and Robertson: a classic paper revisited. *Urology* 2004; 64(1): 182-186.
19. Podnar S, Gregory WT: Can be sphincter electromyography reference values shared between laboratories? *Neurourol Urodyn* 2010; 29(8): 1387-1392.
20. Wunderlich M, Swash MJ: The overlapping innervation of the two sides of the external anal sphincter by the pudendal nerves. *Neurol Sci* 1983; 59(1): 97-109.