

Berta Kowalska¹, Mateusz Płaza²

Rola ultrasonografii w diagnostyce neuropatii pourazowych oraz powikłań po operacjach nerwów obwodowych

Role of sonography in the diagnosis of posttraumatic neuropathies and complications after surgeries involving peripheral nerves

¹ Indywidualna Specjalistyczna Praktyka Lekarska Berta Kowalska, Kraków, Polska² Zakład Radiologii, Instytut Reumatologii w Warszawie, Polska. Kierownik Zakładu: prof. dr hab. n. med. Iwona Sudół-Szopińska

Adres do korespondencji: Berta Kowalska, ul. Słomczyńskiego 12/8, 31-234 Kraków, e-mail: berta.kowalska@gmail.com

¹ Private Specialist Practice Berta Kowalska, Krakow, Poland² Department of Radiology, Institute of Rheumatology, Warsaw, Poland. Head of the Department: Professor Iwona Sudół-Szopińska, MD PhD

Correspondence: Berta Kowalska, Słomczyńskiego 12/8, 31-234 Krakow, Poland, e-mail: berta.kowalska@gmail.com

Streszczenie

Najczęstszymi przyczynami operacji na nerwach obwodowych są zespół cieśni kanału nadgarstka oraz urazy. Zabieg operacyjny odbarczenia cieśni kanału nadgarstka polega na całkowitym przecięciu więzadła poprzecznego kanału nadgarstka i tym samym uwolnieniu nerwu z ucisku wywołanego przez to więzadło. Po zabiegu operacyjnym dolegliwości bólowe powinny niemal natychmiast ustąpić. Jeżeli pacjent zgłasza ból mimo upływu czasu, konieczna jest diagnostyka. Do niedawna złotym standardem było badanie elektrofizjologiczne, które określa zdolność do przewodzenia impulsów. W ostatnich latach coraz częściej badaniem pierwszego rzutu staje się ultrasonografia z zastosowaniem głowic wysokiej częstotliwości, która precyzuje przyczynę powikłań pooperacyjnych. Ponadto umożliwia ocenę sąsiadujących tkanek, które mogą stanowić źródło utrzymujących się dolegliwości. Ułatwia to zaplanowanie właściwego leczenia. W przypadku zmian pourazowych nerwów stan neurologiczny (powrót zakresu czucia i funkcji motorycznej mięśni unerwianych przez dany pień nerwowy) odnosi się do czasu, jaki upłynął od zabiegu, gdyż regeneracja tkanki nerwowej następuje stopniowo. W przypadku niewłaściwego gojenia może dojść do wytworzenia nerwiaka w ciągłości, gdy regenerat nie penetruje do kikuta obwodowego i tworzy chaotyczną bliznę na poziomie rekonstrukcji. Ultrasonografia umożliwia ocenę miejsca zespolenia pod kątem odtworzenia ciągłości pnia nerwowego, stwierdzenia obecności nerwiaków i kontrolowania ich rozrostu. Dodatkowo stwarza możliwość diagnozowania zrostów. Na podstawie wywiadu, przeprowadzonego badania klinicznego oraz badań neurofizjologicznych i ultrasonograficznych w przypadku neuropatii pourazowych czy pooperacyjnych można precyzyjnie zaplanować postępowanie, tj. stwierdzić, czy należy przyjąć postawę wyczekującą, czy też jak najszybciej wykonać zabieg operacyjny.

Słowa kluczowe: ultrasonografia, diagnostyka, neuropatie pooperacyjne, neuropatie pourazowe, zespół cieśni kanału nadgarstka

Abstract

The most common causes for surgical procedures involving peripheral nerves are injuries and carpal tunnel syndrome. Carpal tunnel decompression surgery consists in cutting the transverse carpal ligament thereby releasing the nerve entrapped by this ligament. Following the procedure, pain symptoms should subside immediately. If the patient complains about pain that does not subside with time, it is necessary to conduct a diagnostic process. Until recently, electrophysiological tests, which determine the ability to conduct impulses, have been the gold standard. In the recent years, however, ultrasound examinations with the use of high-frequency transducers, which precisely specify the cause of postoperative complications, have been used more and more often as the first choice examination. Such an examination also enables assessment of the adjacent tissues which may be the source of persisting symptoms. This facilitates designing proper treatment. In the case of posttraumatic changes in the nerves, the neurological status (the return of sensation and motor function of the muscles innervated by a given nerve trunk) depends on the time from the procedure since nerve tissue regenerates gradually. If the healing process is incorrect, "a neuroma-in-continuity" may form when the regenerate does not penetrate to the peripheral stump and forms a chaotic scar at the reconstruction level. An ultrasound examination enables assessment of the nerve suturing site in terms of nerve trunk continuity restoration, identification of neuromas and control of their growth. Moreover, it enables adhesions to be diagnosed. Based on the interview, clinical examination as well as neurophysiological and ultrasound examinations in

posttraumatic or postoperative neuropathies, one can precisely plan the management, i.e. decide whether a wait-and-see attitude should be assumed or a surgical procedure should be conducted as soon as possible.

Key words: sonography, diagnosis, postoperative neuropathies, posttraumatic neuropathies, carpal tunnel syndrome

Do zakładów podstawowej opieki zdrowotnej rzadko zgłaszają się pacjenci z powodu powikłań po przebytym zabiegu operacyjnym na pniu nerwu obwodowego, niemniej jednak wiedza o przyczynach powikłań pooperacyjnych oraz możliwościach diagnostycznych i terapeutycznych neuropatii obwodowych, jakie stwarza dzisiejsza medycyna, może pozwolić lekarzom różnych specjalności na podjęcie właściwej decyzji co do postępowania z pacjentem.

W artykule zwrócono uwagę na rosnącą rolę ultrasonografii (USG) z zastosowaniem głowic wysokiej częstotliwości w diagnostyce neuropatii pourazowych oraz powikłań pooperacyjnych tych patologii⁽¹⁻⁴⁾.

Najczęstszymi przyczynami operacji na nerwach obwodowych są zespół cieśni kanału nadgarstka oraz urazy nerwów. Zespół cieśni kanału nadgarstka według niektórych źródeł dotyczy aż 10% populacji^(5,6). Zabiegi operacyjne przeprowadzają ortopedzi specjalizujący się w chirurgii ręki oraz neurochirurdzy. Zabieg polega na całkowitym przecięciu więzadła poprzecznego kanału nadgarstka i tym samym uwolnieniu nerwu z ucisku wywołanego przez to więzadło. Dawniej stosowano rozległe cięcia chirurgiczne, odsłaniające całą długość więzadła. Obecnie odchodzi się od nich na rzecz krótkich cięć⁽⁷⁾, a nawet zabiegów endoskopowych. Po zabiegu operacyjnym dolegliwości bólowe powinny ustąpić niemal natychmiast, a typowe testy kliniczne (test Phalena, test Tinel) nie powinny odbiegać od normy. W przypadku dużego zaawansowania objawów oraz ich długiego trwania w okresie przedoperacyjnym mogą przewlekłe utrzymywać się objawy niedoczulicy oraz dysfunkcji ręki, mimo przeprowadzonego leczenia. Nie dochodzi do odbudowy mięśni kłębka kciuka.

Jeżeli pacjent zgłasza utrzymujące się dolegliwości bólowe mimo upływu czasu, należy go skierować na badania dodatkowe. Do niedawna złotym standardem było badanie elektrofizjologiczne⁽⁸⁾. Jest ono szczególnie cenne w sytuacji, gdy można je odnieść do badania przeprowadzonego przed zabiegiem – da się wówczas jednoznacznie stwierdzić, czy w wyniku operacji nastąpiła poprawa przewodnictwa. W ostatnich latach coraz częściej w diagnostyce zarówno przed-, jak i pooperacyjnej neuropatii obwodowych stosuje się badanie USG. Z uwagi na możliwość precyzyjnego określenia przyczyny neuropatii badanie to w znacznym stopniu ułatwia zaplanowanie właściwego leczenia.

W przypadku niecałkowitego przecięcia więzadła poprzecznego kanału nadgarstka w badaniu USG można stwierdzić obecność zachowanych włókien więzadła, powodujących klepsydrowate przewężenie nerwu⁽⁴⁾ (ryc. 1). We wczesnych fazach pooperacyjnych należy zwrócić uwagę na obecność przylegających do miejsca operacji potencjalnych

Patients with complications after surgical procedures involving peripheral nerve trunks are rarely encountered in the primary care clinics. Nevertheless, the knowledge about the causes of postoperative complications as well as diagnostic and therapeutic possibilities offered by contemporary medicine may help physicians of various specialties to make correct decisions connected with the management in such situations.

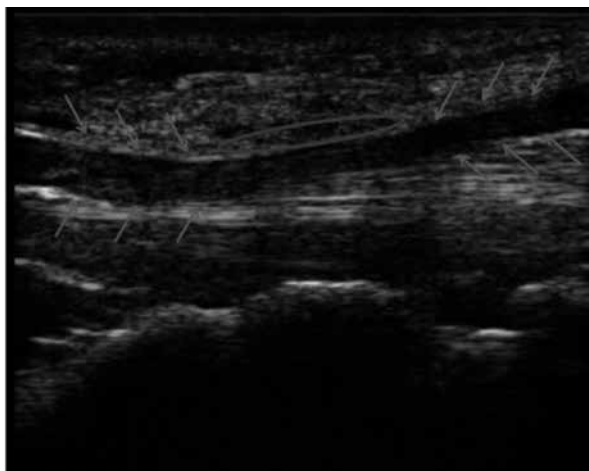
The article draws attention to a growing role of sonography (US) using high-frequency transducers in the diagnosis of posttraumatic neuropathies and complications after surgeries conducted due to such conditions⁽¹⁻⁴⁾.

The most common causes for surgical procedures involving peripheral nerves are injuries and carpal tunnel syndrome. According to some sources, carpal tunnel syndrome occurs in even 10% of the population^(5,6). Surgical treatment is conducted by orthopaedic surgeons that specialise in hand surgery and neurosurgeons. The surgical procedure consists in cutting the transverse carpal ligament thereby releasing the nerve entrapped by this ligament. In the past, an extensive surgical approach that uncovered the entire ligament was used. Currently, such methods are abandoned and replaced by small approach⁽⁷⁾ or even endoscopic procedures. Following the surgery, pain should subside nearly immediately, and typical clinical tests (such as Phalen manoeuvre, Tinel sign) should be normal. If prior to the surgery the symptoms are advanced or last for a long time, hypaesthesia or hand dysfunction may persist despite treatment. The thenar muscles do not regenerate.

If the patient complains about persistent pain over a period of time, additional tests should be conducted. Until recently, electrophysiological testing has been the gold standard⁽⁸⁾. It is particularly useful when the result can be compared with an examination conducted prior to the surgery. In such a situation, one may unequivocally state whether the surgery resulted in a conduction improvement.

In the recent years, sonography has been used more and more frequently both pre- and postoperatively in peripheral neuropathy diagnosis. Due to its ability to determine the cause of neuropathy accurately, this method considerably facilitates designing the proper treatment.

If the transverse carpal ligament has not been cut completely, a US scan shows the presence of retained fibres which cause an hourglass-like narrowing of the nerve⁽⁴⁾ (fig. 1). In early postoperative stages, attention should be paid to the presence of potential haematomas adjacent to the operated site (fig. 2) which may compress the nerve. The complication in the form of nerve entrapment in scars may appear later. The diagnosis of adhesions is based on a dynamic examination during which no nerve sliding in relation to



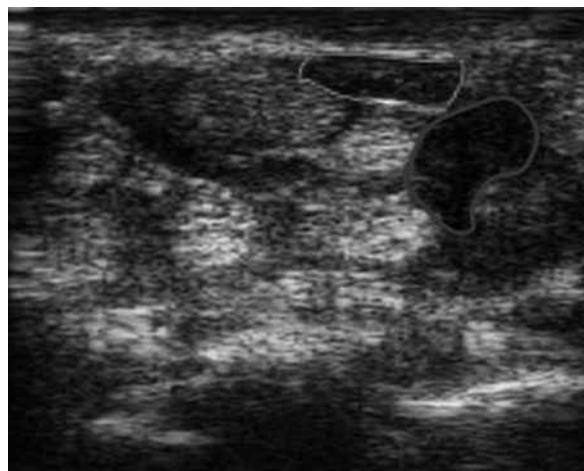
Ryc. 1. Nerw pośrodkowy (strzałki) w przekroju podłużnym na poziomie kanału nadgarstka. Stan po operacyjnym odbarczeniu ucisku, z niekompletnym przecięciem więzadła poprzecznego (zachowane włókna zaznaczono owalnym obrysem)

Fig. 1. Median nerve (arrows) at the level of the carpal tunnel in a longitudinal view. Patient after a release procedure with the transverse carpal ligament cut incompletely (the retained fibres are circled)

krwiaków (ryc. 2), które mogą powodować ucisk na nerw. Późniejszym powikłaniem może być obecność blizn usidlających nerw. Diagnostyka zrostów opiera się na badaniu dynamicznym, w czasie którego obserwuje się brak ślizgu nerwu względem otaczających tkanek. Rzadkim powikłaniem może być jatrogenne częściowe uszkodzenie pnia nerwu pośrodkowego. Na obrazie USG widoczne jest jako ogniskowe zaburzenie pęczkowej echostruktury nerwu.

Nie wolno zapominać, iż echostruktura pęczkowa pnia nerwowego może się nigdy nie poprawić, nawet u pacjentów bezobjawowych (ryc. 3 A–C) – zwłaszcza w przypadkach, w których przedoperacyjny ucisk na nerw utrzymywał się przewlekłe⁽⁴⁾.

Zdarza się, że przyczyna bólu leży poza miejscem zabiegu operacyjnego. Dolegliwości mogą promieniować



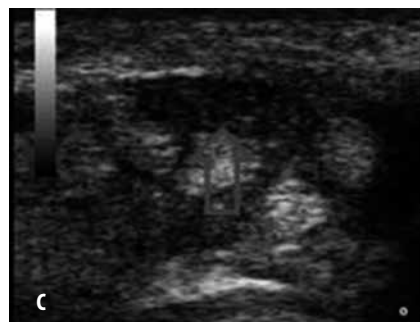
Ryc. 2. Nerw pośrodkowy (czerwony obrys) w przekroju poprzecznym na poziomie kanału nadgarstka. Stan po operacyjnym odbarczeniu ucisku. Niebieskim obrysem zaznaczono krwiaka w fazie organizacji, przylegającego do pnia nerwu

Fig. 2. Median nerve (red circle) at the level of the carpal tunnel in a transverse view. Patient after a release procedure. A blue circle marks a haematoma in the phase of organisation adjacent to the nerve trunk

the adjacent tissues is observed. A partial iatrogenic injury of the median nerve trunk is a rare complication. A US scan presents it as a focal disorder of the bundle echostructure of the nerve.

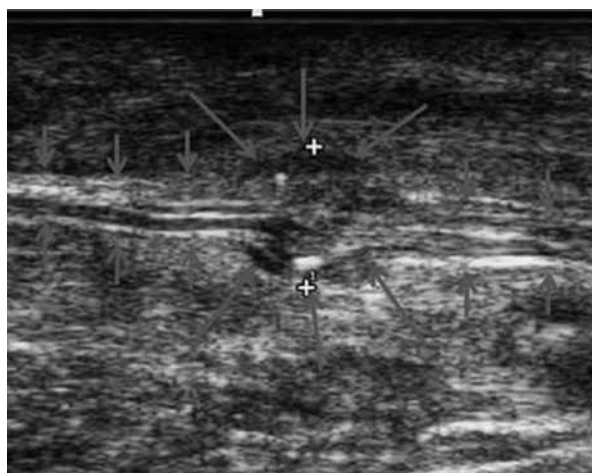
It should be remembered that the bundle structure of the nerve trunk may never improve, even in asymptomatic patients (fig. 3 A–C), particularly if preoperative nerve compression was chronic⁽⁴⁾.

Sometimes, the cause of pain may be localised beyond the operated site. The pain may radiate from the A1 finger pulley (so-called trigger fingers), the first extensor compartment pulley (de Quervain disease), the Guyon's canal (compression on the ulnar nerve at this level) or from the superficial branch of the radial nerve (Wartenberg's syndrome). Moreover, ganglia at the level of the wrist should be ruled



Ryc. 3 A, B. Nerw pośrodkowy (strzałki) w przekroju poprzecznym z wyraźnym brakiem echostruktury pęczkowej mimo przeprowadzonego zabiegu. Pacjenci bezobjawowi. C. Nerw o odtworzonym rysunku pęczkowym

Fig. 3 A, B. Median nerve (arrows) in a transverse view with a visible absence of bundle echostructure despite the surgery. Asymptomatic patients. C. Nerve with restored bundle structure



Ryc. 4. Nerwiak w miejscu szycia (długie strzałki) po całkowitym uszkodzeniu nerwu łokciowego (krótkie strzałki). Przekrój podłużny

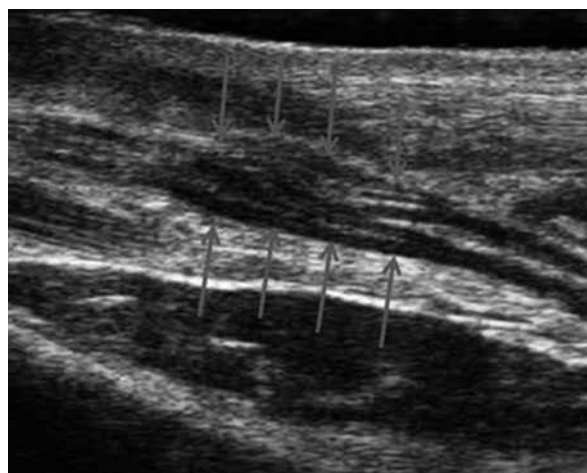
Fig. 4. Neuroma in the site of suturing (long arrows) following a complete ulnar nerve injury (short arrows). Longitudinal view

z poziomu troczka A1 któregoś z palców (tzw. palce trzaskające), z poziomu troczka I przedziału prostowników (choroba de Quervaina), z poziomu kanału Guyona (ucisk na nerw łokciowy na tym poziomie), z poziomu gałęzi powierzchniowej nerwu promieniowego (choroba Wartenberga). Ponadto należy wykluczyć obecność ganglionów na poziomie nadgarstka. Wszystkie te patologie są doskonale widoczne w badaniu USG^(9,10).

W przypadku urazów pacjenci pozostają pod kontrolą ośrodka, w którym zostali zoperowani. Najczęściej zabiegi przeprowadzane są w ramach ostrego dyżuru lokalnego szpitala. W przypadku urazów rozległych, z ewidentnymi deficytami neurologicznymi pacjenci są odsyłani do ośrodków wysokospecjalistycznych, zajmujących się chirurgią ręki.

Część pacjentów nie zgłasza się jednak na zalecane kontrole do poradni przyszpitalnych, a w przypadku niepokojących objawów swoje pierwsze kroki kieruje do lekarza rodzinnego. Bywa, że objawy pojawiają się w odległym czasie od przeprowadzonego zabiegu. Mogą to być objawy bólowe w miejscu operowanym, przeczulica, niedoczulica lub brak powrotu funkcji motorycznej z zakresu unerwienia operowanego nerwu.

W czasie badania klinicznego stan neurologiczny należy odnieść do czasu, jaki upłynął od zabiegu. Jeżeli nie występują cechy regeneracji pnia nerwowego (stosowne do czasu od zabiegu), należy podjąć kroki diagnostyczne. Regeneracja nerwu postępuje w tempie 1 mm na dobę, przy czym przejście przez miejsce zespolenia pnia nerwowego zazwyczaj zajmuje miesiąc. W przypadku niewłaściwego gojenia może dojść do wytworzenia nerwiaka w ciągłości (ryc. 4), gdy regenerat nie penetruje do kikutu obwodowego i tworzy chaotyczną bliznę na poziomie rekonstrukcji.



Ryc. 5. Wrzecionowate pogrubienie (strzałki) na przebiegu nerwu pośrodkowego po częściowym uszkodzeniu – nerwiak w ciągłości. Pacjent leczony zachowawczo. Przekrój podłużny

Fig. 5. Spindle-like thickening (arrows) on the median nerve following its partial injury – neuroma-in-continuity. Conservative treatment was implemented. Longitudinal view

out. They are all perfectly well-visible in a US examination^(9,10).

In the case of injuries, patients are taken care of in the centre in which they were operated. Usually, such procedures are emergency surgeries in local hospitals. In the case of extensive injuries with evident neurological deficits, patients are referred to highly specialised centres with experience in hand surgery.

However, some patients do not come to the follow-up appointments to hospital outpatient clinics, and if symptoms develop, they seek advice in a general practitioner's office. Sometimes, symptoms develop long after the procedure. Patients may experience pain in the operated site, hyperaesthesia, hypaesthesia or no return of motor functions.

During a clinical examination, the neurological condition should be assessed with respect to the time that passed from the surgery. If features of nerve trunk regeneration (respective to the time from the procedure) are not observed, diagnostic steps must be undertaken. The pace of nerve regeneration is 1 mm per day, but it usually takes a month for the nerve to regenerate at the level of nerve anastomosis. If the healing process is incorrect, "a neuroma-in-continuity" (fig. 4) may form when the regenerate does not penetrate to the peripheral stump and forms a chaotic scar at the reconstruction level. Neuromas produce severe pain on local palpation. They can develop also in partial injuries when surgical treatment is not implemented (fig. 5). In such cases, it is "a neuroma-in-continuity" as well. It may be very painful and sometimes requires surgical treatment. Sonography enables the growth of such neuromas to be controlled. Measurements of their diameters performed in time intervals recommended by a physician show a dynamics of the proliferation of their mass^(11,12).

Nerwiaki dają silne dolegliwości bólowe w miejscowej palpacji. Nerwiak może powstać również w przypadku uszkodzeń częściowych, przy leczeniu nieoperacyjnym (ryc. 5) – także wówczas powstaje nerwiak w ciągłości. Może być bardzo bolesny, niekiedy wymaga zaopatrzenia chirurgicznego. Badanie USG stwarza możliwość kontrolowania wzrostu takich nerwiaków. Pomiary ich średnicy dokonywane w zalecanych przez prowadzącego lekarza odstępach czasowych ukazują dynamikę rozrostu masy nerwiaka^(11,12). Kolejnym powikłaniem przebytych urazów pni nerwów obwodowych mogą być zrosty usidlające miejsce zespolenia z przylegającymi tkankami. Uniemożliwiają one swobodny ślizg nerwu względem sąsiadujących tkanek. Widoczne są w ocenie dynamicznej USG, stanowiącej element badania USG. Innym, bardzo rzadkim powikłaniem jest rozejście miejsca zespolenia.

Jak wspomniano, do niedawna preferowaną metodą diagnostyczną powikłań pourazowych było badanie elektromiograficzne (EMG), które określało zdolność do przewodzenia impulsów nerwowych w zrekonstruowanym pniu nerwowym. W przypadku wykonania kilku badań EMG w dłuższych odstępach czasowych można wnioskować o poprawie lub jej braku w zakresie postępu funkcjonowania pnia nerwu obwodowego. W zaburzeniach przewodzenia badanie neurofizjologiczne wskazuje odcinek, na którym dochodzi do zaburzenia, nie jest jednak w stanie określić istoty problemu. USG, podobnie jak w przypadku oceny po przeprowadzonym zabiegu odbarczenia kanału nadgarstka, precyzuje nie tylko poziom, ale również morfologię miejsca patologii. Określa, czy została odtworzona ciągłość pnia nerwowego oraz czy doszło do wytworzenia nerwiaka/zrostów^(11,12).

Na podstawie wywiadu, przeprowadzonego badania klinicznego oraz badań neurofizjologicznych i ultrasonograficznych można zaplanować postępowanie, tj. przyjąć postawę wyczekującą albo zdecydować o wykonaniu zabiegu operacyjnego.

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie prawo do tej publikacji.

Piśmiennictwo/References

1. Kowalska B, Sudoł-Szopińska I: Normal and sonographic anatomy of selected peripheral nerves. Part I: Sonohistology and general principles of examination, following the example of the median nerve. *J Ultrason* 2012; 12: 120–130.
2. Kowalska B, Sudoł-Szopińska I: Normal and sonographic anatomy of selected peripheral nerves. Part II: Peripheral nerves of the upper limb. *J Ultrason* 2012; 12: 131–147.
3. Kowalska B, Sudoł-Szopińska I: Ultrasound assessment on selected peripheral nerve pathologies. Part I: Entrapment neuropathies of the upper limb – excluding carpal tunnel syndrome. *J Ultrason* 2012; 12: 307–318.

Another complication of peripheral nerve trunk injuries may be adhesions that fix the anastomosis sites to the adjacent tissues. They prevent free sliding of the nerve in relation to its adjacent tissues. They are visible in a dynamic US assessment, which is a part of a US examination. Another rare complication is nerve anastomosis dehiscence.

As has been mentioned above, until recently electromyography (EMG) has been the preferred diagnostic method. It determines the capacity to conduct nerve impulses in a reconstructed nerve trunk. If several EMG examinations are conducted in longer time intervals, one may draw conclusions concerning an improvement or the lack of improvement with respect to the function of the peripheral nerve trunk examined. In conduction disorders, a neurophysiological examination indicates the fragment in which disorders occur but cannot determine the cause of the problem. A US examination, as in the case of the assessment conducted after carpal tunnel release procedures, indicates not only the precise localization, but also shows the morphology of the pathological site. It demonstrates whether the continuity of the nerve trunk has been restored and whether any neuromas/adhesions are present^(11,12).

Based on the interview, clinical examination as well as neurophysiological and ultrasound examinations, one can precisely plan the management, i.e. decide whether a wait-and-see attitude should be assumed or a surgical procedure should be conducted.

Conflict of interests

The authors do not report any financial or personal links with other persons or organizations, which might negatively affect the content of this publication and claim authorship rights to this publication.

4. Kowalska B, Sudoł-Szopińska I: Ultrasound assessment of selected peripheral nerve pathologies. Part III: Injuries and postoperative evaluation. *J Ultrason* 2012; 13: 82–92.
5. Nordstrom DL, Vierkant RA, De Stefano F *et al.*: Risk factors for carpal tunnel syndrome in a general population. *Occup Environ Med* 1997; 54: 734–740.
6. Bugajska J, Jędryka-Góral A, Sudoł-Szopińska I *et al.*: Carpal tunnel syndrome in occupational medicine practice. *Int J Occup Saf Ergon* 2007; 13: 29–38.
7. Banach M, Bogucki A (eds.): Zespoły z ucisku – diagnostyka i leczenie. *Medycyna Praktyczna*, Kraków 2003.
8. Domanasiewicz A, Koszewicz M, Jabłocki J: Porównanie wartości diagnostycznej badań ultrasonograficznego i neurograficznego w zespoleniu cieśni nadgarstka. *Neurol Neurochir Pol* 2009; 43: 433–438.
9. Teh J: Ultrasound of soft tissue masses of the hand. *J Ultrason* 2012; 12: 381–401.
10. Dębek A, Czyrny Z, Nowicki P: Sonography of pathological changes in the hand. *J Ultrason* 2014; 14: 74–88.
11. Cartwright MS, Chloros GD, Walker FO *et al.*: Diagnostic ultrasound for nerve transection. *Muscle Nerve* 2007; 35: 796–799.
12. Zhu J, Liu F, Li D *et al.*: Preliminary study of the types of traumatic peripheral nerve injuries by ultrasound. *Eur Radiol* 2011; 21: 1097–1101.