

Submitted: 15.09.2014

Accepted: 12.11.2014

Ocena przydatności badania USG z zastosowaniem głowic wysokiej częstotliwości w diagnostyce neuropatii pooperacyjnych

Assessment of the utility of ultrasonography with high-frequency transducers in the diagnosis of postoperative neuropathies

Berta Kowalska

Private Specialist Practice Berta Kowalska, Krakow, Poland

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

DOI: 10.15557/JoU.2015.0013

Słowa kluczowe

neuropatie obwodowe, zmiany pooperacyjne, ultrasonografia, neuropatie uciskowe, EMG, zmiany pourazowe

Streszczenie

Podstawowym celem pracy była ocena przydatności badania ultrasonograficznego z zastosowaniem głowic wysokiej częstotliwości w kwalifikowaniu do leczenia operacyjnego albo zachowawczego neuropatii obwodowych o charakterze pooperacyjnym. Materiał pracy stanowiła grupa 71 osób kierowanych w latach 2009–2011 na badanie USG z klinicznym podejrzeniem neuropatii obwodowych. Neuropatie pooperacyjne na potrzeby analizy podzielono na trzy grupy: stan po leczeniu operacyjnym nerwu pośrodkowego (1), stan po leczeniu operacyjnym nerwu łokciowego (2) oraz inne neuropatie pooperacyjne (3). U wszystkich pacjentów przeprowadzono badanie podmiotowe, przedmiotowe oraz ultrasonograficzne. Badania ultrasonograficzne wykonano aparatami Esaote MyLab 50 i MyLab 60. Na podstawie wyniku badania klinicznego i USG pacjentów kwalifikowano do leczenia operacyjnego (51 osób) bądź zachowawczego (20 osób). U niektórych chorych (60 osób) przeprowadzono również badanie EMG. Wyliczono średnie wartości pól powierzchni oraz średnicy pni nerwowych poszczególnych grup patologii nerwów. Analizowane w pracy poszczególne cechy ultrasonograficzne nerwów obwodowych, takie jak echostruktura, objaw wcięcia, przekrwienie oraz ciągłość więzadła poprzecznego, podzielono na podgrupy. Obliczono również częstość występowania zrostów pni nerwowych z przylegającymi tkankami, częstość występowania dolegliwości bólowych w czasie ucisku nerwu głowicą oraz częstość występowania niestabilności nerwu łokciowego oraz zagięcia kąтового pnia nerwu międzykostnego tylnego w badaniu dynamicznym. Analizy zebranego materiału dokonano za pomocą statystyki opisowej. W odniesieniu do weryfikacji klinicznej i operacyjnej zgodność z rozpoznaniem ultrasonograficznym uzyskano w 100% przypadków. Uzyskane wyniki wskazują, że badanie ultrasonograficzne z zastosowaniem głowic wysokiej częstotliwości jest cenną metodą w kwalifikowaniu do rodzaju leczenia neuropatii obwodowych o charakterze pooperacyjnym.

Key words

peripheral neuropathies,
postoperative changes,
ultrasonography,
entrapment
neuropathies, EMG,
posttraumatic
neuropathies

Abstract

The primary aim of this paper was to assess the relevance of high-frequency ultrasound examination in qualifying patients for either surgical or conservative treatment of postoperative peripheral neuropathies. The study was conducted in a group of 71 patients who in 2009–2011 were referred to ultrasound examinations due to a clinical suspicion of peripheral neuropathies. For the purposes of this analysis, the suspected postoperative neuropathies were divided into three groups: after surgical treatment of the median nerve (1), after surgical treatment of the ulnar nerve (2) and other postoperative neuropathies (3). All patients underwent the interview, physical examination and ultrasound examination. The ultrasound examinations were performed with Esaote MyLab 50 and MyLab 60 systems. Based on the clinical and US examinations, the patients were qualified for either surgical (51 cases) or conservative treatment (20 cases). An EMG examination was also performed in certain patients (60 cases). Mean values of cross-sectional areas and diameters of the nerve trunks were calculated in individual pathology groups. The ultrasound features of the peripheral nerves analyzed in the study, such as echostructure, notch sign, hyperemia and continuity of the transverse ligament, were divided into subgroups. Moreover, the frequency of adhesions between the nerve trunks and adjacent tissues, occurrence of pain on compression with a transducer and instability of the ulnar nerve as well as angulation of the posterior interosseous nerve in a dynamic examination was calculated. The analyses of the collected material were performed by means of descriptive statistics. The results of clinical and surgical verification were consistent with ultrasound findings in 100% of cases. The results indicate that high-frequency ultrasonography is a valuable method in qualifying patients for various types of treatment of peripheral postoperative neuropathies.

Wstęp

Ocena ultrasonograficzna nerwów po zabiegach operacyjnych wymaga od badającego doświadczenia oraz znajomości technik operacyjnych⁽¹⁾. Często obraz nerwu pozostaje trwale zmieniony, co wynika z fizjologii gojenia tkanek miękkich z tworzeniem blizny.

W badaniu USG po operacyjnym odbarczeniu neuropatii uciskowych ocenie podlega nie tylko struktura nerwu, ale również radykalność zabiegu – należy zwracać uwagę na pozostawione nawet drobne pasma włókniste, które mogą powodować przetrwały ucisk na nerw, np. niecałkowicie przecięte więzadło poprzeczne kanału nadgarstka w CTS⁽²⁾.

W przypadku ucisku na nerw łokciowy zabieg ma na celu usunięcie przyczyny neuropatii, a więc przecięcie więzadła łukowego, czy przecięcie włókien przegrody międzymięśniowej przyśrodkowej ramienia, bądź usunięcie patologicznej masy (mięsień łokciowo-nadbłoczkowy, tłuszczak, naczyniak). Dawniej bardzo popularną techniką po odbarczeniu nerwu było przeniesienie pnia nerwu na przednią powierzchnię nadkłykcia kości ramiennej. Obecnie odchodzi się od niej, stosując jedynie tzw. proste uwolnienie.

Podobne postępowanie chirurgiczne dotyczy PIN, AIN i polega na przecięciu lub wycięciu zgrubień powięziowych oraz pasm włóknistych, usunięciu patologicznych mas tkankowych lub podwiązaniu krzyżujących pień nerwu pęczków naczyniowych.

W ocenie pooperacyjnej zmian pourazowych nerwów obwodowych głównym celem badania USG jest odpowiedź na pytanie, czy została odtworzona ciągłość nerwu oraz czy w miejscu szycia nie doszło do wytworzenia nerwiaka lub zrostów z przylegającymi tkankami.

Introduction

Ultrasound nerve evaluation after surgical procedures requires extensive experience and knowledge of surgical techniques⁽¹⁾. The image of the nerve is frequently permanently altered, which results from the healing physiology of soft tissues with scar formation.

Following **decompression procedures of entrapment neuropathies**, US assessment involves not only the structure of the nerve, but also the radicality of the procedure. One should pay attention to even slight remaining fibrous bands which may cause persistent compression of the nerve, e.g. incompletely cut transverse ligament of the carpal tunnel in CTS⁽²⁾.

In the cases of ulnar nerve compression, the aim of the procedure is to remove the cause of neuropathy, i.e. to cut the arcuate ligament, to cut the fibers of the medial intermuscular septum of the arm or to remove a pathological mass (accessory anconeus muscle, lipoma, angioma). In the past, it was common to translocate the nerve trunk to the anterior surface of the epicondyle of the humerus following decompression. Currently, this technique is being departed from and replaced with so-called simple release.

A similar surgical procedure involves the PIN and AIN and consists in cutting or removing fascial thickening and fibrous bands, removing pathological tissue masses or ligating the vascular bundles crossing the nerve trunk.

The main aim of ultrasound **postoperative assessment of posttraumatic changes** is to answer the question whether the nerve continuity has been restored and whether a neuroma or adhesions between the adjacent tissues formed at the site of suturing.

Jako przyczynę powikłań pooperacyjnych pourazowych należy również rozpatrywać uszkodzenia jatrogenne (bezpośrednie działanie skalpela) naruszające ciągłość pnia nerwu, a także usidlenie nerwu pod płytą przykrośną czy drażnienie przez wystający gwint śruby.

Wybór techniki operacyjnej **guza nerwu obwodowego** zależy od rodzaju guza. W przypadku *schwannoma* zabieg operacyjny polega na możliwie atraumatycznym oddzieleniu jego masy od przylegających pęczków nerwowych, po wcześniejszym otwarciu nanerwia.

W przypadku *neurofibroma* zabieg jest dużo bardziej okaleczający i wiąże się z wycięciem fragmentu pnia nerwowego wraz z guzem oraz z koniecznością leczenia rekonstrukcyjnego. W przypadku guzów o charakterze tłuszczaków czy włókniaków pochewek nerwowych również wycina się je bez uszkodzania struktury nerwowej (podobnie jak w przypadku *schwannoma*).

W badaniach pooperacyjnych stałym elementem jest ocena dynamiczna w celu wykluczenia zrostów pnia nerwowego z przylegającymi tkankami.

Material i metoda

Podstawowym celem pracy była ocena przydatności badania USG z zastosowaniem głowic wysokiej częstotliwości w kwalifikowaniu do leczenia operacyjnego albo zachowawczego pooperacyjnych neuropatii obwodowych.

Celami szczegółowymi były:

- ustalenie cech ultrasonograficznych neuropatii obwodowych pod kątem kwalifikacji do leczenia operacyjnego albo zachowawczego;
- określenie wartości diagnostycznej badania USG w ocenie pooperacyjnych neuropatii obwodowych w odniesieniu do weryfikacji klinicznej i operacyjnej oraz wyników badań czynnościowych.

Materiał pracy stanowiła grupa 71 osób w wieku 22–82 lata (średnia wieku 55,5 roku) kierowanych w latach 2009–2011 na badanie USG z klinicznym podejrzeniem pooperacyjnych neuropatii obwodowych.

Na potrzeby analizy pacjentów podzielono na trzy grupy:

1. pacjenci po leczeniu operacyjnym nerwu pośrodkowego (50 przypadków);
2. pacjenci po leczeniu operacyjnym nerwu łokciowego (11 przypadków);
3. pacjenci z neuropatiami pooperacyjnymi pozostałych nerwów obwodowych (10 przypadków).

Zbadano 21 mężczyzn, w wieku 22–80 lat (średnia wieku 47 lat), i 50 kobiet, w wieku 24–82 lata (średnia wieku 59 lat) (ryc. 1).

Other reasons for postoperative complications are iatrogenic disruption of the nerve trunk continuity (direct action of a scalpel), nerve entrapment under a bone plate and irritation by a protruding screw thread.

A surgical procedure for a **peripheral nerve tumor** depends on its type. In the case of *schwannoma*, a surgery consists in the separation of the tumor from adjacent nerve bundles in the least traumatic way possible. This is performed after opening the epineurium.

In the case of neurofibroma, the procedure is much more mutilating and associated with the removal of a fragment of the nerve trunk together with the tumor.

As for lipomas or fibromas of the nerve sheaths, they are removed without compromising the nerve structure (as in *schwannoma*).

In order to rule out adhesions between the nerve trunk and adjacent tissues, dynamic assessment is a permanent element of postoperative examinations.

Material and methods

The primary aim of this paper was to assess the relevance of high-frequency US examination in qualifying patients for either surgical or conservative treatment of postoperative peripheral neuropathies.

The specific objectives were:

- to specify ultrasound features of peripheral neuropathies in terms of their qualification for surgical or conservative treatment;
- to determine the diagnostic value of ultrasonography in the assessment of peripheral postoperative neuropathies with respect to clinical and surgical verification as well as results of functional examinations.

The material for the study consisted of 71 patients aged 22–82 (mean age 55.5) who in 2009–2011 were referred to ultrasound examinations due to a clinical suspicion of peripheral postoperative neuropathies.

For the purposes of the analysis, the patients were divided into three groups:

1. patients after surgical treatment involving the median nerve (50 cases);
2. patients after surgical treatment involving the ulnar nerve (11 cases);
3. patients with other peripheral postoperative neuropathies (10 cases).

The group included 21 males aged 22–80 (mean age 47) and 50 females aged 24–82 (mean age 59) (Fig. 1).

The patients were referred to a US examination by orthopedists, neurologists and physiotherapists. All patients

Pacjenci byli kierowani na USG przez ortopedów, neurologów oraz fizjoterapeutów. Wszyscy wyrazili pisemną zgodę na udział w badaniu. Badania wykonywano w dwóch krakowskich placówkach NZOZ – Intermed oraz TLK Med.

Badania USG wykonano aparatami Esaote MyLab 50 oraz MyLab 60 z zastosowaniem szerokopasmowych głowic liniowych o wysokich częstotliwościach: 6–18 MHz (głównie pasma 12–18 MHz).

Nerwy oceniano w skali szarości oraz w opcji dopplera mocy, w przekroju podłużnym i poprzecznym pod kątem:

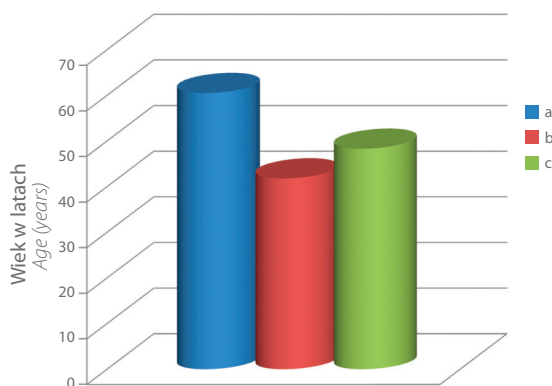
- lokalizacji, morfologii i stopnia zaawansowania neuropatii;
- ewentualnych wariantów anatomicznych pnia nerwu i patologii przylegających tkanek.

Ponadto:

- wykonywano badanie dynamiczne, obserwując ślizg pnia nerwowego względem przylegających tkanek w czasie maksymalnego zakresu ruchu sąsiadujących stawów;
- dokonywano pośredniej oceny nerwów ruchowych i czuciowo-ruchowych na podstawie obrazu unerwianych przez nie mięśni szkieletowych.

Obrazy USG analizowano w odniesieniu do objawów klinicznych (wszyscy badani) oraz wyników badania EMG (60 zbadanych w USG).

Analizy zebranego materiału dokonano za pomocą statystyki opisowej. Wyliczono średnie wartości pomiarów pól powierzchni oraz średnicy poszczególnych grup patologii nerwów. Oceniane w pracy poszczególne cechy ultrasonograficzne nerwów obwodowych, takie jak echostruktura, objaw wcięcia, przekrwienie oraz ciągłość więzadła poprzecznego, podzielono na podgrupy w celu ustalenia najczęstszych cech obrazu USG nerwów w analizowanych grupach neuropatii. Obliczono również częstość występowania zrostów pni nerwowych z przylegającymi tkankami, częstość występowania dolegliwości bólowych w czasie ucisku nerwu głowicą oraz częstość występowania niestabilności nerwu łokciowego oraz zagięcia kąтового pnia nerwu w badaniu dynamicznym. Analizowano zgodność wyników przeprowadzonych badań USG z badaniami EMG, badaniem klinicznym i weryfikacją operacyjną. Uzyskane wartości przedstawiono w formie rycin.



gave written consent to the participation in the study. The examinations were conducted in two health care facilities in Krakow: Intermed and TLK Med.

The US examinations were performed with Esaote MyLab 50 and MyLab 60 systems using high-frequency broadband linear transducers: 6–18 MHz (mainly of 12–18 MHz).

The nerves were evaluated in the gray-scale and in the power Doppler mode in longitudinal and transverse planes in terms of:

- localization, morphology and the grade of neuropathy;
- possible anatomic variants of the nerve trunk and pathologies of the adjacent tissues.

Furthermore:

- a dynamic examination was performed to observe the sliding of the nerve trunk in relation to the adjacent tissues in the maximal movement range of the nearest joints;
- the motor and sensory-motor nerves were assessed indirectly based on images of the skeletal muscles innervated by these nerves.

The US images were analyzed with clinical signs (all patients) and EMG results (60 patients) in mind.

The analyses of the collected material were performed by means of descriptive statistics. Mean values of cross-sectional areas and diameters for individual pathology groups were calculated. The ultrasound features of the peripheral nerves evaluated in the study, such as echostructure, notch sign, hyperemia and the continuity of the transverse ligament, were divided into subgroups to determine the most common features of a US image of the nerves analyzed in the individual neuropathy groups. Moreover, the frequency of adhesions between the nerve trunks and adjacent tissues, occurrence of pain upon compression with a transducer, instability of the ulnar nerve as well as angulation of the nerve trunk in a dynamic examination was calculated. The agreement of the US examinations with EMG tests, clinical examination and surgical verification was also checked. The values obtained were presented in the figures.

Ryc. 1. Wykres przedstawiający średni wiek w poszczególnych kategoriach neuropatii pooperacyjnych

Fig. 1. Mean age in individual categories of postoperative neuropathies

Artykuł stanowi trzecią część cyklu publikacji, przygotowanych na podstawie rozprawy doktorskiej autorki pt. *Ocena przydatności badania USG z zastosowaniem głowic wysokiej częstotliwości w diagnostyce neuropatii obwodowych* (promotor: prof. dr hab. n. med. Iwona Sudoł-Szopińska, obrona w dniu 04.11.2014 roku w Warszawie).

Wyniki

W analizowanej grupie pacjentów z objawami neuropatii obwodowych w badaniu USG rozpoznano 71 patologii nerwów obwodowych.

Analizowano następujące cechy ultrasonograficzne badań neuropatii nerwów:

- ciągłość pnia nerwu;
- echostruktura nerwów obwodowych;
- unaczynienie nerwów obwodowych;
- wyniki pomiarów;
- objaw wcięcia na przebiegu nerwu;
- ciągłość więzadła poprzecznego kanału nadgarstka.

Do badania wykorzystywano przyłożenie podłużne czoła głowicy na poziomie kanału nadgarstka. Za objaw patologiczny uznawano zachowanie ciągłości nawet pojedynczych włókien więzadła poprzecznego (ryc. 2 A, B).

- stabilność nerwu łokciowego na poziomie rowka nerwu na kości ramiennej;
- zrosty.

Wyjaśnienia co do znaczenia powyższych pojęć przedstawiono w artykule *Ocena przydatności badania USG z zastosowaniem głowic wysokiej częstotliwości w diagnostyce neuropatii uciskowych*⁽⁴⁾ oraz w artykule *Ocena przydatności badania USG z zastosowaniem głowic wysokiej częstotliwości w diagnostyce neuropatii pourazowych*⁽⁵⁾.

Na podstawie wyniku badania klinicznego i USG pacjentów kwalifikowano do leczenia operacyjnego bądź

The article is the third part of a series of publications prepared on the basis of the author's doctoral dissertation entitled: *Usefulness of ultrasonography with high-frequency transducers in the diagnosis of peripheral neuropathies* (supervised by: Prof. Iwona Sudoł-Szopińska, defended on November 4, 2014 in Warsaw).

Results

In the patients with symptoms of peripheral neuropathies, 71 pathologies were diagnosed in a US examination.

The following ultrasound features were analyzed:

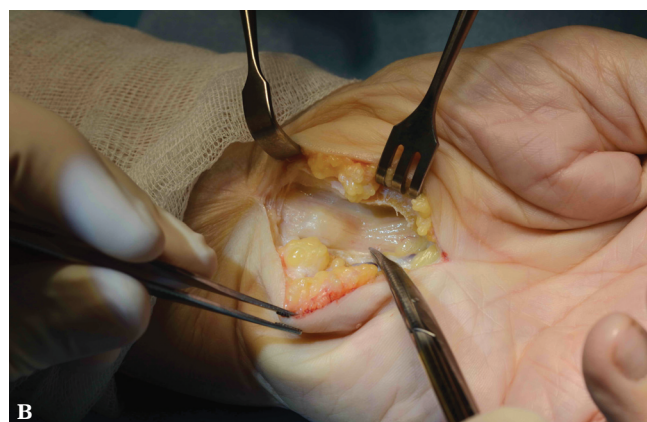
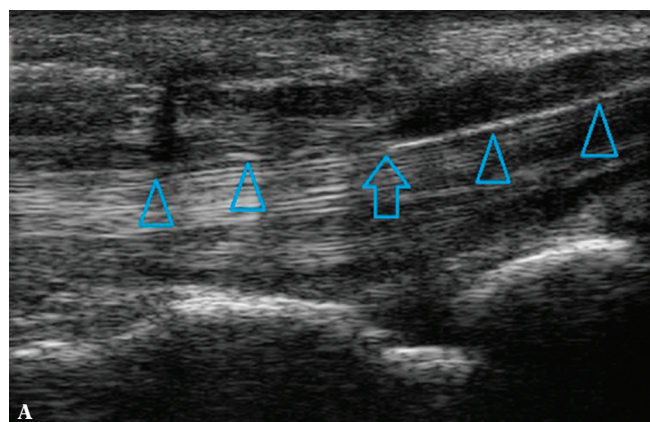
- nerve trunk continuity;
- echostructure of the peripheral nerves;
- vascularization of the peripheral nerves;
- measurement results;
- notch sign in the nerve;
- continuity of the transverse ligament in the carpal tunnel.

The examination involved longitudinal footprint application at the level of the carpal tunnel. The retained continuity of even single bands of the transverse ligament was considered a pathological sign (Fig. 2 A, B).

- stability of the ulnar nerve at the level of the humeral groove;
- adhesions.

The aforementioned terms were explained in the articles entitled: *Assessment of the utility of ultrasonography with high-frequency transducers in the diagnosis of entrapment neuropathies*⁽⁴⁾ and in *Assessment of the utility of ultrasonography with high-frequency transducers in the diagnosis of posttraumatic neuropathies*⁽⁵⁾.

Based on the clinical and US examinations, the patients were qualified for either surgical or conservative treatment. Fifty-one patients were operated, and 20 received conservative treatment.



Ryc. 2. Niekompletne przecięcie więzadła poprzecznego nadgarstka: **A.** obraz USG – miejsce ucisku (strzałka), nerw (groty strzałek); **B.** obraz śródoperacyjny

Fig. 2. Incomplete cutting of the transverse ligament: **A.** US image – area of compression (arrow), nerve (arrow heads); **B.** intraoperative image

zachowawczego. Zoperowano 51 pacjentów, zachowawczo leczono 20 osób.

Analizę przydatności badania USG w kwalifikowaniu do leczenia operacyjnego bądź zachowawczego neuropatii obwodowych przeprowadzono na podstawie porównania analizowanych elementów oceny USG nerwów z wynikiem badania klinicznego, EMG i weryfikacji śródoperacyjnej.

Ocena pooperacyjna pni nerwów obwodowych wymagała znajomości operowanych patologii oraz zastosowanej techniki operacyjnej.

Po zabiegach odbarczenia **zespołów uciskowych** w badaniu USG oceniano echostrukturę, ciągłość nerwa, ciągłość budowy pęczkowej, stopień unaczynienia pnia nerwu obwodowego, radykalność zabiegu oraz obecność zrostów z przylegającymi tkankami.

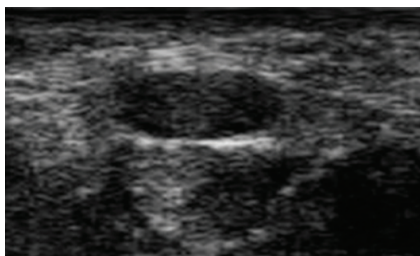
W przypadku wieloletnich zespołów uciskowych nie zawsze obserwowano powrót prawidłowej echostruktury pęczkowej nerwu, mimo poprawy klinicznej po przeprowadzonym zabiegu (ryc. 3).

Przekrwienie i obrzęk nerwu w niektórych przypadkach utrzymywały się przez wiele tygodni. We wczesnym okresie pooperacyjnym za patologię uznawano wszystkie przestrzenie płynowe w bezpośrednim sąsiedztwie nerwu oraz ziarninę zapalną.

Utrzymujący się efekt klepsydrowatego przewężenia nerwu (obserwowanego na przyłożeniu podłużnym) zawsze był traktowany jako zjawisko niekorzystne, świadczące o braku radykalności leczenia operacyjnego. Wynikało to z pozostawienia ciągłości części włókien jednej ze struktur włóknistych, powodujących przedoperacyjny ucisk na nerw (więzadła poprzecznego kanału nadgarstka, więzadła Osborne'a, więzadła Struthersa, pasma powięziowego uciskającego na PIN itd.).

W późnym okresie pooperacyjnym częstą przyczyną nawrotu dolegliwości były zrosty, ograniczające lub wręcz uniemożliwiające ślizg nerwu względem przylegających tkanek.

W ocenie pooperacyjnej zespołu rowka nerwu łokciowego uwzględniano technikę transpozycji nerwu na przednią powierzchnię kłykcia kości ramiennej (ryc. 4). W badaniu USG był on dobrze widoczny na granicy tkanki podskórnej i powięzi, na przednim obrysie nadkłykcia. Zwracano wówczas szczególną uwagę na potencjalne miejsce zgięcia proksymalnego odcinka transponowanego nerwu, na poziomie więzadła łukowatego względem odcinka leżącego



The analysis of the usefulness of ultrasonography in qualifying patients for either surgical or conservative treatment of peripheral neuropathies was based on the comparison of the elements of US nerve assessment with the result of the clinical examination, EMG test and intraoperative verification.

Postoperative nerve assessment requires knowledge of the pathologies operated and surgical techniques applied.

After decompression procedures in **entrapment syndromes**, the US examination involved the assessment of echostructure, epineurium continuity, bundle structure continuity, degree of peripheral nerve vascularization, radicality of the procedure and presence of adhesions between the adjacent tissues.

In the case of entrapment syndromes which had persisted for many years, the return of the correct bundle echostructure following the release procedure was not always observed despite clinical improvement (Fig. 3).

In certain cases, hyperemia and edema of the nerve persisted for many weeks. In an early postoperative period, any fluid collection in the direct surroundings of the nerve and inflammatory granulation were considered a pathology.

A persisting effect of an hourglass-like narrowing of the nerve (viewed with the transducer applied longitudinally) was always considered an unfavorable phenomenon and attested to the lack of the radicality of the procedure. This resulted from leaving a part of fibers or one of the fibrous structures that had caused preoperative compression (transverse ligament of the carpal tunnel, Osborne's ligament, Struthers' ligament, fascial band compressing the PIN etc.).

In a late postoperative period, a frequent reason of recurring symptoms were adhesions that reduced or even prevented nerve sliding against adjacent tissues.

In postoperative assessment of ulnar nerve entrapment, the technique of nerve transposition to the anterior surface of the condyle of the humerus was included (Fig. 4). During a US examination, the nerve was clearly visible on the border of the subcutaneous tissue and fascia, on the anterior outline of the epicondyle. Particular attention was then paid to the potential bending site of the proximal fragment of the transposed nerve at the level of the arcuate ligament in relation to the fragment located

Ryc. 3. Utrzymujące się zmiany degeneracyjne w nerwie pośrodkowym pomimo prawidłowo przeprowadzonego zabiegu operacyjnego

Fig. 3. Persistent degenerative changes in the median nerve despite correct surgical procedure

pomiędzy głowami FCU. Duży stopień zagięcia był przyczyną wtórnych zespołów neuropatycznych.

Po operacyjnym zaopatrzeniu **zmian pourazowych** o charakterze całkowitego uszkodzenia najważniejszy parametr oceny stanowiło odtworzenie ciągłości pnia nerwu. W przypadku szycia uszkodzonego nerwu „koniec do końca” widoczna była blizna jednopoziomowa (ryc. 5), zaś po użyciu przeszczepu czy neurotuby blizny były widoczne na dwóch poziomach (ryc. 6).

Prawidłowym obrazem pooperacyjnym było łagodne wrzecionowate poszerzenie obrysu pnia nerwu w miejscu jego szycia. W przypadku użycia głowic o wysokich częstotliwościach na wysokości zespolenia precyzyjnie uwidaczniano drobne hiperechogeniczne punkty, odpowiadające szwom mikrochirurgicznym. Nerwiak powstający w miejscu szycia powodował znaczne poszerzenie obrysów pnia nerwu, czasem nieregularne, oraz zaburzenie jego echostruktury (ryc. 7).

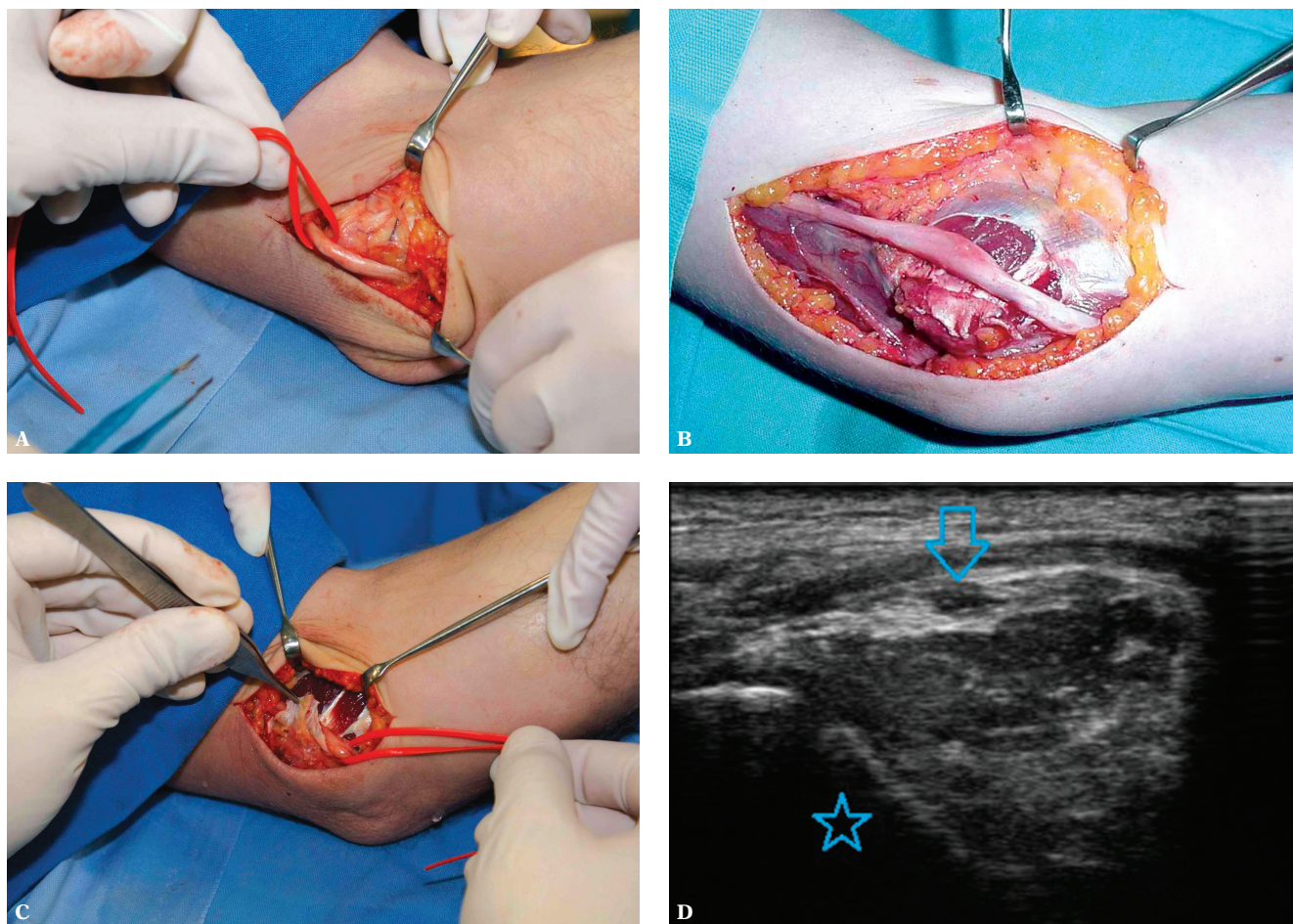
Nerwiak nie zawsze obejmował nerw na całym przekroju – czasem jedynie pojedyncze pęczki. W opcji dopplerowskiej wykazywał cechy wzmożonego unaczynienia.

between the heads of the flexor carpi ulnaris muscle. A large degree of bending caused secondary neuropathic syndromes.

Following surgical repair of **posttraumatic changes** – complete injury – the most important parameter was the restoration of the nerve trunk continuity. When the end-to-end technique had been used to suture the nerve, a one-level scar was visible (Fig. 5). When, however, a graft or neurotube had been used, scars were present at two levels (Fig. 6).

A slight spindle-like thickening of the nerve trunk outlines at the site of the sutures was a normal postoperative presentation. When high-frequency transducers were used, slight, hyperechoic points were clearly visible at the level of suturing. They corresponded to microsurgical sutures. A neuroma at the site of suturing caused considerable dilatation of the nerve trunk outlines, sometimes irregular, and disordered echostructure (Fig. 7).

Not always did it involve the entire section of the nerve; sometimes it affected only single bundles. It showed enhanced vascularization in the Doppler mode.



Ryc. 4. A., B., C. Technika transpozycji nerwu łokciowego oraz D. obraz ultrasonograficzny – nerw (strzałka) na przednim obrysie nadkłykcia (gwiazdka)

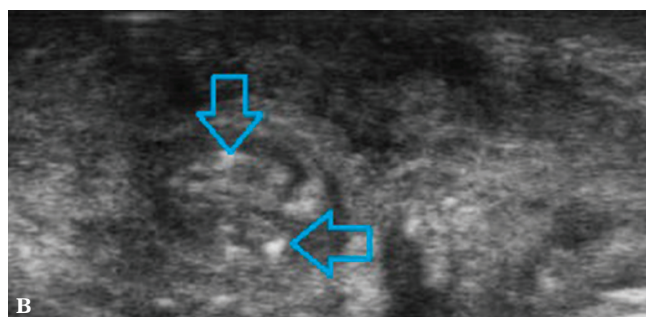
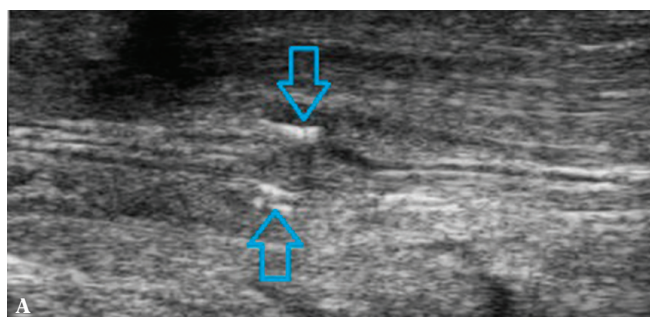
Fig. 4. A, B, C. Ulnar nerve transposition and D. an ultrasound image – nerve (arrow) on the anterior outline of the epicondyle (asterisk)

Stałym i istotnym elementem oceny pooperacyjnej było badanie dynamiczne, podczas którego w przekroju podłużnym obserwowano ślizg nerwu względem przylegających tkanek. O obecności zrostów świadczyło „zaciąganie” tkanek, a w skrajnym przypadku – „marszczenie” nerwu.

Po leczeniu operacyjnym **guzów i zmian guzopodobnych** nerwów obwodowych w badaniu USG oceniano przede wszystkim radykalność usunięcia zmiany i ewentualne uszkodzenia jatrogenne. Analizowano ciągłość nanerwia i onerwia, unaczynienie pnia nerwu na poziomie przeprowadzonego zabiegu oraz ślizg względem przylegających tkanek, jako wyraz braku zrostów.

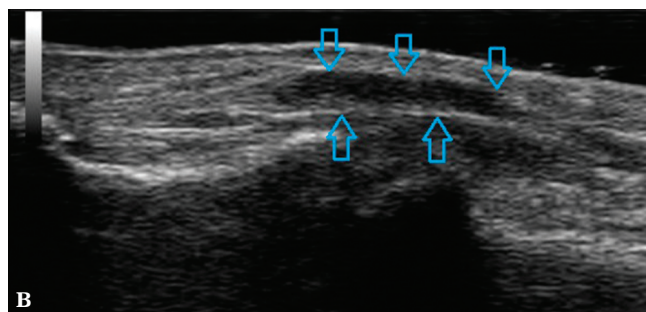
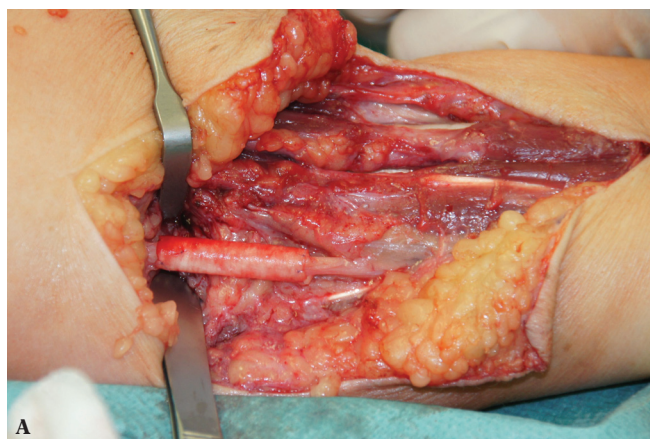
A permanent and significant element of postoperative assessment was a dynamic examination during which a slide of the nerve in relation to the adjacent tissues was observed in a longitudinal plane. So called “tightening” of the tissues or, in extreme cases, “wrinkling” of the nerve attested to the presence of adhesions.

Following surgical treatment of peripheral nerve **tumors and tumor-like lesions**, a US examination mainly involved the radicality of lesion removal and possible iatrogenic injury. The following were analyzed: continuity of the epineurium and perineurium, vascularization of the nerve at the site which was operated and nerve sliding in relation to the adjacent tissues as evidence of the absence of adhesions.



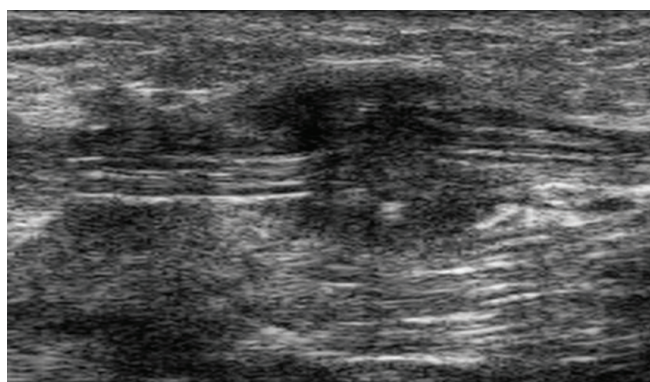
Ryc. 5. Prawidłowy obraz wygojonego miejsca zespolenia pnia nerwu obwodowego (strzałkami zaznaczono szwy): **A.** obraz przekroju podłużnego; **B.** obraz przekroju poprzecznego

Fig. 5. Normal image of the healed suturing site of a peripheral nerve (sutures are marked with arrows): **A.** longitudinal plane; **B.** transverse plane



Ryc. 6 A. Obraz śródoperacyjny neurotuby; **B.** obraz ultrasonograficzny (strzałki)

Fig. 6 A. Intraoperative image of a neurotube; **B.** ultrasound image (arrows)



Ryc. 7. Nerwiak powstały w miejscu szycia pnia nerwu obwodowego

Fig. 7. Neuroma at the suturing site of a peripheral nerve

Porównanie wyników badania EMG oraz USG

Badanie EMG przeprowadzono u 60 osób (90% w grupie 1, 80% w grupie 2 oraz 63,6% w grupie 3). U 55 wynik badania był zgodny z oceną ultrasonograficzną oraz obrazem śródoperacyjnym. U 5 pacjentów wynik badania EMG nie został potwierdzony ani w czasie badania USG ani śródoperacyjnie.

Omówienie wyników

Analizowaną grupę zmian nerwów obwodowych stanowiło 71 przypadków powikłań pooperacyjnych nerwów. Najczęściej oceniano powikłania po leczeniu operacyjnym CTS (50 pacjentów), pozostałe przypadki dotyczyły powikłań po operacji na nerwie łokciowym (11) oraz innych nerwach obwodowych (10).

Patologie pooperacyjne nerwu pośrodkowego (50 pacjentów)

Najczęstszymi przyczynami nawrotu bądź nieustąpienia dolegliwości po pierwotnym leczeniu operacyjnym CTS w badaniach własnych były niedoszczędne przecięcie troczka zginaczy (37 przypadków – 74%) lub zrosty z przylegającymi tkankami (29 przypadków – 58%). W obrazie USG dominowało zatarcie echostruktury nerwów (28 przypadków) lub jej zniesienie (19 przypadków). Przekrwienie obserwowano u 27 osób (54%), a objaw wcięcia u 22 osób (44%). EMG zostało wykonane u 45 pacjentów (90%) i potwierdziło rozpoznanie kliniczne w 43 przypadkach (95,56% spośród badanych tą metodą) (tab. 1). Zoperowano 38 z 50 pacjentów (76%), pozostali byli leczeni zachowawczo. USG na podstawie obrazu więzadła poprzecznego lub wyniku badania dynamicznego wskazującego na usidlenie nerwu w zrosty rozstrzygało o ewentualnej konieczności reoperacji.

Comparison of EMG and US findings

An EMG examination was conducted in 60 patients (90% in group 1, 80% in group 2 and 63.6% in group 3). In 55 patients, the result was consistent with ultrasound findings and intraoperative assessment. In 5 patients, the EMG result was not confirmed either in ultrasonography or intraoperatively.

Discussion

The group of analyzed peripheral nerve changes consisted of 71 cases of postoperative complications. Complications after surgical treatment of CTS were the most frequent (50 patients). The remaining complications followed surgeries involving the ulnar nerve (11) and other peripheral nerves (10).

Postoperative median nerve pathologies (50 patients)

The most common causes due to which the symptoms recurred or failed to subside following primary surgical treatment of CTS were incompletely cut flexor retinaculum (37 cases – 74%) or adhesions between the adjacent tissues (29 cases – 58%). Blurred nerve echostructure or its absence were the dominant features of the US image (28 and 19 cases, respectively). Hyperemia was observed in 27 patients (54%), and notch sign – in 22 patients (44%). EMG was conducted in 45 patients (90%) and confirmed the clinical diagnosis in 43 cases (95.56% of patients examined with this method) (Tab. 1). Thirty-eight of 50 patients (76%) were operated; the remaining patients received conservative treatment. The necessity of a repeated surgery was determined by an ultrasound examination based on the transverse ligament image or a result of a dynamic examination involving nerve entrapment in adhesions.

Parametr <i>Parameter</i>	Średnia <i>Mean</i>	Odch. stand. <i>SD</i>	Min. <i>Min.</i>	Me <i>Median</i>	Maks. <i>Max.</i>
Różnica pól powierzchni (mm²) <i>Difference in cross-sectional areas (mm²)</i>	7,6	3,8	1	7,5	19

Echostruktura: <i>Echostructure:</i> 0 – 2 (4%) 1 – 28 (56%) 2 – 1 (2%) 3 – 19 (38%)	Ciągłość więzadła: <i>Continuity of the ligament:</i> Tak – 37 (74%) Yes – 37 (74%) Nie – 13 (26%) No – 13 (26%)	Przekrwienie: <i>Hyperemia:</i> Tak – 27 (54%) Yes – 27 (54%) Nie – 23 (46%) No – 23 (46%)	Wcięcie: <i>Notch:</i> Tak – 32 (64%) Yes – 32 (64%) Nie – 18 (36%) No – 18 (36%)	Zrosty: <i>Adhesions:</i> Tak – 29 (58%) Yes – 29 (58%) Nie – 21 (42%) No – 21 (42%)	Weryfikacja EMG: <i>EMG verification:</i> 0 – 5 (10%) 1 – 43 (86%) 2 – 2 (48%)
--	--	--	---	--	---

Tab. 1. Częstość występowania poszczególnych analizowanych elementów ultrasonograficznych u pacjentów z objawami remisji CTS

Tab. 1. Frequency in which individual ultrasound elements occurred in patients with symptoms of CTS remission

Na problem niedoszczętnego przecięcia więzadła poprzecznego nadgarstka zwrócili uwagę również tureccy badacze⁽²⁾. Przeprowadzili eksperyment polegający na śródoperacyjnej kontroli ultrasonograficznej doszczętności przecięcia więzadła poprzecznego w czasie zabiegów prowadzonych metodą tzw. małego cięcia u 32 kobiet. U wszystkich pacjentów śródoperacyjna ocena USG potwierdziła doszczętność zabiegu.

The problem of incomplete sectioning of the transverse ligament was also noticed by Turkish authors⁽²⁾. They conducted an experiment that involved using ultrasonography to check the completeness of transverse ligament sectioning intraoperatively during procedures with so-called limited incisions in 32 women. The intraoperative assessment confirmed the radicality of the procedure in all patients.

Patologie pooperacyjne nerwu łokciowego (10 pacjentów)

Na podstawie wykonanych badań USG do ponownego zabiegu operacyjnego na nerwie łokciowym zakwalifikowano 7 spośród 10 osób kierowanych z klinicznym podejrzeniem nawrotu neuropatii. U 3 zastosowano leczenie zachowawcze i obserwację. Zaburzenie echostruktury i przekrwienie występowały aż u 80%. Badanie EMG wykonano u 8 osób – u 60% zbadanych potwierdzono rozpoznanie kliniczne i obraz ultrasonograficzny. Zrosty występowały u 60% pacjentów (tab. 2). U 5 wykonano proste uwolnienie nerwu, a u 2 transpozycję nerwu łokciowego.

Szczególny przypadek stanowił 32-letni pacjent, który doznał urazu wielonarządowego. Oprócz zabiegów ratujących życie wykonano „Z-plastykę” nerwu łokciowego, polegającą na wielokrotnym zdwojeniu pnia nerwu, który na skutek uszkodzenia w mechanizmie rozciągnięcia uległ wydłużeniu. Na podstawie badania USG, które potwierdziło rodzaj przeprowadzonego zabiegu, pacjenta zakwalifikowano do reoperacji – wycięcia fragmentu uszkodzonego nerwu, a następnie zeszczenia „koniec do końca” zdrowej tkanki nerwowej.

Postoperative ulnar nerve pathologies (10 patients)

Based on a US examination, 7 of 10 patients with clinically suspected recurrence of neuropathy were qualified to a repeated surgery involving the ulnar nerve. Three patients received conservative treatment and were monitored. Disordered echostructure and hyperemia were observed in 80% of cases. An EMG examination was performed in 8 patients – the clinical and ultrasound diagnosis was confirmed in 60% of patients. Adhesions were found in 60% of patients (Tab. 2). In 5 cases, simple nerve release was performed, and in 2 – ulnar nerve transposition was conducted.

A particular case was that of a 32-year-old male patient who sustained multiple internal injuries. Apart from life-saving procedures, ulnar nerve “Z-plasty” was conducted which consists in the multiple bending of the nerve trunk that had lengthened due to stretch injury. Based on a US examination, which confirmed the type of the procedure, the patient was qualified to a repeated surgery – removing a fragment of the damaged nerve and “end-to-end” suturing of normal nervous tissue.

Parametr <i>Parameter</i>	Średnia <i>Mean</i>	Odch. stand. <i>SD</i>	Min. <i>Min.</i>	Me <i>Median</i>	Maks. <i>Max.</i>
Pole powierzchni (mm²) <i>Cross-sectional area (mm²)</i>	18,0	8,5	7	18,5	33

Echostruktura: <i>Echostructure:</i> 0 – 2 (20%) 1 – 1 (10%) 2 – 4 (40%) 3 – 3 (30%)	Niestabilność: <i>Instability:</i> Tak – 1 (10%) Yes – 1 (10%) Nie – 8 (80%) No – 8 (80%) Nie dotyczy – 1 (10%) Not applicable – 1 (10%)	Przekrwienie: <i>Hyperemia:</i> Tak – 8 (80%) Yes – 8 (80%) Nie – 2 (20%) No – 2 (20%)	Zrosty: <i>Adhesions:</i> Tak – 6 (60%) Yes – 6 (60%) Nie – 4 (40%) No – 4 (40%)	Weryfikacja EMG: <i>EMG verification:</i> 0 – 2 (20%) 1 – 6 (60%) 2 – 2 (20%)
--	--	--	--	--

Tab. 2. Częstość występowania poszczególnych analizowanych elementów ultrasonograficznych u pacjentów z objawami remisji CubTS
Tab. 2. Frequency in which individual ultrasound elements occurred in patients with symptoms of CubTS remission

Zespoły pooperacyjne innych nerwów obwodowych (11 pacjentów)

W tej grupie pacjentów oceniono następujące neuropatie nerwów obwodowych: pośrodkowego, łokciowego, promieniowego, strzałkowego, drobnych nerwów skórnych okolicy blizny pooperacyjnej, nerwu międzykostnego tylnego.

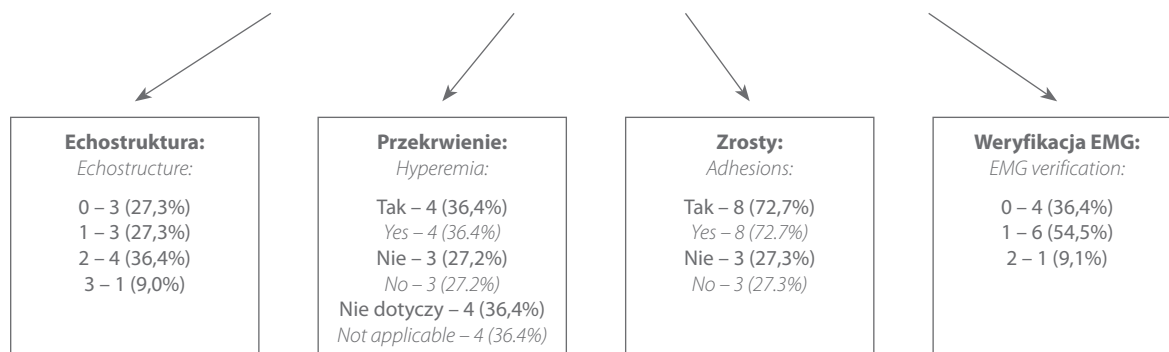
Pooperacyjne badanie USG jest wykonywane u pacjentów z utrzymującymi się dolegliwościami albo z ich nawrotem. Od diagnostyki badanie wymaga znajomości nie tylko obrazu USG nerwów, ale również technik operacyjnych, wnikliwie omówionych w jednej z amerykańskich pozycji książkowych⁽¹⁾. Cenna pod względem edukacyjnym jest także publikacja na temat obrazowania powikłań pooperacyjnych, opublikowana w 2001 roku, stanowiąca analizę 18 przypadków (weryfikowanych operacyjnie u 8 pacjentów i za pomocą biopsji diagnostycznych u 10)⁽⁶⁾. Wśród najczęstszych przyczyn uszkodzeń jatrogennych wymieniono przecięcie nerwu, jego trakcję, ciepło elektrokoagulacji. W pracy własnej dominowały konflikt z materiałem zespalającym (5 osób) oraz trakcja (3 osoby). Zwrócono również uwagę na powikłania jatrogenne niezależne od chirurga, wynikające z obecności krwiaka lub, w późniejszym okresie, usidlającej blizny. Autorzy podkreślili, iż pooperacyjne badanie USG nierzadko rozstrzyga o konieczności zabiegu rewizyjnego, zwłaszcza że pozostałe metody diagnostyczne, głównie EMG, są obciążone błędami. Wnioski te pokrywają się z obserwacjami własnymi – w grupie ocenionych w EMG pacjentów potwierdzenie śródoperacyjne uzyskano w 93% przypadków, podczas gdy obraz USG potwierdzono u wszystkich badanych. Blizny pooperacyjne usidlające nerwy autorzy stwierdzili jedynie u 7 osób (39%). W badaniach własnych ten odsetek powikłań był większy: zrosty nerwu z otaczającymi tkankami po odbarczeniu zespołu kanału nadgarstka stwierdzono aż

Postoperative pathologies of other nerves (11 patients)

The following peripheral neuropathies were assessed in this group: median, ulnar, radial, peroneal, of slight cutaneous nerves in the region of postoperative scars and of the posterior interosseous nerve.

A postoperative US examination is conducted in patients with persisting symptoms or with their recurrence. The examination requires knowledge of not only the US presentation of the nerve, but also surgical techniques, which are carefully discussed in one of American books⁽¹⁾. Moreover the publication on postoperative complication imaging in 18 patients (verified intraoperatively in 8 cases and with diagnostic biopsy in 10 cases) published in 2001 is also of educational value⁽⁶⁾. The most common causative factors of iatrogenic injuries were, according to the authors: nerve transection, its traction, and electrocoagulation heat. In the author's own paper, conflict with the suturing material (5 patients) and traction (3 patients) were the prevailing causes. Moreover, attention was also paid to iatrogenic injuries independent of the surgeon – resulting from the presence of a hematoma or a scar that forms later. The authors emphasized that a US examination is frequently a decisive tool in qualifying patients to revision procedures, particularly because the remaining diagnostic tools, mainly EMG, are not reliable. These conclusions are in line with the author's own observations; in the group of patients who underwent an EMG examination, the result was surgically confirmed in 93% of cases whereas a US image was confirmed in all the patients. Postoperative scars that encased the nerves were observed in merely 7 patients (39%) in the aforementioned publication. In this study, there were more

Parametr <i>Parameter</i>	Średnia <i>Mean</i>	Odch. stand. <i>SD</i>	Min. <i>Min.</i>	Me <i>Median</i>	Maks. <i>Max.</i>
Pole powierzchni (mm²) <i>Cross-sectional area (mm²)</i>	11,0	8,01	1,3	12	27



Tab. 3. Częstość występowania poszczególnych analizowanych elementów ultrasonograficznych u pacjentów z objawami remisji neuropatii obwodowych innych niż CTS oraz CubTS

Tab. 3. Frequency in which individual ultrasound elements occurred in patients with remission symptoms of peripheral neuropathies other than CTS or CubTS

w 58% przypadków, po zabiegach na nerwie łokciowym – u 60% zoperowanych osób, a na pozostałych nerwach – u 72,7% (tab. 3). Różnica danych może wynikać z techniki badania dynamicznego oraz profilu zabiegów (wykonywanych przez współpracujących z autorką chirurgów), którymi najczęściej są odbarczenia zespołów uciskowych oraz leczenie powikłań pooperacyjnych i pourazowych, a nie zabiegi ostrodyżurowe. Za główne kryterium patologii pooperacyjnej austriaccy badacze uznali pogrubienie obrysów nerwu. Kryterium to jednak negują inni autorzy⁽⁷⁾, jako niecharakterystyczne, występujące w wielu neuropatiach obwodowych, co jest zgodne z obserwacjami własnymi.

W 2003 roku Peer i wsp. przedstawili analizę 19 pacjentów po pierwotnej rekonstrukcji urazów nerwów obwodowych (10 nerwów pośrodkowych, 10 nerwów łokciowych, 5 nerwów palcowych oraz 1 nerw promieniowy)⁽⁸⁾. Autorzy oceniali w USG: poziom rekonstrukcji, ciągłość nnerwia, ciągłość onerwia, echostrukturę nerwu, jego stosunek do otaczających tkanek (zrosty), wielkość blizny nerwu (wielkość nerwiaka), obecność szwów. U 22 badanych osób uwidocznili nerwiaki, u 4 chorych blizny nerwu z sąsiadującymi tkankami, a u 11 zaburzenie echostruktury lub brak ciągłości nerwu w miejscu szycia. Technika badania oraz wnioski autorów pokrywają się z własnymi.

Do najczęściej uszkadzanych jatrogenie nerwów obwodowych należy nerw promieniowy. W pracy własnej przedstawiono przypadek 22-letniego mężczyzny po przebytym urazie wielonarządowym ze złamaniem trzonu kości ramiennej, zespolonym metodą śródszpikową. W badaniu USG stwierdzono całkowite, niezaopatrzone uszkodzenie nerwu promieniowego z wciągnięciem kikutów między odłamy. Drugim pacjentem był 27-letni mężczyzna ze złamaniem trzonu kości ramiennej zaopatrzonym płytą przykostną, u którego doszło do usidlenia nerwu promieniowego pod płytą. Grupa francuskich uczonych opisała 30 podobnych przypadków pacjentów z jatrogenymi uszkodzeniami nerwu promieniowego⁽⁹⁾.

Szczególnie ciekawy w materiale własnym był przypadek drażnienia nerwu pośrodkowego przez wystającą, długą śrubę po zespoleniu trzonu kości ramiennej. W dostępnej literaturze brak doniesień o tego typu sytuacjach. Obraz ultrasonograficzny został potwierdzony śródoperacyjnie.

U kolejnego analizowanego pacjenta doszło do przejściowego porażenia PIN po zabiegu zespolenia złamania kości promieniowej przy użyciu płyty przykostnej. Dzięki badaniu USG, które uwidocznilo nerw o zachowanej ciągłości w bezpośrednim sąsiedztwie płyty, bez cech jego usidlenia, odstąpiono od zabiegu rewizyjnego. Nerw w pełni odzyskał swoją funkcję, a mechanizmem uszkodzenia była najpewniej neuropraksja. Podobne przypadki opisywano w innych publikacjach^(8,9). W podobnym mechanizmie doszło do czasowego porażenia nerwu strzałkowego wspólnego prawego u 55-letniej pacjentki po alloplastyce stawu kolanowego. W wykonanym badaniu EMG stwierdzono ciężkie uszkodzenie tego nerwu. Pacjentka była czterokrotnie monitorowana ultrasonograficznie. Kolejne badania USG wykazywały stopniową redukcję obrzęku pnia

such complications: adhesions between the nerve and the surrounding tissues were observed in as many as 58% of cases following carpal tunnel release, 60% of patients following ulnar nerve surgery, and 72.7% of patients who underwent other procedures (Tab. 3). The difference may result from the technique of a dynamic examination and the profile of the procedures (conducted by surgeons that cooperated with the author) which usually were entrapped nerve release and treatment of postoperative and posttraumatic complications rather than emergency procedures. The Austrian authors claimed that the main criterion of postoperative pathology was nerve outline thickening. It is, however, questioned by other authors⁽⁷⁾ as non-specific and occurring in various neuropathies, which is consistent with the author's own observations.

In 2003, Peer *et al.* presented an analysis of 19 patients after primary repair of peripheral nerve injuries (10 median nerves, 10 ulnar nerves, 5 digital nerves and 1 radial nerve)⁽⁸⁾. The authors assessed the following during ultrasonography: the level of repair, continuity of the epineurium, continuity of the perineurium, nerve echostructure, its relation to the adjacent tissues (adhesions), size of nerve scar (neuroma) and the presence of sutures. In 22 patients, they visualized neuromas, in 4 – scars of the nerve and surrounding tissues, and in 11 – disordered echostructure or discontinuity of the nerve at the site of suturing. The authors' techniques of the examination and conclusions are consistent with those applied and obtained by the author of this study.

The most common iatrogenic injuries of peripheral nerves involve the radial nerve. In the author's own study, there was a case of a 22-year-old man after multiple organ trauma with humeral bone fracture fixed with intramedullary nailing. A US examination revealed a complete, unrepaired injury of the radial nerve with both stumps encased between the fragments of the fractured bone. The second patient was a 27-year-old man with fractured humerus fixed with a plate, in whom the radial nerve was entrapped under the plate. A team of French authors presented 30 similar cases of iatrogenic radial nerve injuries⁽⁹⁾.

A particularly interesting case in the author's own material was median nerve irritation by a long protruding screw after humerus fixation. There are no reports of such cases in the literature. The US image was confirmed intraoperatively.

In another patient, transient PIN palsy developed after radial bone fixation with the use of a bone plate. Thanks to ultrasonography, which visualized the nerve with unimpaired continuity in the direct vicinity of the plate with no signs of entrapment, revision surgery was not conducted. The nerve returned to its full function, and the injury mechanism was probably neuropraxia. Other reports present similar cases^(8,9). The same mechanism caused transient palsy of the right common peroneal nerve in a 55-year-old female patient after knee joint replacement. The EMG examination revealed severe injury to this nerve. The patient underwent four ultrasound examinations. Consecutive US scans showed a gradual

nerwu, wyrażającą się zmniejszaniem średnicy przekroju, powrotem rysunku pęczkowego oraz zmniejszeniem stopnia przekrwienia nerwu. Po 6 miesiącach stwierdzono całkowity powrót czucia powierzchownego i głębokiego oraz częściowy powrót siły mięśniowej. W dostępnej literaturze nie znaleziono doniesień na temat obrazu ultrasonograficznego podobnych powikłań. Zwraca się uwagę na rolę EMG oraz oczywiście na badanie kliniczne. Badanie USG dzięki zastosowaniu głowic o wysokiej częstotliwości pozwala określić stopień uszkodzenia strukturalnego nerwu (rozległość, procentowy zakres uszkodzonych pęczków) oraz obecność np. krwiaka, wymagającego ewakuacji.

Wnioski

Badanie USG z zastosowaniem głowic wysokiej częstotliwości jest cenną metodą w kwalifikowaniu do leczenia operacyjnego albo zachowawczego neuropatii obwodowych o charakterze pooperacyjnym.

1. Cechami ultrasonograficznymi uszkodzeń nerwów obwodowych, które w badaniach własnych okazały się najbardziej istotne pod kątem kwalifikacji do leczenia operacyjnego albo zachowawczego neuropatii, były:
 - średnica albo pole powierzchni przekroju poprzecznego nerwu w miejscu uwidocznionej patologii;
 - echostruktura nerwu, przekrwienie nerwu;
 - obecność zrostów albo niestabilności w dynamicznym badaniu USG;
 - nieprawidłowości sąsiadujących tkanek (m.in. mięśni, powierzchni kostnych, pochewek ścięgnistych);
 - dolegliwości bólowe prowokowane uciskiem nerwu głowicą.
2. W odniesieniu do weryfikacji klinicznej i operacyjnej zgodność z rozpoznaniem USG uzyskano we wszystkich przypadkach.

Konflikt interesów

Autorka nie zgłasza 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. Nerve repair and nerve grafts. In: MacKinnon SE, Dellon AL: Surgery of the Peripheral Nerve. Thieme Medical Publishers, New York 1988: 89–129.
2. Aydin K, Cokluk C, Pişkin A, Kocabağ E: Ultrasonographically checking the sectioning of the transverse carpal ligament during carpal tunnel surgery with limited uni skin incisions. Turk Neurosurg 2007; 17: 219–223.
3. Bianchi S, Martinoli C: Ultrasonografia układu mięśniowo-szkieletowego. Tom I. MediPage, Warszawa 2009: 97.
4. Kowalska B: Assessment of the utility of Ultrasonography with high-frequency transducers in the diagnosis of entrapment neuropathies. J Ultrason 2014; 14: 371–392.
5. Kowalska B: Assessment of the utility of ultrasonography with high-frequency transducers in the diagnosis of posttraumatic neuropathies. J Ultrason 2015; 15: 15–28.
6. Peer S, Bodner G, Meirer R, Willeit J, Piza-Katzer H: Examination of postoperative peripheral nerve lesions with high-resolution sonography. AJR Am J Roentgenol 2001; 177: 415–419.
7. Beekman R, Visser LH, Schoemaker MC: Examination of postoperative peripheral nerve lesions using high-resolution sonography. AJR Am J Roentgenol 2002; 178: 510–511.
8. Peer S, Harpf C, Willeit J, Piza-Katzer H, Bodner G: Sonographic evaluation of primary peripheral nerve repair. J Ultrasound Med 2003; 22: 1317–1322.
9. Cognet JM, Fabre T, Durandea A: [Persistent radial palsy after humeral diaphyseal fracture: cause, treatment, and results. 30 operated cases]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 2002; 88: 655–662.

reduction of nerve trunk edema, which was observed as decreasing cross-sectional diameter, return of the bundle presentation and reduced hyperemia. After 6 months, a complete return of superficial and deep sensation as well as a partial return of muscle strength were observed. The author has not found any reports concerning ultrasound presentation of similar complications. The attention is drawn to the role of EMG and, of course, to the clinical examination. Thanks to using high-frequency transducers, a US examination helps determine the grade of structural nerve damage (extent, percent of damaged fascicles) and the presence of e.g. a hematoma that needs evacuation.

Conclusions

High-frequency ultrasonography is a valuable modality in qualifying patients to surgical procedures or conservative treatment of postoperative peripheral neuropathies.

1. The ultrasound features of peripheral nerve injuries which in the author's own studies occurred to be the most relevant in terms of qualifying patients for surgical or conservative neuropathy treatment were:
 - diameter or cross-sectional area of the nerve at the site of the visualized pathology;
 - nerve echostructure, hyperemia;
 - presence of adhesions or instability in a dynamic US examination;
 - abnormalities of the adjacent tissues (including muscles, bone surfaces and tendon sheaths);
 - pain reaction to nerve compression with the transducer.
2. The results of the clinical and surgical verification were consistent with the ultrasound findings in all cases.

Conflict of interest

The author does 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.