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

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). 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 średni 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 wietrzałka 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 zagęcia kątowego pnia nerwu międzykożystnego 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.
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 odbarczaniu neuropatii uciskowych ocenie podlega nie tylko struktura nerwu, ale również radykalność zabiegu – należy zwracać uwagę na pozostawione nawet drobne pasma włókniste, które mogą powodować przetrawy ucisk na nerw, np. niecałkowicie przecięte wieniadlo poprzeczne kanału nadgarstka w CTS[2].

W przypadku ucisku na nerw łokciowy zabieg ma na celu usunięcie przyczyny neuropatii, a więc przecięcie wieniadło łukowatego, czy przecięcie włókien przegrody międzysienowej przyśrodkowej ramienia, bądź usunięcie patologicznej masy (mięśń łokciowo-nadbloczkowy, tłuszczak, naczyńnik). Dawniej bardzo popularną techniką po odbar- czaniu nerwu było przeniesienie pnia nerwu na przednią powierzchnię nadżyłki kości ramiennej. Obecnie odcho- dzi 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 podwieszaniu krzyżujących pień nerwu pęczków naczyńników.

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 neurora or adhesions between the adjacent tissues formed at the site of suturing.
Jako przyczynę powikłań pooperacyjnych pourazowych należy również rozpatrywać uszkodzenia jatrogennne (bezpośrednie działanie skalpela) naruszające ciągłość pnia nerwu, a także usilenie nerwu pod płytą przykostną 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 włókników pochewek nerwowych również wycina się je bez uszkadzania 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 szczegółowych 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 lokciowego (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 krajowskich 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 pomicarów pól powierzchni oraz średnicy poszczególnych grup patologii nerwów. Oceniane w pracy poszczególne cechy ultrasonograficzne nerwów obwodowych, takie jak echostruktura, objaw wcięcia, przekrwienie oraz ciągłość wąska poprzecznego, podzielono na podgropy 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 zagęszczenia kątowego 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.

Analizy zebrany materiału dokonano za pomocą statystyki opisowej. Wyliczono średnie wartości pomicarów pól powierzchni oraz średnicy poszczególnych grup patologii nerwów. Oceniane w pracy poszczególne cechy ultrasonograficzne nerwów obwodowych, takie jak echostruktura, objaw wcięcia, przekrwienie oraz ciągłość wąska poprzecznego, podzielono na podgropy 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 zagęszczenia kątowego 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.

Analizy zebrany materiału dokonano za pomocą statystyki opisowej. Wyliczono średnie wartości pomicarów pól powierzchni oraz średnicy poszczególnych grup patologii nerwów. Oceniane w pracy poszczególne cechy ultrasonograficzne nerwów obwodowych, takie jak echostruktura, objaw wcięcia, przekrwienie oraz ciągłość wąska poprzecznego, podzielono na podgropy 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 zagęszczenia kątowego 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.

The examinations were conducted in two health care facilities in Krakow: Intermed and TLK Med.

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 anatomical variants of the nerve trunk and pathologies of the adjacent structures.

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 ligation, 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
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 Sudol-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* and *Assessment of the utility of ultrasonography with high-frequency transducers in the diagnosis of posttraumatic neuropathies*.

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 śródrozowego

**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 bade-
niu USG oceniano echostrukturę, ciągłość nerwera, 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).

Przekrwię i obręcz nerwu w niektórych przypadkach utrzy-
ymywały się przez wiele tygodni. We wczesnym okresie poopera-
cyjnym 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 struk-
tur włóknistych, powodujących przedejśc powerful ucisk na nerw (wiązadła poprzecznego kanału nadgarstka, wiązadła Osborne’a, wiązadła Struthersa, pasma powięzowego uciskającego na PIN itd.).

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

W ocenie pooperacyjnej zespołu rowka nerwu lokciowego uwzględniano technikę transpozycji nerwu na przednią powierzchnię kłyka kości ramiennej (ryc. 4). W badaniu USG był on dobrze widoczny na granicy tkanki podskór-
nej i powięzi, na przednim obrysie nadkłyka. Zwracano wówczas szczególną uwagę na potencjalne miejsce zagę-
cia proksymalnego odcinka transponowanego nerwu, na poziomie wiązadła łukowatego względem odcinka leżącego

The analysis of the usefulness of ultrasonography in qualified 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, rationality 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 echo-
structure 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 rationality 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 recur-
ring symptoms were adhesions that reduced or even pre-
vented 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 pośrod-
kowym pomimo prawidłowo przeprowadzonego zabiegu operacyjnego

Fig. 3. Persistent degenerative changes in the median nerve despite correct surgical procedure
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 dilation 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.
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.
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 stanowio 71 przypadków powikłań pooperacyjnych nerwów. Najczęściej oceniano powikłania po leczeniu operacyjnym CTS (50 pacjentów), pozostałe przypadki dotyczyły powikłań po operacji na nerwie lóciowym (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 niedoszczętne 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) (tabl. 1). Zoperowano 38 z 50 pacjentów (76%), pozostali byli leczeni zachowawczo. USG na podstawie obrazu wąska poprzecznego lub wyniku badania dynamicznego wskazującego na usilenie nerwu w zrosty rozstrzygało o eventualnej 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).

| Parametr | Średnia | Odch. stand. | Min. | Me | Maks. |
|----------|---------|--------------|------|----|------|
| Różnica pól powierzchni (mm²) | 7,6 | 3,8 | 1 | 7,5 | 19 |

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 poprzecz- nego nadgarstka zwrócili uwagę również tureccy badacze 23. Przeprowadzili eksperyment polegający na śródrobyj- nej kontroli ultrasonograficznej doszczętności przecięcia więzadła poprzecznego w czasie zabiegów prowadzo- nych metodą tzw. małego cięcia u 32 kobiet. U wszyst- kich pacjentów śródrobyjna ocena USG potwierdziła doszczętność zabiegu.

**Patologie pooperacyjne nerwu łokciowego (10 pacjentów)**

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

Szczygólny przypadek stanowił 32-letni pacjent, który doznał urazu wielonarzędzowego. Oprócz zabiegów ratu- jących życie wykonano „Z-plastykę” nerwu łokciowego, polegającą na wielokrotnym zdwojeniu pnia nerwu, który na skutek uszkodzenia w mechanicznie rozciągającego uległ wydłużeniu. Na podstawie badania USG, które potwier- dziło rodzaj przeprowadzonego zabiegu, pacjenta zakwa- lifikowano do reoperacji – wycięcie fragmentu uszko- dzonego nerwu, a następnie zeszytanie „koniec do końca” zdrowej tkanki nerwowej.

**Postoperative ulnar nerve pathologies (10 patients)**

Based on a US examination, 7 of 10 patients with clini- cally suspected recurrence of neuropathy were qualified to a repeated surgery involving the ulnar nerve. Three patients received conservative treatment and were moni- tored. Disordered echostructure and hyperemia were observed in 80% of cases. An EMG examination was per- formed in 8 patients – the clinical and ultrasound diag- nosis 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 transposi- tion 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 – remov- ing a fragment of the damaged nerve and “end-to-end” suturing of normal nervous tissue.

| Parametr | Średnia | Odch. stand. | Min. | Me | Maks. |
|----------|---------|---------------|------|----|-------|
| Pole powierzchni (mm²) | 18,0 | 8,5 | 7 | 18,5 | 33 |

**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 skórnym okolicy blizny pooperacyjnej, nerwu międykostnego tylnego.

Pooperacyjne badanie USG jest wykonywane u pacjentów z utrzymującymi się dolegliwościami albo z ich nawrotem. Od diagnozy badanie wymaga znajomości nie tylko obrazu USG nerwów, ale również technik operacyjnych, wniosków 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 diagnostycznej u 10)[6]. Wśród najczęstszych przyczyn uszkodzeń jatrogennych wymieniono przede wszystkim trakcję, ciepło elektrokoagulacji. W pracy własnej dominowali 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, usiadającej blizny. Autorzy podkreślili, iż pooperacyjne badanie USG niezależnie rozstrzyga o konieczności zabiegu rewizyjnego, zwłaszcza że pozostałe metody diagnostyczne, szczególnie EMG, są obarczone błędami. Wniosek te pokrywają się z obserwacjami własnymi – w grupie ocenionych w EMG pacjentów potwierdzenie śródrobne uszkodzenie otrzymano w 93% przypadków, podczas gdy obraz USG potwierdzał uszkodzenia w wielu badanych. Blisty pooperacyjne usiadające nerwy autorzy stwierdzili jedynie u 7 osób (39%). W badaniach własnych ten odsetek powikłan był większy: zrosty nerwu z otaczającymi tkankami po odbarczeniu zespołu kanału nadgarstka stwierdzono aż

Postoperative pathologies of other nerves (11 patients)

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[6]. 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, conflicts 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 | Średnia | Odch. stand. | Min. | Me | Maks. |
|----------|---------|--------------|------|----|------|
| Pole powierzchni (mm²) | 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), którym najczęściej są odbarczenia zespołów uciskowych oraz leczenie powikłań pooperacyjnych i porazowych, a nie zabiegi ostrodyżurowe. Za główne kryterium patologii pooperacyjnej jest uznane pogrubienie obręczy nerwu. Kryterium to jednak negują inni autorzy(7), jako niecharakterystyczne, występujące w wielu neuropatii obwodowych, co jest zgodne z obserwacjami własnymi.

W 2003 roku Peer i wsp. przedstawili analizę 19 pacjentów po pierwszej rekonstrukcji urazów nerwów obwodowych (10 nerwów pośrodkowych, 10 nerwów łokciowych, 5 nerwów palcowych oraz 1 nerw promieniowy)⁹⁰. Autorzy oceniali w USG: poziom rekonstrukcji, ciągłość nanerwia, ciągłość neronia, echostruktury nerwu, jego stosunek do otaczających tkane (zrosty), wielkość błony nerwowej (wielkość nerwiaka), obecność szwów. U 22 badanych osób uświadomiono nerwia, u 4 chorych błony nerwowej z sąsiadującymi tkankami, a u 11 zaburzenia echostruktury lub brak ciągłości nerwu w miejscu szycia. Technika badania oraz wnioski autorów pokrywają się z własnymi.

Do najczęściej uszkadzanych jatrogennie nerwów obwodowych należy nerw promieniowy. W pracy własnej przedstawiono przypadek 22-letniego mężczyzny po przebytym urazie wielonarzędzowym ze złamaniami trzonu kości ramiennej, zespołowym metodą śródskórową. W badaniu USG stwierdzono całkowite, niezaopatrzone uszkodzenie nerwu promieniowego z wciągnięciem kikutów międzyodłamy. Drugim pacjentem był 27-letni mężczyzna ze złamaniami trzonu kości ramiennej zaopatrzoną płytą przykrycą, u którego doszło do usilenia nerwu promieniowego pod płytą. Grupa francuskich uczonych opisala 30 podobnych przypadków pacjentów z jatrogennymi uszkodzeniami nerwu promieniowego⁹⁰.

Szczególnie ciekawy w materiale własnym był przypadek drażnienia nerwu pośrodkowego przez wystającą, długą śrubę po zespołenie 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 zespołenia złamania kości promieniowej przy użyciu płyty przykryczej. Dzięki badanemu USG, które uwidoczniło nerw o zachowanej ciągłości w bezpośrednim sąsiedztwie płyty, bez cech jego usilenia, odstąpiono od zabiegu rewizyjnego. Nerw w pełni odzyskał swoją funkcję, a mechanizmem uszkodzenia była najprawdopodobniej neuropraksja. Podobne przypadki opisywano w innych publikacjach⁹⁴,⁹⁵. W podobnym mechanizmie doszło do czasowego porażenia nerwu strzałkowego wspólnego prawego u 55-letniej pacjentki po allopastyczne stawu kołanowego. W wykonanym badaniu EMG stwierdzono ciężkie uszkodzenie tego nerwu. Pacjentka była czterokrotnie monitorowana ultrasonograficznie. Kolejne badania USG wykazały stopniową redukcję obręczy 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 authors⁹⁷ 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)⁹⁸. The authors assessed the following during ultrasonography: the level of repair, continuity of the epineurium, continuity of the perineurium, nerve echo-structure, its relation to the adjacent tissues (adhesions), size of nerve scar (neuroma) and the presence of sutures. In 22 patients, they visualized neuromas, 4 – scars of the nerve and surrounding tissues, and 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 intramedul- lary nailing. A US examination revealed a complete, unpaired 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 injuries⁹⁹.

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 cases⁸⁹,⁹⁹. 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 zmniejszeniem średnicy przekroju, powrotem rysembłu tęczowego 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 ultrasonograficz- nego podobnych powikłań. Zwraca się uwagę na rolę EMG oraz oczywiście na badanie kliniczne. Badanie USG dzięki zastosowaniu głowic o wysokiej częstotliwości pozwala określać stopień uszkodzenia strukturalnego nerwu (rozległość, procentowy zakres uszkodzonych tęczówek) 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 tkanki (m.in. mięśni, powierzchni kostnych, pochewek ścignistych);
   - 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 wpływać 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. Aydın K, CokluK C, Pişkin A, Kocabıçak 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, MeditPage, 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 Ultrason Med 2003; 22: 1317–1322.
9. Cognet JM, Fabre T, Durandeau 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.

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.