

Submitted: 15.06.2014

Accepted: 28.11.2014

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

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

Berta Kowalska

*Private Specialist Practice Berta Kowalska, Cracow, Poland*

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

DOI: 10.15557/JoU.2014.0039

#### Słowa kluczowe

ultrasonografia, nerwy obwodowe, neuropatie, zespół cieśni nadgarstka, zespół cieśni kanału nerwu łokciowego

#### 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 uciskowym. Materiał pracy stanowiła grupa 55 osób w wieku 7–83 lata (średnia wieku 43,6 roku), w tym 28 mężczyzn i 27 kobiet, kierowanych w latach 2009–2011 na badanie ultrasonograficzne z klinicznym podejrzeniem neuropatii uciskowych, na potrzeby analizy podzielonych na cztery grupy: zespół kanału nadgarstka (1), zespół ucisku nerwu łokciowego (2) (ucisk na poziomie rowka nerwu łokciowego oraz ucisk na poziomie kanału Guyona), zespół ucisku nerwu międzykostnego tylnego (3), inne neuropatie uciskowe (4). Z analizowanej grupy wyłączono przypadki izolowanego idiopatycznego zespołu kanału nadgarstka. U wszystkich pacjentów przeprowadzono badanie podmiotowe, przedmiotowe oraz badanie ultrasonograficzne. Badania ultrasonograficzne przeprowadzono aparatami Esaote MyLab 50 oraz MyLab 60 z zastosowaniem szerokopasmowych głowic liniowych o wysokich częstotliwościach: 6–18 MHz. U 67% pacjentów (37 osób) wykonano badanie neurofizjologiczne. U wszystkich pacjentów oceniano echostrukturę nerwu i jego przekrwienie oraz określano pole powierzchni przekroju nerwu albo – w przypadku drobnych nerwów – średnicę. Dodatkowo w grupie 1 oceniano objaw wcięcia, w grupie 2 – niestabilność nerwu w dynamicznym badaniu ultrasonograficznym, w grupie 3 – zaginanie kątowe nerwu w dynamicznym badaniu ultrasonograficznym oraz tkliwość w czasie ucisku nerwu w miejscu uwidocznionej patologii. Analizy zebranego materiału dokonano za pomocą statystyki opisowej. W odniesieniu do weryfikacji klinicznej i operacyjnej zgodność z rozpoznaniem ultrasonograficznym osiągnięto w 96,4% przypadków. Uzyskane wyniki wskazują, że badanie ultrasonograficzne z zastosowaniem głowic wysokiej częstotliwości jest cenną metodą w kwalifikowaniu do rodzaju leczenia neuropatii obwodowych o charakterze uciskowym.

**Key words**

ultrasonography,  
peripheral nerves,  
neuropathies, carpal  
tunnel syndrome, ulnar  
nerve entrapment

**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 peripheral entrapment neuropathies. The study was conducted in a group of 55 patients aged 7–83 (mean age 43.6), including 28 males and 27 females, who in 2009–2011 were referred to an ultrasound examination due to a clinical suspicion of entrapment neuropathies. For the purposes of the analysis, the patients were divided into four groups: carpal tunnel syndrome (1), ulnar nerve entrapment (2) (cubital tunnel syndrome and Guyon's canal syndrome), posterior interosseous nerve syndrome (3) and other entrapment neuropathies (4). The cases of isolated idiopathic carpal tunnel syndrome were excluded from the analysis. All patients underwent the interview, physical examination and ultrasound examination. Ultrasound examinations were performed with Esaote MyLab 50 and MyLab 60 systems using high-frequency broadband linear transducers: 6–18 MHz. Sixty-seven percent of patients (37 persons) underwent a neurophysiological test. Nerve echostructure, its hyperemia as well as nerve cross-sectional area or, in the case of small nerves, diameter were assessed in all patients. Furthermore, the following were assessed in individual groups: notch sign in group 1, nerve instability in a dynamic ultrasound examination in group 2, nerve angulation in a dynamic ultrasound examination and tenderness on nerve compression at the site of the visualized pathology in group 3. 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 96.4%. The results indicate that high-frequency ultrasonography is a valuable method in qualifying patients for various types of treatment of peripheral neuropathies resulting from compression.

**Wstęp**

Pierwsze doniesienia na temat zastosowania ultrasonografii (USG) do oceny nerwów obwodowych pojawiły się w latach 90. i dotyczyły zespołu cieśni kanału nadgarstka, czyli neuropatii uciskowej nerwu pośrodkowego<sup>(1,2)</sup>. W ostatnim dziesięcioleciu, wraz z wprowadzeniem głowic ultradźwiękowych o wysokich częstotliwościach, badanie USG stało się integralnym elementem oceny pacjentów z podejrzeniem neuropatii obwodowych, stanowiąc uzupełnienie rutynowo wykonywanych badań diagnostycznych, tj. badania klinicznego i elektromiografii (EMG)<sup>(3–7)</sup>. Ze względu na możliwość oceny jedynie krótkich odcinków nerwów obwodowych, niższą rozdzielczość (w porównaniu z badaniem USG), ograniczoną dostępność, a także wysoką cenę rezonans wysokopopolowy rzadko znajduje zastosowanie w diagnostyce neuropatii obwodowych<sup>(8–11)</sup>. Wśród neuropatii obwodowych można wymienić: neuropatie uciskowe, pourazowe, guzy nerwów obwodowych oraz neuropatie pooperacyjne.

Neuropatie uciskowe są wynikiem przewlekłego ucisku na pień nerwu obwodowego, najczęściej przez pasma włókniste i więzadła na poziomie kanałów kostno-włóknistych, w których przebiega nerw. Przyczyną tej grupy neuropatii mogą być również guzy tkanek miękkich (tłuszczak, włókniak), zmiany naczyniowe (tętniak, warianty anatomiczne przebiegu naczyń) albo kostne, wyrośla. W wyniku ucisku dochodzi do zaburzeń ukrwienia i związanych z tym procesów o charakterze obrzęku, a później degeneracji tkanki nerwowej. Dalszą konsekwencją jest zaburzenie funkcji, a więc przewodzenia impulsów dystalnie od miejsca ucisku.

Celem badania USG było określenie poziomu i przyczyny ucisku oraz ocena obrazu pnia nerwowego na odcinku objętym patologią.

**Introduction**

The first reports on the application of ultrasonography in peripheral nerve assessment appeared in the 1990s and concerned carpal tunnel syndrome, i.e. compression of the median nerve<sup>(1,2)</sup>. In the past decade, following the introduction of high-frequency transducers, ultrasonography has become an integral element in assessing patients with suspected peripheral neuropathies thus complementing routine diagnostic tests, such as clinical examination and electromyography (EMG)<sup>(3–7)</sup>. Due to the possibility to assess only short fragments of peripheral nerves, lower resolution (compared to a US examination), limited availability and high cost, high-field magnetic resonance is rarely used<sup>(8–11)</sup>. Peripheral neuropathies include those resulting from entrapment, trauma, peripheral nerve tumors and surgeries.

Entrapment neuropathies result from chronic compression of a peripheral nerve trunk, usually by fibrous bands and ligaments at the level of osseous and fibrous canals where the nerve runs. Another cause of these neuropathies may be soft tissue tumors (lipoma or fibroma), vascular changes (aneurysm, anatomic variants) or osseous changes, bony spurs. Compression may cause perfusion disorders and edema-like processes, and subsequently lead to the degeneration of the nervous tissue. A later consequence is function impairment, i.e. disorder in impulse conduction distally to the compression site.

The aim of the US examinations was to determine the level and cause of compression and assess the nerve trunk image at the site of pathology.

Analiza dotyczyła najczęstszych neuropatii uciskowych, z pominięciem idiopatycznego zespołu cieśni kanału nadgarstka (*carpal tunnel syndrome*, CTS), szeroko omówionego w dostępnej literaturze.

Celami szczegółowymi były:

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

Artykuł stanowi pierwszą 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 4 listopada 2014 roku w Warszawie).

## Materiał i metoda

Materiał pracy stanowiła grupa 55 osób w wieku 7–83 lata (średnia wieku 43,6 roku) kierowanych w latach 2009–2011 na badanie USG z klinicznym podejrzeniem neuropatii obwodowych o charakterze uciskowym. W grupie tej było 28 mężczyzn i 27 kobiet. 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.

W badaniach USG wykorzystano aparaty Esaote MyLab 50 oraz MyLab 60 z zastosowaniem szerokopasmowych głowic liniowych o wysokich częstotliwościach: 6–18 MHz (głównie pasma 12–18 MHz).

Obrazy USG analizowano w odniesieniu do objawów klinicznych (wszyscy badani) oraz wyników badania EMG (37 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 oraz przekrwienie, podzielono na podgrupy w celu ustalenia najczęstszych cech obrazu USG nerwów w analizowanych grupach neuropatii. Obliczono również częstość występowania dolegliwości bólowych w czasie ucisku nerwu głowicą oraz częstość występowania niestabilności nerwu łokciowego oraz zagięcia kątowego pnia nerwu międzykostnego tylnego w badaniu dynamicznym. Analizowano zgodność wyników przeprowadzonych badań USG z badaniami EMG, badaniem klinicznym i weryfikacją operacyjną. Uzyskane wartości przedstawiono w formie rycin.

The analysis was based on the most common entrapment neuropathies excluding idiopathic carpal tunnel syndrome (CTS), which is extensively discussed in the literature.

Specific objectives were:

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

The article is the first 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 MD, PhD, defended on November 4, 2014 in Warsaw).

## Material and methods

The study was conducted in a group of 55 patients aged 7–83 (mean age 43.6) who in 2009–2011 were referred to ultrasound examinations due to a clinical suspicion of peripheral entrapment neuropathies. The group consisted of 28 females and 27 males. Patients were referred to a US examination by orthopedists, neurologists and physiotherapists. All patients gave a written consent to the participation in the study. The examinations were conducted in two health care facilities in Cracow: 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 US images were analyzed with respect to clinical signs (all patients) and EMG results (37 patients).

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 and hyperemia, were divided into subgroups to determine the most common features of a US image of the nerves analyzed in the individual groups. Moreover, the frequency of 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 consistency of the US examinations with EMG tests, clinical examination and surgical verification was also checked. The values obtained were presented in the figures.

## Wyniki

W analizowanej grupie pacjentów z objawami neuropatii uciskowych w badaniu USG rozpoznano 55 patologii nerwów obwodowych, które podzielono na cztery grupy:

1. zespół kanału nadgarstka (*carpal tunnel syndrome*, CTS) – 19 osób;
2. zespół ucisku nerwu łokciowego (ucisk na poziomie rowka nerwu łokciowego – *cubital tunnel syndrome*, CubTS – oraz ucisk na poziomie kanału Guyona) – 19 osób;
3. zespół ucisku nerwu międzykostnego tylnego – 11 osób;
4. inne neuropatie uciskowe – 6 osób.

W przypadku neuropatii uciskowych CTS z analizowanej grupy wyłączono przypadki izolowanego idiopatycznego CTS, któremu poświęcono w literaturze wiele publikacji<sup>(1,4,12–26)</sup>. Analizie poddano rzadkie przypadki CTS wywołane złamaniem kości przedramienia (3 pacjentów), przypadek obustronnego CTS u 7-letniego chłopca, przypadek ostrego zespołu obustronnych objawów CTS oraz CTS wywołany zakrzepem przetrwałej tętnicy pośrodkowej. W badaniu uwzględniono również przypadki CTS towarzyszące innym patologiom, które zostały zoperowane jednocześnie (12 pacjentów).

Średnia wieku pacjentów w poszczególnych typach neuropatii wynosiła: w grupie 1 (CTS) – 49 lat, 2 (CubTS) – 39,4 roku, 3 (neuropatia uciskowa PIN) – 37,5 roku, 4 (pozostałe neuropatie uciskowe) – 51 lat (ryc. 1).

## Analizowane cechy ultrasonograficzne badanych neuropatii nerwów

### 1. Echostruktura nerwów obwodowych

Dla potrzeb analizy wyników badania nerwy zmienione patologicznie podzielono pod względem echostruktury na cztery grupy:

- nerwy o prawidłowej echostrukturze, tzn. z zachowanym rysunkiem pęczkowym, w tym z widoczną warstwą onerwia poszczególnych pęczków oraz nanerwia pnia nerwu obwodowego (ryc. 2 A, B);
- nerwy o zaburzonej (zatartej) echostrukturze, tj. z widocznymi pęczkami, ale o zatartym zarysie onerwia (ryc. 3 A, B);
- nerwy o częściowo zniesionej echostrukturze – obok prawidłowego rysunku pęczkowego widoczna była tkanka patologiczna (ryc. 4 A, B);
- nerwy o całkowicie zniesionej echostrukturze pęczkowej – w grupie znalazły się zaawansowane, długo trwające neuropatie uciskowe (ryc. 5 A, B).

### 2. Unaczynienie nerwów obwodowych

Prawidłowe nerwy nie wykazywały cech obecności unaczynienia w badaniu dopplerem mocy. Obecność unaczynienia traktowano jako czuły wskaźnik neuropatii. Naczynia były widoczne w obrębie onerwia lub w obrębie nanerwia (ryc. 6).

## Results

In the patients with symptoms of entrapment neuropathies, 55 pathologies were diagnosed in a US examination, which were then divided into four groups:

1. carpal tunnel syndrome (CTS) – 19 patients;
2. ulnar nerve entrapment (cubital tunnel syndrome – CubTS and Guyon's canal syndrome) – 19 patients;
3. posterior interosseous nerve syndrome – 11 patients;
4. other entrapment neuropathies – 6 patients.

The cases of isolated idiopathic CTS were excluded from analysis due to the fact that there are numerous papers devoted to this type of neuropathy<sup>(1,4,12–26)</sup>. Only rare cases of CTS were included, such as CTS caused by a fracture of a forearm bone (3 patients), a case of bilateral CTS in a 7-year-old boy, a case of acute bilateral CTS symptoms and CTS caused by a thrombus in the persistent median artery. Moreover, the study also included the cases of CTS that accompanied other pathologies which were operated simultaneously (12 patients).

The mean age of patients in the groups was: 49 in Group 1 (CTS), 39.4 in Group 2 (CubTS), 37.5 in Group 3 (posterior interosseous nerve syndrome) and 51 in Group 4 (other entrapment neuropathies) (fig. 1).

## Analyzed ultrasound features of the investigated neuropathies

### 1. Echostructure of the peripheral nerves

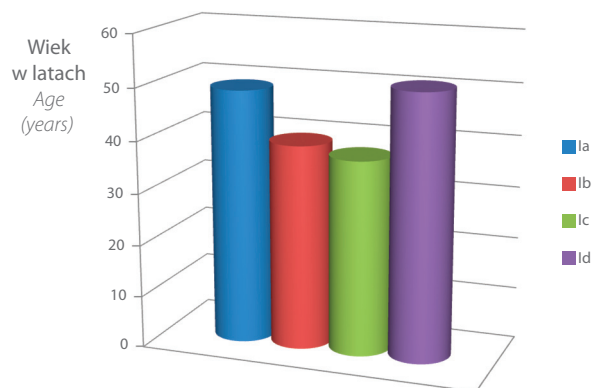
For the purposes of the analysis, the pathologically altered nerves were divided into four groups in terms of their echostructure:

- nerves with normal echostructure, i.e. with retained bundle structure, visible perineurium layer of individual bundles and epineurium of the nerve trunk (fig. 2 A, B);
- nerves with disordered (blurred) echostructure, i.e. with visible bundles but blurred perineurium outline (fig. 3 A, B);
- nerves with partially absent echostructure – next to normal bundle structure, pathological tissue is visible (fig. 4 A, B);
- nerves with completely absent bundle echostructure – advanced, long-lasting entrapment neuropathies (fig. 5 A, B).

### 2. Vascularization of the peripheral nerves

Normal nerves showed no signs of vascularization in a power Doppler examination. The presence of vessels was considered a sensitive indicator of neuropathy. Blood vessels were visible within the perineurium or epineurium (fig. 6).





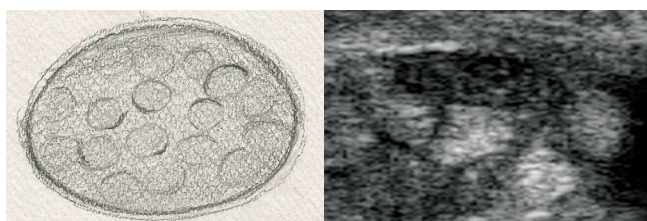
**Ryc. 1.** Średni wiek w poszczególnych kategoriach neuropatii uciskowych

**Fig. 1.** Mean age in individual categories of entrapment neuropathies



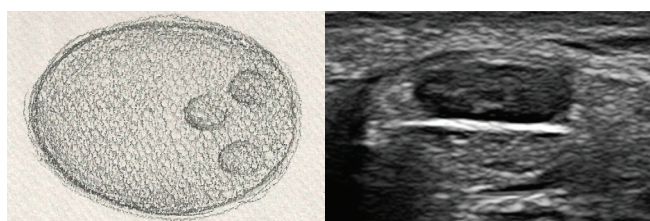
**Ryc. 2 A, B.** Przekrój poprzeczny nerwu obwodowego o prawidłowej echostrukturze: **A.** schemat; **B.** obraz USG

**Fig. 2 A, B.** Cross-section of a peripheral nerve with normal echostructure: **A.** diagram; **B.** US image



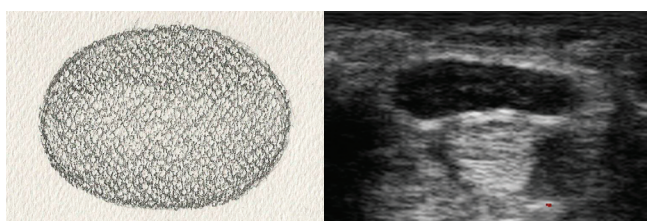
**Ryc. 3 A, B.** Przekrój poprzeczny nerwu obwodowego o zatartej echostrukturze: **A.** schemat; **B.** obraz USG

**Fig. 3 A, B.** Cross-section of a peripheral nerve with blurred echostructure: **A.** diagram; **B.** US image



**Ryc. 4 A, B.** Przekrój poprzeczny nerwu obwodowego o częściowo zniesionej echostrukturze: **A.** schemat; **B.** obraz USG

**Fig. 4 A, B.** Cross-section of a peripheral nerve with partially absent echostructure: **A.** diagram; **B.** US image



**Ryc. 5 A, B.** Przekrój poprzeczny nerwu obwodowego o całkowicie zniesionej echostrukturze: **A.** schemat; **B.** obraz USG

**Fig. 5 A, B.** Cross-section of a peripheral nerve with completely absent echostructure: **A.** diagram; **B.** US image

### 3. Pomiary

W przypadku dużych pni nerwowych mierzono pole powierzchni ich przekroju poprzecznego, wykorzystując metodę obrysu ręcznego. W badaniach małych nerwów mierzono średnicę przekroju poprzecznego. W związku z ryzykiem błędów wynikających z drżenia ręki dokonywano trzech pomiarów i wyznaczano średnią wartość. Linie pomiarów każdorazowo prowadzono na poziomie warstwy nanerwia.

### 4. Objaw wcięcia na przebiegu nerwu

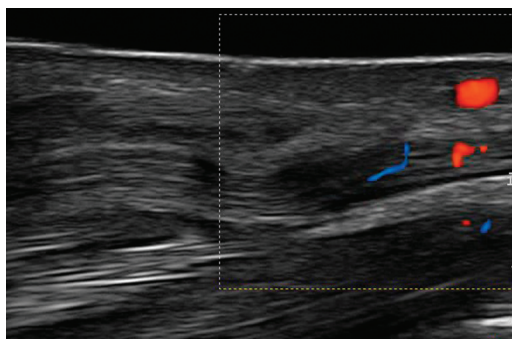
Obecność klepsydrowatego przewężenia na przebiegu pnia nerwowego stwierdzano u niektórych pacjentów z grup 1, 2, 3. Objaw ten był widoczny na przyłożeniu podłużnym czoła głowicy i występował, gdy dochodziło do modelowania pnia nerwu przez poprzecznie w stosunku do niego przebiegającą strukturę włóknistą, tj. więzadło poprzeczne

### 3. Measurements

In large nerve trunks, the cross-sectional area was measured with the use of the manual contour tracing method. When examining small nerves, the diameters of their cross-sections were measured. Due to the risk of errors resulting from trembling hands, three measurements were taken and the mean value was determined. The measurement lines were each time drawn at the level of the epineurium.

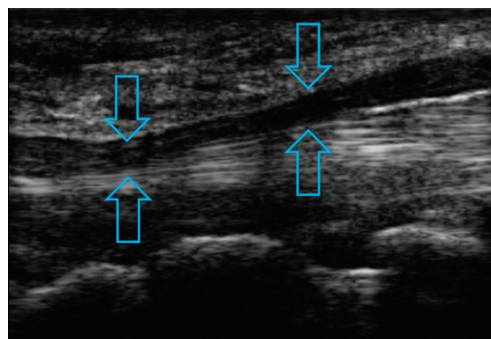
### 4. Notch sign in the nerve

The presence of an hourglass-like narrowing in the nerve trunk was seen in certain patients from Group 1, 2 and 3. This sign was visible when the transducer's footprint was applied longitudinally and when the nerve trunk was modelled by a fibrous structure running transversely to the nerve, i.e. transverse carpal ligament (fig. 7), arcuate



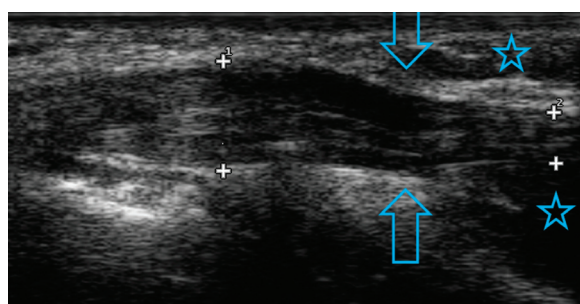
**Ryc. 6.** Obraz ultrasonograficzny nerwu pośrodkowego z cechami przekrwienia

**Fig. 6.** Ultrasound image of the median nerve with hyperemia



**Ryc. 7.** Objaw wcięcia na przebiegu nerwu pośrodkowego (strzałki) na poziomie więzadła poprzecznego kanału nadgarstka

**Fig. 7.** Notch sign in the median nerve (arrows) at the level of the transverse carpal ligament



**Ryc. 8.** Objaw wcięcia na przebiegu nerwu łokciowego (strzałki); części ramienna i łokciowa zginacza łokciowego nadgarstka (gwiazdki)

**Fig. 8.** Notch sign in the ulnar nerve (arrows); humeral and cubital aspects of the flexor carpi ulnaris (asterisks)



**Ryc. 9.** Objaw wcięcia na przebiegu nerwu międzykostnego tylnego (strzałka)

**Fig. 9.** Notch sign in the posterior interosseous nerve (arrow)

kanalu nadgarstka (ryc. 7), więzadło łukowate na poziomie wejścia nerwu łokciowego pomiędzy głowy zginacza łokciowego nadgarstka (ryc. 8) albo arkadę Frohsego (ryc. 9).

### 5. Tkliwość palpacyjna

W analizowanych grupach 3 i 4 po uwidocznieniu patologii wykonywano ucisk głowicą na zmieniony odcinek nerwu, obserwując, czy wywołuje on ból lub parestezje.

W wielu przypadkach miejsca te korespondowały z punktami wykorzystywanymi przez klinicystów w diagnostyce neuropatii, analogicznie jak w teście Tinel.

### 6. Stabilność nerwu łokciowego na poziomie rowka nerwu na kości ramiennej

W czasie badania dynamicznego, polegającego na zginaniu i prostowaniu ręki w stawie łokciowym, obserwowano, czy nerw łokciowy jest stabilny i pozostaje w rowku, czy też wykazuje cechy niestabilności, ulegając przemieszczaniu na przednią powierzchnię nadkłykcia przyśrodkowego kości ramiennej (zwichnięcie nerwu) albo nie dalej niż na szczyt nadkłykcia (podwichanie). Obie te sytuacje traktowano jako wyraz niestabilności. Do badania wykorzystywano przyłożenie podłużne czoła głowicy na poziomie bruzdy nerwu łokciowego.

ligament at the level where the ulnar nerve enters between the heads of the flexor carpi ulnaris (fig. 8) or the arcade of Frohse (fig. 9).

### 5. Tenderness on palpation

When pathologies have been visualized in Groups 3 and 4, a compression with a transducer was applied to the altered nerve segment to see whether it provoked pain or paresthesia.

In multiple cases, these sites were consistent with the points used by clinicians in neuropathy diagnosis, analogously to the Tinel sign.

### 6. Stability of the ulnar nerve at the level of the humeral groove

During a dynamic examination, which consisted in flexion and extension of the arm at the elbow joint, it was observed whether the ulnar nerve was stable and remained in the groove, or whether it manifested features of instability by e.g. dislocation to the anterior surface of the medial epicondyle of the humerus (nerve dislocation) or no further than to the apex of the epicondyle (subluxation). Both these conditions were treated as a manifestation of instability. The examination involved transverse footprint application at the level of the ulnar nerve groove.

Na podstawie wyniku badania klinicznego i USG pacjentów kwalifikowano do leczenia operacyjnego bądź zachowawczego. Zoperowano 52 chorych, zachowawczo leczono 3 osoby.

W przypadku przewlekłych neuropatii uciskowych w badaniu USG najczęściej obserwowano obrzęk i przekrwienie nerwu proksymalnie od miejsca kompresji. Na przekroju podłużnym nerw ulegał klepsydrowatemu przewężeniu, natomiast na przekroju poprzecznym, w badaniu tzw. techniką windy, stwierdzano odcinkową zmianę kształtu nerwu z owalnego na okrągły oraz korespondujące z tym miejscem obniżenie echogeniczności i zatarcie echostruktury pęczkowej, świadczące o obrzęku. Tkanki sąsiadujące z nerwem były oceniane pod kątem ewentualnych patologii oddziałujących na nerw poprzez „efekt masy”, takich jak wewnątrzstawowy wysięk, łagodne zmiany rozrostowe czy wyrośla kostne (osteofitoza). W sytuacjach wątpliwych dokonywano oceny porównawczej z nerwem w kończynie przeciwnej, pod warunkiem braku patologii w okolicy referencyjnej. Pośrednią informację o stanie nerwu uzyskiwano także na podstawie obrazu unerwianych przez niego mięśni.

## Porównanie wyników badania EMG oraz USG

U 67% pacjentów wykonano badanie EMG. Najwięcej badań przeprowadzono w grupie 2 (100%), najmniej w grupie 3 – przewlekłych neuropatii uciskowych PIN (36,36%) oraz w grupie 4 – przewlekłych neuropatii uciskowych (16,6%).

Mała liczba badań nerwu międzykostnego tylnego oraz przedniego wynikała z trudności technicznych oraz z dużej liczby wyników fałszywie ujemnych w badaniu zmian o niewielkim stopniu zaawansowania. RSNR nie była oceniana w badaniu EMG ze względu na jednoznaczną ocenę kliniczną tej neuropatii (nerw jest czysto czuciowy i dla chirurgów diagnostyczne były badanie kliniczne oraz USG).

Badanie EMG w 20% przypadków (11 osób) nie potwierdziło cech neuropatii stwierdzonych w USG. Największą liczbę pomyłek EMG notowano w grupie CubTS (27,27%).

## Omówienie wyników

Neuropatie uciskowe nerwów obwodowych stanowią liczną grupę patologii z pogranicza neurologii oraz ortopedii i traumatologii narządu ruchu. Pacjenci z tymi schorzeniami zgłaszają się również do gabinetów rehabilitacyjnych. Przez wiele lat podstawową metodą diagnostyczną neuropatii obwodowych o charakterze uciskowym była ocena kliniczna. W latach 40. ubiegłego wieku diagnostykę patologii nerwów obwodowych poszerzono o czynnościowe badanie elektromiograficzne<sup>(27–29)</sup>. Od lat 90. obserwuje się coraz większą popularność ultrasonografii w diagnostyce neuropatii obwodowych – badanie to w ostatnim dziesięcioleciu stało się wiodącą metodą rozpoznawania i monitorowania leczenia tych patologii.

Based on clinical and US examinations, patients were qualified for either surgical or conservative treatment. Fifty-two patients were operated on, and 3 received conservative treatment.

In the case of chronic entrapment neuropathies, US images usually revealed edema and hyperemia of the nerve proximally to the compression site. In the longitudinal view, an hourglass-like narrowing of the nerve was observed, and in the transverse view, in a so-called “lift technique,” a segmental change of shape was observed – from oval to round, loss of echogenicity corresponding to this site and blurred bundle structure, which attested to the presence of edema. The tissues adjacent to the nerve were assessed in terms of possible pathologies that affected the nerve by so-called “mass effect,” e.g. joint effusion, benign proliferative lesions or bony spurs (osteophytes). In situations of doubt, a contralateral extremity was scanned for comparison provided that there were no pathologies in the reference area. Certain indirect information on the condition of the nerve was also obtained by scanning the muscles innervated by this nerve.

## Comparison of EMG and US findings

Sixty-seven percent of patients underwent an EMG examination. The greatest number of such tests was conducted in Group 2 (100%), and the lowest number – in Group 3 (chronic posterior interosseous nerve entrapment, 36.36%) and in Group 4 (chronic entrapment neuropathies, 16.6%).

A small number of examinations of the posterior and anterior interosseous nerves was a result of technical difficulties and a large number of false negative results in assessing less advanced changes. The RSNR was not assessed in the EMG test due to a too unambiguous clinical assessment (the nerve is purely sensory, and clinical and US examinations were diagnostic for the surgeon).

The EMG examination did not confirm the features of neuropathy detected in ultrasonography in 20% of cases (11 patients). The greatest number of errors in EMG was noted in the CubTS group (27.27%).

## Discussion

Entrapment neuropathies of the peripheral nerves are a numerous group of pathologies bordering neurology, orthopedics and traumatology. Patients with such conditions also report to rehabilitation clinics. For many years, the clinical assessment was the basis for diagnosing entrapment neuropathies of the peripheral nerves. In the 1940s, the diagnosis of peripheral nerve pathologies was expanded to include functional electromyographic tests<sup>(27–29)</sup>. Since the 1990s, ultrasonography has been gaining popularity. In the past decade, this examination has become the leading method for diagnosis of these pathologies and monitoring of their treatment.



W badaniach własnych nerw pośrodkowy w przebiegu CTS wykazywał następujące cechy ultrasonograficzne (tab. 1):

### Zespół kanału nadgarstka (19 pacjentów)

- średnia wartość pola powierzchni nerwu CSAc – 13,7 mm<sup>2</sup>, CSAp – 8,6 mm<sup>2</sup>

U 14 osób z tej grupy wykonano badanie EMG, które korelowało z wynikiem badania USG jedynie u 11 pacjentów, co stanowi 57,9%. U 3 osób wynik badania EMG nie wykazał odchylenia od normy, przy obecnych zmianach w ocenie ultrasonograficznej, potwierdzonych śródoperacyjnie. U 5 osób nie przeprowadzono badania neurofizjologicznego.

W literaturze światowej najczęstszym kryterium diagnostycznym CTS jest pomiar pola powierzchni przekroju poprzecznego nerwu pośrodkowego na dwóch poziomach, tj. na poziomie wejścia do kanału nadgarstka (CSAc) oraz na poziomie dystalnej części mięśnia nawrotnego czworobocznego (CSAp), ewentualnie pomiar jego wymiarów poprzecznych na poziomie kanału nadgarstka<sup>(1,18–22,24–26,30–32)</sup>. Badacze posługują się również oceną echogeniczności oraz unaczynienia nerwu na poziomie proksymalnym w stosunku do więzadła poprzecznego nadgarstka<sup>(4,12,16,18,23)</sup>. Niektórzy wskazują na przydatność pomiaru grubości tego więzadła<sup>(23)</sup> albo oceny kształtu nerwu na przekroju poprzecznym<sup>(14)</sup>.

W pracy własnej głównym kryterium diagnostycznym była różnica pól powierzchni przekroju nerwu CSAc oraz CSAp – zostało ono spełnione dla wszystkich badanych nerwów. Tę metodę oceny nerwu pośrodkowego wprowadzili Klauser i wsp. w 2009 roku<sup>(30)</sup>. Zbadali oni 68 pacjentów

In the author's own study, the median nerve manifested the following ultrasound features in the course of CTS (tab. 1):

### Carpal tunnel syndrome (19 patients)

- the mean value of the nerve cross-sectional area CSAc – 13.7 mm<sup>2</sup>, CSAp – 8.6 mm<sup>2</sup>

An EMG examination was conducted in 14 patients and correlated with the US findings only in 11 cases, which is 57.9%. In 3 patients, the EMG result showed no abnormalities while the US revealed changes verified intraoperatively. Five patients did not undergo a neurophysiological examination.

In the world literature, the most common diagnostic criterion of CTS is the measurement of the cross-sectional area of the median nerve at two levels: at the site where it enters the carpal tunnel (CSAc) and at the level of the distal aspect of the pronator quadratus muscle (CSAp), or the measurement of its transverse dimensions at the level of the carpal tunnel<sup>(1,18–22,24–26,30–32)</sup>. Investigators also mention nerve echogenicity and vascularity assessment at the proximal level of the transverse carpal ligament<sup>(4,12,16,18,23)</sup>. Some authors indicate the usefulness of measuring the thickness of this ligament<sup>(23)</sup> or assessment of the nerve shape in the transverse plane<sup>(14)</sup>.

In the author's own study, the main diagnostic criterion was the difference in between CSAc and CSAp values – this criterion was fulfilled by all the nerves examined. This median nerve assessment method was introduced by Klauser *et al.* in 2009<sup>(30)</sup>. They examined 68 patients with CTS symptoms (100 wrists) and 58 healthy volunteers.

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>
<b>Różnica pól powierzchni (mm<sup>2</sup>)</b> <i>Difference in cross-sectional areas (mm<sup>2</sup>)</i>	5,6	2,7	1	6	10

<p><b>Echostruktura:</b> <i>Echostructure:</i></p> <p>0 – 2 (10,5%) 1 – 15 (78,9%) 2 – 1 (5,3%) 3 – 1 (5,3%)</p>	<p><b>Przekrwienie:</b> <i>Hyperemia:</i></p> <p>Tak – 16 (84,2%) Yes – 16 (84,2%) Nie – 3 (15,8%) No – 3 (15,8%)</p>	<p><b>Wcięcie:</b> <i>Notch sign:</i></p> <p>Tak – 14 (73,7%) Yes – 14 (73,7%) Nie – 5 (26,3%) No – 5 (26,3%)</p>	<p><b>Weryfikacja EMG:</b> <i>EMG verification:</i></p> <p>0 – 5 (26,3%) 1 – 11 (57,9%) 2 – 3 (15,8%)</p>
--	---	---	---

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

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



z objawami CTS (100 nadgarstków) oraz 58 zdrowych ochotników. U osób z CST średnia wartość CSAc wyniosła 16,8 mm<sup>2</sup>, a z CSAp – 9,5 mm<sup>2</sup>. Za diagnostyczną dla CTS wartość różnicy pól powierzchni na tych poziomach autorzy uznali 2 mm<sup>2</sup>. Stosując to kryterium, rozpoznali CTS z czułością 99% i swoistością 100%. Uzyskane wyniki są zbliżone do własnych, przy czym różnica pól powierzchni CSAp i CSAc była jedynym parametrem analizowanym przez Klauser i wsp., podczas gdy w badaniach własnych posługiwano się również pozostałymi kryteriami, wymienionymi powyżej.

Dwa lata później ukazał się kolejny artykuł Klauser i wsp., dotyczący kryteriów diagnostycznych neuropatii nerwu pośrodkowego dwudzielnego<sup>(31)</sup>. W tych przypadkach za diagnostyczną dla neuropatii różnicę pomiędzy CSAp a sumaryczną wartością pól powierzchni obydwu odnóg nerwu w miejscu wejścia do kanału nadgarstka autorzy uznali 4 mm<sup>2</sup>. Dla tej wartości czułość i swoistość badania USG w rozpoznawaniu CTS wyniosły odpowiednio 92,5% i 94,6%.

W pracy własnej nerw dwudzielny występował u 4 pacjentów, przy czym u 3 wykazywał cechy zmian neuropatycznych, zaś u 1 obraz ultrasonograficzny nerwu był prawidłowy. Różnice pomiędzy CSAp i sumą CSAc w obu odnogach u 3 pacjentów wyniosły odpowiednio 4 mm<sup>2</sup>, 5 mm<sup>2</sup> i 8 mm<sup>2</sup>.

Uzyskane wartości różnicy CSAp i CSAc grupy Ia (CTS) były zbliżone do wyników badań Klauser i wsp.<sup>(30,31)</sup> i w badaniach własnych wyniosły odpowiednio 8,6 mm<sup>2</sup> oraz 13,7 mm<sup>2</sup>. W materiale Klauser i wsp. u pacjentów z niewielkim zaawansowaniem zmian (41% badań) CSAp wyniosło 9,1 mm<sup>2</sup>, a CSAc – 14,4 mm<sup>2</sup>, natomiast u pacjentów z dużym zaawansowaniem zmian (59%) CSAp sięgało 9,7 mm<sup>2</sup>, a CSAc – 18,5 mm<sup>2</sup>. W pracy własnej jedynie u 6 spośród 19 badanych objawy kliniczne oraz wynik badania EMG wskazywały na duży stopień zaawansowania neuropatii (31,7%).

Do czasu opublikowania obydwu prac Klauser i wsp.<sup>(30,31)</sup> wiodącym kryterium diagnostycznym CTS był pomiar jedynie CSAc, którego wartości wahały się w granicach 9–14 mm<sup>2</sup>, a czułość i swoistość wyniosły odpowiednio 82–94% i 65–97%<sup>(18–23)</sup>. W badaniach polskiego ośrodka, opublikowanych w 2013 roku, wartość CSAc wyniosła aż 17,6 mm<sup>2</sup><sup>(28)</sup>. We wcześniej publikowanych pracach również używano bardzo różne wyniki.

Pionierskie doniesienia na temat diagnostyki ultrasonograficznej CTS pojawiły się w 1992 roku<sup>(1)</sup>. Austriaccy autorzy przedstawili wyniki badań USG z użyciem głowicy liniowej o częstotliwości 7 MHz (w badaniach własnych 18 MHz) u 18 osób z objawami CTS. Mierzyli dwa wymiary poprzeczne przekroju pnia nerwu oraz jego pole powierzchni na trzech poziomach: na wysokości stawu DRUJ (*distal radioulnar joint*; obecnie w literaturze i w badaniach własnych określane jako CSAp), kości grochowatej (CSAc) oraz haczyka kości haczykowatej. Rozpoznanie ustalano na podstawie trzech kryteriów:

In patients with CTS, the mean CSAc was 16.8 mm<sup>2</sup> and CSAp – 9.5 mm<sup>2</sup>. The authors assumed that a 2 mm<sup>2</sup> difference in the cross-sectional values at these levels was diagnostic for CTS. Using this criterion, they diagnosed CTS with the sensitivity of 99% and specificity of 100%. The results obtained by the aforementioned investigators are similar to the findings of the author in her own study. However, the CSAp and CSAc difference was the only parameter tested by Klauser *et al.* whereas the author of this study also included other criteria, as mentioned above.

Two years later, another article by Klauser *et al.* appeared regarding diagnostic criteria of the bifid median nerve neuropathies<sup>(31)</sup>. In such cases, the authors decided that a diagnostic difference between CSAp and a total of the cross-sectional areas of both branches of the nerve as they entered the carpal tunnel was 4 mm<sup>2</sup>. The sensitivity and specificity of the US examination in identifying CTS for this value was 92.5% and 94.6% respectively.

In the author's own study, the bifid nerve was observed in 4 patients: in 3 persons, it manifested features of neuropathy, and in 1 – the ultrasound image was normal. The differences between CSAp and the sum of CSAc of both branches of the nerve measured in the 3 patients were 4 mm<sup>2</sup>, 5 mm<sup>2</sup> and 8 mm<sup>2</sup> respectively.

The difference values of CSAp and CSAc in Group Ia (CTS) were similar to those obtained by Klauser *et al.*<sup>(30,31)</sup>, and in the author's own study amounted to 8.6 mm<sup>2</sup> and 13.7 mm<sup>2</sup>. In the material of Klauser *et al.*, CSAp of patients with less advanced changes (41% of examinations) amounted to 9.1 mm<sup>2</sup> and CSAc was 14.4 mm<sup>2</sup>; in those with highly advanced changes (59%), CSAp was 9.7 mm<sup>2</sup> and CSAc – 18.5 mm<sup>2</sup>. In the author's own study, only 6 of 19 patients manifested clinical signs and had EMG results that could indicate considerable advancement of neuropathy (31.7%).

Until Klauser *et al.* published their two papers<sup>(30,31)</sup>, the leading CTS diagnostic criterion was the measurement of CSAc only, the values of which ranged from 9–14 mm<sup>2</sup> and the sensitivity and specificity ranges were 82–94% and 65–97% respectively<sup>(18–23)</sup>. In the studies conducted in the Polish center, published in 2013, the CSAc values amounted to 17.6 mm<sup>2</sup><sup>(28)</sup>. In the papers published earlier, the results varied considerably as well.

The pioneer reports regarding ultrasonography in CTS diagnosis appeared in 1992<sup>(1)</sup>. The Austrian authors presented the results of US examinations performed with the use of 7 MHz transducers in 18 patients with CTS symptoms (in the author's own study the transducer frequency was 18 MHz). They measured two transverse dimensions of the nerve trunk and its cross-sectional areas at three levels: at the DRUJ joint (distal radioulnar joint which is currently referred to as CSAp both in the literature and in the author's own study), the pisiform bone (CSAc) and the hook of the hamate bone. The diagnosis was made on

zwiększenia pola powierzchni nerwu pośrodkowego na jednym z trzech poziomów, spłaszczenia pnia nerwu w przekroju podłużnym oraz obecności dłoniowego uwypuklenia więzadła poprzecznego kanału nadgarstka. Średnie pole powierzchni nerwu pośrodkowego na poziomie kości grochowej w pracy autorów wynosiło 8,1 mm<sup>2</sup> (a więc mniej niż w badaniach własnych i w prezentowanych pracach współczesnych), spłaszczenie nerwu – 2:7 (jako stosunek wymiaru AP do wymiaru boczego), z kolei uwypuklenie troczka przekraczało 2,1 mm. Dwa ostatnie kryteria nie są obecnie wykorzystywane ze względu na ich bardzo niską czułość i swoistość.

W kolejnym badaniu z lat 90. uzyskano odmienne wyniki od cytowanych powyżej<sup>(21)</sup>. Duncan i wsp. w badaniach przeprowadzonych wśród 68 osób z objawami neuropatii nerwu pośrodkowego za diagnostyczną wartość CSAc przyjęli 9 mm<sup>2</sup>. Pomiaru dokonywali na poziomie kości grochowej, a do badania używali głowic o częstotliwościach 7–10 MHz.

W tym samym roku (1999) Lee i wsp. za diagnostyczną wartość CSAc uznali 15 mm<sup>2</sup> (a więc porównywalną z uzyskanymi w pracy własnej oraz przez Klauser i wsp.)<sup>(29)</sup>. Przyczyną różnic uzyskanych wartości w badaniach cytowanych autorów, poza aspektami technicznymi (niska częstotliwość głowicy USG w porównaniu z aktualnymi badaniami), mogła być inna metoda pomiarów. Jedynie nieliczne publikacje wskazują, że obrys nerwu powinien obejmować linię nanerwia (czyli nie obrys po jego wewnętrznej czy zewnętrznej stronie)<sup>(30)</sup>.

W 2000 roku Sarría i wsp.<sup>(32)</sup> jako diagnostyczną dla CTS wartość CSAc wyznaczyli 11 mm<sup>2</sup>. Ocenili ultrasonograficznie 64 nadgarstki z objawami ucisku na nerw pośrodkowy, potwierdzonego w badaniach neurofizjologicznych. Czułość tego kryterium wyniosła zaledwie 60%. Podobnie niska była czułość kryterium uwypuklenia troczka zginaczy powyżej 2,5 mm (69,2%). Hiszpańscy autorzy nie potwierdzili ponadto wartości diagnostycznej kryterium spłaszczenia nerwu. Ponieważ wniosek ten pokrywa się z własnymi obserwacjami, tego elementu obrazu USG nerwu pośrodkowego nie stosowano w badaniach.

W 2004 roku Altinok i wsp., na podstawie badań USG u 26 osób z objawami CTS, w tym 14 z objawami obustronnymi, za wartość diagnostyczną pola przekroju poprzecznego nerwu pośrodkowego uznali 9 mm<sup>2</sup> – znamienne dla CTS<sup>(25)</sup>, a więc podobnie jak kilka lat wcześniej Duncan i wsp.<sup>(21)</sup> Autorzy oceniali pole powierzchni nerwu pośrodkowego na trzech poziomach (DRUJ, kość grochowata oraz haczyk kości haczykowatej), dodatkowo analizowali uwypuklenie więzadła poprzecznego oraz spłaszczenie nerwu w przekroju podłużnym. Najczulszym parametrem diagnostycznym CTS (czułość 72,5%) był obrzęk nerwu, liczony jako stosunek pola powierzchni przekroju poprzecznego na poziomie dystalnym do proksymalnego (DRUJ a poziom haczyka kości haczykowatej). Czułość parametru pola powierzchni przekroju poprzecznego nerwu powyżej 9 mm<sup>2</sup> mierzonego na poziomie kości grochowej wyniosła 65%, natomiast uwypuklenia więzadła

na podstawie trzech kryteriów: wzrost w przekroju poprzecznym pola powierzchni nerwu na jednym z trzech poziomów, spłaszczenie pnia nerwu w przekroju podłużnym oraz obecność dłoniowego uwypuklenia więzadła poprzecznego kanału nadgarstka. Średnie pole powierzchni nerwu pośrodkowego na poziomie kości pisiformnej w pracy autorów wynosiło 8,1 mm<sup>2</sup> (it was lower than in the author's own study and in the contemporary articles presented above), nerve flattening – 2:7 (the ratio of the AP dimension to the lateral one), and palmar bulge exceeded 2.1 mm. The last two criteria are not currently used due to their low sensitivity and specificity.

Another study conducted in the 1990s resulted in different outcomes than those mentioned above<sup>(21)</sup>. Duncan *et al.*, in their study conducted in a group of 68 patients with median nerve neuropathy symptoms, assumed that CSAc diagnostic value was 9 mm<sup>2</sup>. The measurements were made at the level of the pisiform bone, and the examinations were conducted with probes with the frequency of 7–10 MHz.

In the same year (1999), Lee *et al.* decided that CSAc of 15 mm<sup>2</sup> should be considered a diagnostic values (this value is comparable with the one used in this study and by Klauser *et al.*)<sup>(29)</sup>. The reason for such discrepancies between the values obtained in the aforementioned studies could, apart from technical aspects (low frequency of the probe compared to contemporary studies), lie in a different method of taking the measurements. Only few publications indicate that the nerve contour tracing should encompass the line of the epineurium (i.e. not its internal or external aspects)<sup>(30)</sup>.

In 2000, Sarría *et al.* assumed that CSAc of 11 mm<sup>2</sup> should be the diagnostic value of CTS<sup>(32)</sup>. They conducted ultrasound examinations of 64 wrists with symptoms of the median nerve compression confirmed in neurophysiological tests. The sensitivity of this criterion reached only 60%. The sensitivity of the flexor retinaculum bulging above 2.5 mm was also low (69.2%). Moreover, the Spanish authors failed to confirm the diagnostic value of nerve flattening. Since such a conclusion is consistent with the author's own observations, this element of the US median nerve image was not used in this study.

In 2004, Altinok *et al.* decided that the diagnostic value of the median nerve cross-sectional area which is a reliable indicator of CTS should be 9 mm<sup>2</sup><sup>(25)</sup>. This was based on US examinations conducted in 26 patients with CTS symptoms, including 14 bilateral cases. The value assumed by the authors was similar to the one proposed several years before by Duncan *et al.*<sup>(21)</sup> The authors measured the median nerve cross-sectional area at three levels (DRUJ, pisiform bone and the hook of the hamate bone). Moreover, they also analyzed the carpal transverse ligament bulging and flattening of the nerve in the longitudinal section. The most sensitive diagnostic parameter for CTS (sensitivity of 72.5%) was nerve edema calculated as the ratio of the cross-sectional area at the distal level to the proximal one (DRUJ and the hook of the hamate bone). The sensitivity of the cross-sectional area exceeding 9 mm<sup>2</sup> measured at

powyżej 2,5 mm – 62,5%. Choć autorzy nie przedstawili dokładnie metodyki pomiaru tego kryterium, jedynym wytłumaczeniem niskiej czułości przyjętego kryterium pola powierzchni nerwu może być niewłaściwa metoda pomiaru (po wewnętrznym zarysie nanerwia).

W 2004 roku ukazała się polska publikacja oparta na analizie 52 chorych oraz 44 osób z grupy kontrolnej<sup>(12)</sup>. Oceniano pole powierzchni oraz echogeniczność nerwu pośrodkowego na poziomie kości grochowatej. Dla wartości pola powierzchni nerwu powyżej 9,3 mm<sup>2</sup> czułość badania USG w diagnostyce CTS wyniosła 92,1%, czułość parametru redukcji grubości pnia nerwowego w projekcji podłużnej – 92,1%. W badaniach własnych pole przekroju poprzecznego nerwu było większe i wyniosło 13,7 mm<sup>2</sup>. W tym przypadku przyczyną rozbieżności wyników była najpewniej niższa częstotliwość głowicy, jaką posługiwali się autorzy – 6–11 MHz. Obniżenie echogeniczności w cytowanej pracy wykazano u 82,9% chorych, co stanowi zbliżoną wartość do uzyskanej w badaniach własnych (78,9%).

Rozbieżność między wynikami kolejnej pracy a własnymi także należy tłumaczyć niższą częstotliwością głowicy USG. Koyuncuoglu i wsp. w 2005 roku na podstawie badań 221 osób (319 nadgarstków) za wartość diagnostyczną CSAc uznali 8,83 mm<sup>2</sup> (czułość 89%, swoistość 94,7%)<sup>(33)</sup>. Autorzy posługiwali się głowicami o częstotliwościach 5–12 MHz, dokonując pomiaru nerwu na poziomie kości grochowatej.

Nieco wyższą wartość pola powierzchni przekroju poprzecznego nerwu pośrodkowego, ale nadal niższą od uzyskanych w badaniach własnych oraz Klauser<sup>(30)</sup>, uzyskali autorzy polscy w 2009 roku<sup>(13)</sup>. Pole powierzchni nerwu pośrodkowego świadczące o CTS wynosiło powyżej 10 mm<sup>2</sup> (CSAc) (czułość 74,5%, specyficzność 88%). Po raz pierwszy w literaturze zwrócono ponadto uwagę na „ześlizg” nerwu w kierunku promieniowym, występujący u 68% badanych. Objaw ten nie został potwierdzony w badaniach innych autorów ani w badaniach własnych.

W pracy innego polskiego zespołu z 2011 roku autorzy analizowali wyniki 139 badań przeprowadzonych u 76 pacjentów z potwierdzonymi w badaniach elektrofizjologicznymi cechami CTS oraz 25 badań u 14 zdrowych ochotników<sup>(14)</sup>. Badacze oceniali parametr nieuwzględniony w badaniach własnych, tj. kształt przekroju poprzecznego nerwu na poziomie kanału nadgarstka. U pacjentów z nieprawidłowym wynikiem badania elektrodiagnostycznego trójkątny kształt przekroju poprzecznego uwidoczniono w 13 na 118 przypadków (11%), podczas gdy u osób z prawidłowym wynikiem badania elektrodiagnostycznego – zaledwie w 2 na 21 przypadków (9,5%). Nie obserwowano takiej deformacji u żadnego ze zdrowych ochotników. W opinii własnej oraz innych autorów wartość tego kryterium wydaje się wątpliwa, gdyż kształt nerwu pośrodkowego na poziomie kanału nadgarstka ulega naturalnej zmianie w zależności od kąta zgięcia każdego palca (zarówno w stawach śródrečno-paliczkowych, jak i międzypaliczkowych bliższych oraz międzypaliczkowych dalszych),

the level of the pisiform bone was 65%, and the sensitivity of bulging above 2.5 mm – 62.5%. Although the authors did not present the measuring methods of this criterion in detail, the only explanation of such a low sensitivity of the cross-sectional area may be inadequate measuring method (along the internal outline of the epineurium).

In 2004, a Polish publication based on 52 patients and 44 controls appeared<sup>(12)</sup>. The cross-sectional area and echogenicity of the median nerve were assessed at the level of the pisiform bone. For the cross-sectional area above 9.3 mm<sup>2</sup>, the sensitivity of ultrasonography in CTS diagnosis was 92.1%, and the sensitivity of the parameter associated with nerve trunk thickness reduction in the longitudinal projection was 92.1% as well. In the author's own studies, the cross-sectional area was larger and amounted to 13.7 mm<sup>2</sup>. In this case, the reason for the differences was probably the lower frequency of the transducer used by the authors – 6–11 MHz. Lower echogenicity was demonstrated in 82.9% of patients, which is similar to the percentage obtained in the author's own study (78.9%).

Furthermore, the discrepancies between the results of the next paper and author's own outcomes should be also explained with the lower frequency of the US probe used. Having analyzed 221 patients (319 wrists) in 2005, Koyuncuoglu *et al.* assumed that CSAc value of 8.83 mm<sup>2</sup> is the diagnostic value (sensitivity 89%, specificity 94.7%)<sup>(33)</sup>. The authors used the transducers with the frequency of 5–12 MHz, and the measurements were taken at the level of the pisiform bone.

In 2009, Polish authors<sup>(13)</sup> obtained a slightly higher value of the median nerve cross-sectional area, but it was still lower than the one obtained in the author's own and Klauser's studies<sup>(30)</sup>. The median nerve cross-sectional area that indicated CTS was higher than 10 mm<sup>2</sup> (CSAc) (sensitivity 74.5%, specificity 88%). Furthermore, the authors, as the first ones in the literature, drew attention to radial “sliding” of the nerve, which was observed in 68% of patients. This sign was neither observed by other investigators nor in the author's own study.

In 2011, another Polish team analyzed the results obtained in 139 examinations conducted in 76 patients with features of CTS confirmed in electrophysiological tests and in 25 examinations conducted in 14 healthy volunteers<sup>(14)</sup>. The authors evaluated the parameter that was not included in the author's own study, i.e. the shape of the cross-section of the nerve at the level of the carpal tunnel. In patients with abnormal results of electrodiagnostic tests, a triangular cross-section was visualized in 13 of 118 cases (11%), whereas in patients with normal electrodiagnostic result, such a shape was observed in only 2 of 21 cases (9.5%). Such a deformation was not observed in any of the healthy volunteers. In the author's own opinion and according to other investigators, the relevance of this criterion seems dubious since the shape of the median nerve at the level of the carpal tunnel undergoes natural changes depending on the flexion angle of each finger (in metacarpophalangeal joints as well as proximal and distal interphalangeal

jak również od kąta zgięcia w stawie nadgarstkowym, od stopnia supinacji, a nawet od kąta zgięcia w stawie łokciowym (poprzez wpływ na ciśnienie w kanale nadgarstka). Wystandaryzowanie ułożenia całej kończyny górnej do badania wydaje się więc problematyczne i mało powtarzalne. Ponadto ocena kształtu nerwu jest subiektywna, zaś odróżnienie kształtu owalnego od trójkątnego często okazuje się niemożliwe.

W 2013 roku krakowscy badacze przedstawili pracę pogładową na temat oceny ultrasonograficznej nerwu pośrodkowego – opisali kryteria oceny zarówno przed-, jak i pooperacyjnej, analizując te same parametry obrazu co w pracy własnej<sup>(17)</sup>. W tym samym roku w badaniach zespołu szcześcińskich badaczy przeprowadzonych u 113 pacjentów średnia wartość pola powierzchni nerwu pośrodkowego na wysokości przedramienia wynosiła 9,9 mm<sup>2</sup>, a na poziomie wejścia do kanału nadgarstka – 17,8 mm<sup>2</sup>, a więc była podobna do uzyskanej w badaniach własnych<sup>(28)</sup>. Badacze zwrócili uwagę, że wartość badania USG jest wysoce zależna od badającego oraz od częstotliwości głowicy i przyjętych kryteriów diagnostycznych (poziom i metoda pomiarów oraz wartości przyjęte jako graniczne).

W materiale własnym 14 pacjentów (73,4% spośród wszystkich z grupy Ia) zgłosiło się na badanie USG z wynikiem wykonanego badania EMG. W 11 przypadkach nieprawidłowy wynik badania czynnościowego korelował z obrazem USG oraz śródoperacyjnym, co stanowi 57,9% pacjentów badanych metodą EMG, natomiast u 3 osób (15,8%) wynik badania EMG był prawidłowy pomimo objawów klinicznych i objawów ultrasonograficznych, a także obrazu śródoperacyjnego. Podobną analizę porównawczą przeprowadzili Altinok i wsp., którzy jednak wykazali, że w przypadku zaburzenia przewodnictwa obraz ultrasonograficzny był nieprawidłowy aż u 85–100% pacjentów, natomiast w przypadku prawidłowego zapisu EMG – u 30–55%, a więc częściej niż w badaniach własnych<sup>(25)</sup>.

Wysoką korelację wyników badania EMG i ultrasonograficznego w przypadku CTS udowodnili również inni autorzy<sup>(26,34-35)</sup>, z zastrzeżeniem<sup>(35)</sup>, że nie można na podstawie USG wnioskować o stopniu zaawansowania zmian. Rok wcześniej badający z innego ośrodka podważyli wartość USG nie tylko w korelacji z badaniami elektrofizjologicznymi, ale w ogóle w diagnostyce CTS<sup>(36)</sup>.

W bardzo ciekawej pracy z 2005 roku tureccy badacze analizowali grupę 221 pacjentów (319 nadgarstków) z klinicznymi objawami zespołu kanału nadgarstka<sup>(33)</sup>. Chociaż u 49 osób (59 nadgarstków; 22,2%) wyniki badań neurofizjologicznych były prawidłowe, u prawie 30% spośród nich w badaniu USG stwierdzono cechy CTS. Badacze wnioskowali, iż we wczesnych stadiach CTS przy prawidłowych wynikach badań EMG ultrasonografia jest wartościową metodą diagnostyczną. Różnica między wynikami własnymi a cytowanymi powyżej może wiązać się ze zbyt małą grupą pacjentów we wczesnej fazie choroby w pracy własnej (jedynie 3 osoby). Ponadto rozbieżne opinie na temat korelacji USG i EMG można znaleźć w kilku polskich pracach<sup>(14,28)</sup>.

joint), flexion angle of the wrist, supination degree and even on the flexion angle of the elbow joint (since it affects the pressure in the carpal tunnel). Therefore, determining the standard position of the upper extremity for the examination seems problematic and difficult to reproduce. Moreover, the assessment of the nerve's shape is subjective, and distinguishing oval from triangular shapes is frequently not feasible.

In 2013, the authors from Cracow, Poland, published a review on the ultrasound assessment of the median nerve<sup>(17)</sup>. They presented criteria for pre- and postoperative assessment and used the same criteria as in this study. In the same year, a research team from Szczecin, Poland, conducted a study that included 113 patients<sup>(28)</sup>. The mean cross-sectional area of the median nerve at the forearm was 9.9 mm<sup>2</sup> and at the level of the entry to the carpal tunnel – 17.8 mm<sup>2</sup>. The values were similar to those obtained in the author's own study. The authors drew attention to the fact that the relevance of ultrasonography largely depends on the examiner, the frequency of the transducer and assumed diagnostic criteria (the level and methods of taking the measurements as well as the assumed limit values).

In the author's own material, 14 patients (73.4% of all patients from the Group 1a) reported for a US examination with a result of a previously conducted EMG test. In 11 cases, the abnormal result of the functional examination correlated with the US image and intraoperative picture, which constitutes 57.9% of all patients who underwent the EMG examination. In 3 persons (15.8%), however, the EMG result was normal despite the presence of clinical symptoms, ultrasound signs and intraoperative picture. A similar comparative analysis was conducted by Altinok *et al.* and demonstrated that the ultrasound image was abnormal in as many as 85–100% of patients with conduction disorders, and in the case of normal EMG reading – in 30–55% of cases, i.e. more frequently than in the author's own study<sup>(25)</sup>.

A high correlation of EMG and US examinations in the context of CTS was also proven by other authors<sup>(26,34-35)</sup>, who noted<sup>(35)</sup>, however, that ultrasonography does not allow conclusions about advancement of changes to be drawn. A year before, the authors from a different center questioned the relevance of ultrasonography, not only in correlation with electrophysiological testing, but also as a diagnostic tool in CTS<sup>(36)</sup>.

Furthermore, in a very interesting article published in 2005, Turkish authors analyzed a group of 221 patients (319 wrists) with clinical symptoms of carpal tunnel syndrome<sup>(33)</sup>. Although the neurophysiological tests were normal in 49 patients (59 wrists, 22.2%), almost 30% manifested CTS signs in a US examination. The authors concluded that in early stages of CTS when EMG results are normal, ultrasonography is a valuable diagnostic tool. A difference between the author's own results and those quoted above may be associated with too few patients in the early stage of the disease (only 3 cases) in the author's own study. Moreover, discrepant opinions on the correlation of US and EMG can be also found in several Polish publications<sup>(14,28)</sup>.



W badaniach własnych u jednej osoby wynik USG był fałszywie ujemny. Pacjent ten zgłaszał złożone objawy bólowe oraz zaburzenia czucia związane z przebyłym urazem śródreżca spowodowanym piłą mechaniczną. W wyniku urazu doszło do uszkodzenia nerwów palcowych, ścięgien oraz do złamania kości śródreżca. Pomimo przebytych pięciu naprawczych i rewizyjnych zabiegów operacyjnych dolegliwości nasiliły się. Na podstawie obrazu ultrasonograficznego pacjenta zakwalifikowano do operacyjnego zaopatrzenia nerwiaków nerwów palcowych. W badaniu USG określono lokalizację i wielkość nerwiaków, co zostało potwierdzone śródoperacyjnie. Jeden z nerwiaków był przemieszczony na powierzchnię promieniową mięśnia glistowatego I; wynik badania USG stanowił istotną wskazówkę dla operatora. Nerw pośrodkowy w badaniu USG był prawidłowy, natomiast śródoperacyjnie chirurg stwierdził jego ucisk na poziomie kanału nadgarstka i dokonał plastyki więzadła poprzecznego. Po zabiegu dolegliwości czasowo ustąpiły, a następnie nawróciły. Trudno wnioskować, czy był to efekt zabiegu operacyjnego na nerwiakach czy na kanale nadgarstka.

W jednym przypadku stwierdzono ostry zakrzep przetrwałej tętnicy pośrodkowej jako przyczynę CTS. Nerw w USG był pogrubiały, miał zatartą echostrukturę pęczkową, wykazywał cechy przekrwienia oraz modelowania przez więzadło poprzeczne kanału nadgarstka. Nie uwidoczniło przepływu w przetrwałej tętnicy pośrodkowej. Przyjęto postawę wyciekającą, włączono do leczenia heparynę drobnocząsteczkową, leki przeciwzapalne oraz przeciwobrzękowe. Nie uzyskano pełnej rekanalizacji tętnicy, jednak dolegliwości neuropatyczne po 3 miesiącach ustąpiły, a obraz USG nerwu pośrodkowego poprawił się. Podobny przypadek opisują inni autorzy<sup>(15)</sup>.

### Zespoły uciskowe nerwu łokciowego (19 pacjentów)

W grupie analizowanych neuropatii uciskowych przewlekły ucisk na nerw łokciowy dotyczył 19 osób: w 14 przypadkach wykazano ucisk na poziomie więzadła łukowatego, w 2 – ucisk na poziomie przegrody międzymięśniowej, u kolejnych 2 osób – obecność dodatkowego mięśnia łokciowo-nadbłoczkowego, a u 1 – dodatkowy mięsień odwodziciela palca małego i ucisk na nerw na poziomie kanału Guyona. U 4 spośród 19 badanych wykazano niestabilność nerwu w rowku nerwu łokciowego w czasie dynamicznego badania USG.

U jednego pacjenta patologia miała charakter dwupoziomowy, tj. ucisk występował na poziomie rowka nerwu łokciowego na kości ramiennej oraz na poziomie kanału Guyona. Na obu poziomach przyczyną była obecność dodatkowych mięśni (łokciowo-nadbłoczkowego oraz dodatkowego odwodziciela palca małego). W wykonanym wcześniej badaniu EMG nieprawidłowy zapis uzyskano jedynie na poziomie rowka.

W jednym przypadku obrzęku nerwu łokciowego na poziomie rowka kości ramiennej na zlecenie lekarza kierującego

In this study, the result of the US examination was false negative in one patient. The patient reported complex pain symptoms and sensation disorders associated with the metacarpus injury sustained in the past with a power saw. The injury resulted in damage to the digital nerves, tendons and metacarpal bone fracture. Despite five repair and revision surgeries, the symptoms exacerbated. Based on US findings, the patient was qualified for a procedure to manage neuromas of the digital nerves. A US examination determined the localization and size of the neuromas, which was confirmed intraoperatively. One of the neuromas was dislocated to the radial surface of the first lumbrical muscle. The result of the US examination provided important information for the operator. The median nerve was normal in the US image, but intraoperatively the surgeon detected compression at the level of the carpal tunnel and performed transverse carpal ligament reconstruction. After the procedure, pain symptoms subsided temporarily but subsequently recurred. It is hard to assess whether this was the result of the surgical procedure of the neuromas or of the carpal tunnel.

In one case, an acute thrombus of the persistent median artery was identified as the cause of CTS. During the US examination, the nerve was thickened, presented a blurred bundle echostructure, showed features of hyperemia and modelling by the transverse carpal ligament. No flow was seen in the persistent median artery. A wait-and-see attitude was assumed, and the treatment with low-molecular-weight heparin, anti-inflammatory drugs and anti-edema medications was instituted. A complete recanalization of the artery was not achieved, but neuropathic symptoms subsided after 3 months of treatment, and a US image of the median nerve improved. A similar case was also reported in the literature<sup>(15)</sup>.

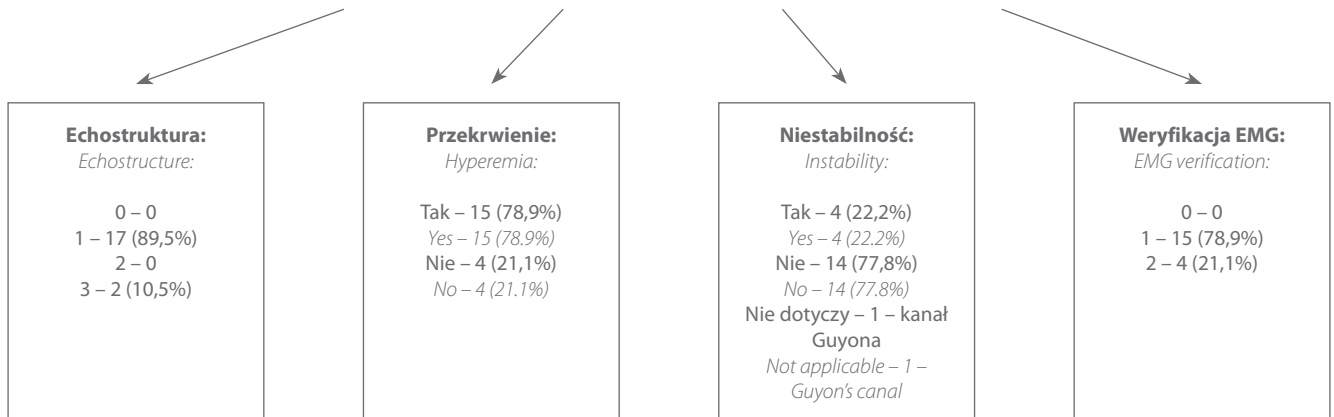
### Ulnar nerve compression syndromes (19 patients)

In the group of analyzed entrapment neuropathies, chronic compression of the ulnar nerve was observed in 19 patients: in 14 cases the compression occurred at the level of the arcuate ligament, in 2 patients – at the level of the intermuscular septum, in further 2 patients the accessory anconeus muscle was found, and in 1 patient the accessory abductor digiti minimi was observed and compression at the Guyon's canal was identified. Of 19 cases, 4 patients manifested instability of the nerve at the ulnar groove on dynamic US examination.

In one patient, the pathology occurred at two levels, i.e. compression occurred at the level of the humeral groove and at the Guyon's canal. The cause of entrapment at both levels was the presence of accessory muscles (accessory anconeus muscle and accessory abductor digiti minimi). The EMG test revealed abnormality only at the level of the groove.

In one case of ulnar nerve edema at the level of the humeral groove, the referring physician decided about

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>
<b>Pole powierzchni (mm<sup>2</sup>)</b> <i>Cross-sectional area (mm<sup>2</sup>)</i>	12,6	4,1	6	12	22



**Tab. 2.** Częstość występowania poszczególnych analizowanych elementów ultrasonograficznych u pacjentów z objawami CubTS

**Tab. 2.** Frequency in which individual ultrasound elements occurred in patients with CubTS symptoms

pod kontrolą obrazu USG podano w okolice nerwu około 1 ml przeciwzapalnego leku sterydowego (Diprophos). Uzyskano zniesienie objawów neuropatycznych. Autorka nie znalazła w literaturze opisu podobnego zabiegu.

W ocenie ultrasonograficznej nerwu łokciowego średnie pole powierzchni przekroju nerwu łokciowego na poziomie rowka wyniosło 12,6 mm<sup>2</sup> (zakres 6–22 mm<sup>2</sup>), przekrwienie w miejscu uwidocznionego pogrubienia było widoczne u 15 pacjentów (78,9%). Zaburzoną echostrukturę pęczkową, jako wyraz obrzęku i zmian degeneracyjnych na poziomie pęczków, stwierdzono u 17 pacjentów (89,5%), a zniesioną – u 2 (10,5%) (tab. 2).

U wszystkich pacjentów wykonano badanie EMG, które w 15 przypadkach potwierdziło patologię (78,9%), a u 4 pacjentów wykazało prawidłowe przewodnictwo (21,1%) pomimo objawów klinicznych i zaburzonego obrazu USG. W każdym przypadku obraz ultrasonograficzny został potwierdzony śródoperacyjnie.

W jednym z pierwszych badań na temat tego zespołu (na 14 objawowych pacjentach i 10 osobach z grupy kontrolnej), opublikowanym w 1988 roku, wartość prawidłowa pola powierzchni przekroju nerwu łokciowego wynosiła na poziomie rowka 6,8 mm<sup>2</sup>, a proksymalnie (na poziomie ramienia) – 5,4 mm<sup>2(37)</sup>. Jako kryterium rozpoznania CubTS wyznaczono wartość 7,5 mm<sup>2</sup> (mierzoną na poziomie bruzdy nerwu łokciowego), a więc zdecydowanie mniejszą niż w pracy własnej. Możliwe, że przyczyną rozbieżności była niższa częstotliwość głowicy wykorzystywanej w badaniach autorów (7,5 MHz). Niemniej badacze zwrócili uwagę na obecność fizjologicznego poszerzenia obrysów nerwu na poziomie rowka.

ultrasound-guided injection of 1 ml of anti-inflammatory steroid drug (Diprophos) to the area of the nerve. The neuropathic symptoms subsided. The author has not found a report of a similar procedure in the literature.

In the ultrasound assessment, the mean cross-sectional area of the ulnar nerve at the level of the groove amounted to 12.6 mm<sup>2</sup> (range: 6–22 mm<sup>2</sup>), and hyperemia at the site of the visualized thickening was present in 15 patients (78.9%). Disordered bundle echostructure, as a sign of edema and degenerative changes of the bundles, was observed in 17 patients (89.5%), and its absence was identified in 2 cases (10.5%) (tab. 2).

EMG tests were conducted in all patients. In 15 cases, the tests confirmed the pathology (78.9%), and in 4 cases, EMG revealed normal conduction (21.1%) despite the presence of clinical symptoms and abnormal US image. The US image was verified intraoperatively in each case.

In one of the first studies on this syndrome (14 symptomatic patients and 10 controls) published in 1988, the normal cross-sectional area of the ulnar nerve at the level of the groove was 6.8 mm<sup>2</sup>, and proximally (at the forearm) – 5.4 mm<sup>2(37)</sup>. The criterion for CubTS diagnosis was the value of 7.5 mm<sup>2</sup> (measured at the level of the groove) – it was much lower than the value used in the author's own study. Perhaps, the reason for such discrepancies was the lower frequency of the probe used by the authors of the study (7.5 MHz). Nonetheless, the authors drew attention to the presence of physiological dilation of the nerve outlines at the level of the groove.

Również w kolejnej pracy, z 2004 roku, średnia wartość pola powierzchni przekroju prawidłowego nerwu łokciowego na poziomie kłykcia kości ramiennej była mniejsza niż w pracy własnej i wyniosła  $7,9 \pm 3,1 \text{ mm}^2$ <sup>(38)</sup>. Badający dodatkowo zwrócili uwagę na różnicę pól powierzchni zależną od płci, zwłaszcza w przedziale wieku 20–40 lat. W ocenie własnej u 13 mężczyzn średnia wartość pola powierzchni wyniosła  $12,5 \text{ mm}^2$ , natomiast w grupie 6 kobiet była nieznacznie wyższa i wyniosła  $12,8 \text{ mm}^2$ .

Wiesler i wsp. w badaniu opublikowanym w 2006 roku na materiale 14 osób (15 stawów łokciowych) z objawową neuropatią nerwu łokciowego na poziomie rowka oraz 60 osób bezobjawowych wykazali, że u pacjentów bezobjawowych wartość pola powierzchni przekroju nerwu wynosi  $6,5 \text{ mm}^2$ , a u objawowych –  $19 \text{ mm}^2$ <sup>(39)</sup>. Wartość patologiczna uzyskana w pracy autorów mieści się w głównym zakresie wartości uzyskanych w badaniach własnych (zakres 6–22  $\text{mm}^2$ ), co mogło wynikać z większego zaawansowania neuropatii. Jako wartość graniczną pola powierzchni przekroju poprzecznego nerwu badacze przyjęli  $10 \text{ mm}^2$  – jej czułość w rozpoznawaniu CubTS wyniosła 93%, a swoistość – 98%.

Dwa lata później Yoon i wsp. dokonali oceny 26 pacjentów i 30-osobowej grupy kontrolnej<sup>(40)</sup>. Wyznaczyli stosunek pola powierzchni przekroju poprzecznego nerwu łokciowego na poziomie rowka do pola mierzonego proksymalnie od rowka. Za nieprawidłową, diagnostyczną dla CubTS wartość uznali stosunek 1,5/1 i pole przekroju poprzecznego nerwu na poziomie rowka wynoszące  $8,3 \text{ mm}^2$  (czułość 100%). Średnia wartość pola powierzchni nerwu na poziomie kłykcia przysiódkowego kości ramiennej wyniosła  $18,6 \text{ mm}^2$ , co znacznie przekracza wartość oznaczoną w badaniu własnym. Podobnie jak w przypadku poprzedniego doniesienia mogło to wynikać z faktu, że 50% pacjentów Yoon i wsp. stanowiły osoby z zaawansowaną neuropatią (w pracy własnej jedynie 31,6%).

W 2009 roku włoscy badacze, stosując do badania głowice o częstotliwości 12 MHz, wykazali, że wartość pola powierzchni  $11,1 \text{ mm}^2$  stanowi podstawę do rozpoznania łagodnej postaci neuropatii (u 36% pacjentów),  $15,8 \text{ mm}^2$  – miernie zaawansowanej neuropatii (u 38% pacjentów), natomiast  $18,3 \text{ mm}^2$  – zaawansowanej neuropatii (u 26% pacjentów)<sup>(41)</sup>. Czułość i swoistość USG w diagnostyce CubTS w badaniach autorów wyniosły 88%. Wyniki te pokrywają się z uzyskanymi w pracy własnej i mogą wskazywać, że poza specyfiką badanej grupy (zaawansowaniem choroby) istotny wpływ na rezultaty miała częstotliwość dostępnych w ubiegłych latach głowic USG.

Częstość występowania dodatkowego mięśnia łokciowo-nadbłoczkowego w populacji wynosi według różnych źródeł 3–28%<sup>(42)</sup>. Opinie dotyczące wpływu tego mięśnia na objawy CubTS na poziomie rowka są rozbieżne. Dominuje pogląd, że jego obecność jedynie nasabia, a nie warunkuje neuropatię. Pojedyncze przypadki zespołów uciskowych związanych z obecnością omawianego mięśnia

Moreover, in another paper published in 2004, the mean cross-sectional area of the normal ulnar nerve at the level of the condyle of the humerus was lower than in the author's own study and amounted to  $7.9 \pm 3.1 \text{ mm}^2$ <sup>(38)</sup>. The investigators also drew attention to sex-related differences in cross-sectional areas, particularly in 20–40 age range. In the author's own assessment, the mean cross-sectional area in 13 men was  $12.5 \text{ mm}^2$  and in the group of 6 women, it was slightly higher and amounted to  $12.8 \text{ mm}^2$ .

Wiesler *et al.*, in the study published in 2006 and conducted in the group of 14 patients (15 elbow joints) with symptomatic ulnar nerve neuropathy at the level of the groove and 60 asymptomatic individuals, demonstrated that the cross-sectional area was  $6.5 \text{ mm}^2$  in the asymptomatic group and  $19 \text{ mm}^2$  in the symptomatic group<sup>(39)</sup>. The pathological value obtained by the authors places itself in the upper range of the values obtained in the author's own study (range 6–22  $\text{mm}^2$ ), which could result from more advanced neuropathy. According to the authors, the limit value for a cross-sectional area was  $10 \text{ mm}^2$ ; the sensitivity in CubTS diagnosis was 93%, and specificity – 98%.

Two years later, Yoon *et al.* evaluated 26 patients and 30 controls<sup>(40)</sup>. They determined the ratio of the cross-sectional area of the ulnar nerve at the level of the groove to the area measured proximally to the groove. An abnormal value, that diagnosed CubTS, was 1.5/1 ratio and cross-sectional area of the ulnar nerve at the level of the groove of  $8.3 \text{ mm}^2$  (sensitivity 100%). The mean cross-sectional area of the ulnar nerve at the level of the medial condyle of the humerus was  $18.6 \text{ mm}^2$ , which considerably exceeded the value determined in the author's own study. As with the previous report, this could result from the fact that 50% of Yoon's *et al.* patients were in an advanced stadium of the neuropathy (in the author's own paper this percentage was only 31.6%).

In 2009, Italian investigators demonstrated that the cross-sectional area of  $11.1 \text{ mm}^2$  was the basis to diagnose mild neuropathy (in 36% of patients),  $15.8 \text{ mm}^2$  – to diagnose moderate neuropathy (38% of patients) and  $18.3 \text{ mm}^2$  – to identify advanced neuropathy (26% of patients)<sup>(41)</sup>. They used transducers with the frequency of 12 MHz. The sensitivity and specificity of ultrasonography in CubTS diagnosis were 88%. These results are consistent with those obtained in the author's own study and may indicate that, apart from the specificity of the examined group (stadium of the disease), the frequency of the US transducers, available in the past several years, had a significant influence on the results.

The prevalence of the accessory anconeus muscle in the population varies from 3 to 28% depending on the source<sup>(42)</sup>. The opinions concerning the influence of this muscle on CubTS symptoms at the level of the groove are divergent. It is generally believed that its presence does not condition neuropathy but merely predisposes to it. Single cases of compression syndromes associated with

zostały opublikowane w 2012 i 2013 roku<sup>(43,44)</sup>. W pracy własnej stwierdzono dwa przypadki obecności dodatkowego mięśnia łokciowo-nadbłoczkowego. U jednego pacjenta brzuscik tego mięśnia był znacznie pogrubiały, a nerw łokciowy na poziomie bruzdy wykazywał cechy obrzęku, przekrwienia oraz zaburzonej echostruktury. Ponadto stwierdzono jednoczesne występowanie dodatkowego mięśnia odwodziciela palca małego na poziomie kanału Guyona.

Niestabilność nerwu łokciowego w badaniach własnych stwierdzono w 22,2% przypadków (u 4 spośród 19 badanych osób). Nie różnicowano dla potrzeb analizy wyników stopnia zwichania (tzn. podwichania od pełnego zwichania), wychodząc z założenia, że w obu sytuacjach drażnienie nerwu wystarczy do rozwinięcia się neuropatii. W literaturze światowej jedna z pierwszych prac na ten temat, przedstawiająca obraz dynamicznego badania USG u dwóch pacjentów z podwichaniem nerwu łokciowego, ukazała się w 2003 roku<sup>(45)</sup>. Siedem lat później szersze opracowanie przedstawili Filippou i wsp.<sup>(46)</sup> Swoje wnioski oparli na materiale 91 pacjentów z objawami neuropatii nerwu łokciowego na poziomie łokcia. Wykazali m.in., że u 18,7% badanych występowało podwichnięcie nerwu łokciowego, u 9,9% – zwichnięcie na przednią powierzchnię nadkłykcia, a u 8,8% zaobserwowano mięsień dodatkowy. Staranne różnicowanie ze zwichaniem nerwu wymaga przeszkakiwanie głowy przyśrodkowej mięśnia trójgłowego na krawędzi nadkłykcia. Klinicznie obie sytuacje wyglądają podobnie – dochodzi do wyczuwalnego przemieszczenia struktury w przedziale przyśrodkowym stawu łokciowego w czasie jego zginania. Na niestabilność nerwu łokciowego w kontekście *snapping elbow* („łokieć trzaskający”) zwracali uwagę Okamoto i wsp. w 2000 oraz Jacobson i wsp. w 2001 roku<sup>(47,48)</sup>. W pierwszej z wymienionych prac w badaniach USG 200 łokci zdrowych ochotników autorzy w 27% przypadków stwierdzili podwichanie nerwu (przemieszczanie w kierunku szczytu nadkłykcia), a u 20% – pełne zwichanie (przemieszczanie na przednią powierzchnię nadkłykcia). Wyniki te są znacząco różne od obserwacji własnych oraz innych badaczy, co może wynikać z różnic demograficznych wśród populacji japońskich pacjentów. Wydaje się mniej prawdopodobne, że różnica wiąże się z niższą częstotliwością głowicy użytej do badań USG (7,5 MHz).

Jacobson opisał trzy przypadki „łokcia trzaskającego” rozpoznane w badaniu USG. W badaniach własnych w okresie objętym analizą nie stwierdzono przypadku *snapping elbow* – każdy pacjent z niestabilnością nerwu łokciowego na poziomie łokcia był analizowany również pod kątem tej patologii.

### Zespół uciskowy nerwu międzykostnego tylnego (11 pacjentów)

Do grupy pacjentów z neuropatią uciskową nerwu międzykostnego tylnego włączono 11 przypadków, w tym 7 osób, u których ucisk na nerw powodowało pasmo powięziowe, oraz 4 przypadki, w których przyczyną ucisku był krzyżujący pęczek naczyniowy.

the presence of the accessory muscle were published in 2012 and 2013<sup>(43,44)</sup>. In the author's own paper, two cases of the accessory anconeus muscle were identified. In one of them the belly of this muscle was considerably thickened, and the ulnar nerve at the level of the groove showed the features of edema, hyperemia and disordered echostructure. Moreover, at the level of the Guyon's canal, the accessory abductor digiti minimi was found as well.

Instability of the ulnar nerve was found in 22.2% of cases (in 4 of 19 patients). The degree of luxation (i.e. subluxation to complete dislocation) was not differentiated since it was assumed that in both situations the irritation of the nerve was sufficient for a neuropathy to develop. One of the first papers in the world literature concerning dynamic US examination conducted in two patients with ulnar nerve subluxation appeared in 2003<sup>(45)</sup>. Seven years later, a broader review was presented by Filippou *et al.*<sup>(46)</sup> Their results were based on 91 patients with symptoms of ulnar nerve neuropathy at the elbow joint. They demonstrated that ulnar nerve subluxation occurred in 18.7% of patients, dislocation to the anterior surface of the epicondyle – in 9.9% and the accessory muscle was present in 8.8%. Ulnar nerve subluxation must be carefully differentiated from snapping of the medial head of the triceps over the epicondyle. Clinically, both conditions are similar – there is a palpable dislocation of the structure in the medial cubital compartment on its flexion. The instability of the ulnar nerve in the “snapping elbow” context was discussed by Okamoto *et al.* in 2000 and Jacobson *et al.* in 2001<sup>(47,48)</sup>. In the former paper, the authors performed US examinations of 200 elbows of healthy volunteers and found that nerve subluxation (dislocation towards the apex of the epicondyle) occurred in 27% of cases, and a full dislocation (towards the anterior surface of the epicondyle) occurred in 20% of cases. These results are considerably different from the author's own observations and investigations of other authors, which may result from demographic differences in the Japanese population. It seems less likely that the difference could be associated with the lower frequency of the transducer used in the US examinations (7.5 MHz).

Jacobson reported three cases of “snapping elbow” identified in a US examination. In the author's own study, there were no cases of this condition – each patient with ulnar nerve instability at the cubital level was also evaluated for the presence of this pathology.

### Posterior interosseous nerve syndrome (11 patients)

The group of patients with posterior interosseous nerve entrapment consisted of 11 patients, including 7 cases in which compression was caused by the bands of fascia and 4 cases in which entrapment was caused by the crossing vascular bundle.



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>
Średnica (mm) <i>Diameter</i> [mm]	2,0	0,5	1,2	1,8	2,7



**Tab. 3.** Częstość występowania poszczególnych analizowanych elementów ultrasonograficznych u pacjentów z objawami przewlekłej neuropatii PIN

**Tab. 3.** Frequency in which individual ultrasound elements occurred in patients with symptoms of chronic PIN neuropathy

Badania EMG wykonano u czterech pacjentów – potwierdzenie rozpoznania USG uzyskano zaledwie w jednym przypadku, w pozostałych zapis EMG był prawidłowy. U wszystkich badanych ucisk głowicą USG miejsca uwidocznionej patologii wywoływał charakterystyczny silny ból. Średnica nerwu na poziomie wejścia do mięśnia odwracacza przedramienia wahała się od 1,2 do 2,7 mm (średnia 2,0 mm) (tab. 3). Ze względu na niewielki rozmiar nerwu ocena pola powierzchni jego przekroju oraz unaczynienia nerwu nie była miarodajna.

W ostatnich latach zespół uciskowy nerwu międzykostnego tylnego był tematem kilku publikacji. Jedną z pierwszych prac na ten temat opublikowali Bodner i wsp. w 2002 roku<sup>(49)</sup>. Porównując obraz USG 4 pacjentów z objawami PIN i 10 zdrowych ochotników, wykazali powiększenie średnicy nerwu do około 3,3 mm (wymiar przednio-tylny) u osób z objawami neuropatii uciskowej, w porównaniu z 1,3 mm w grupie zdrowych ochotników. Wszystkie przypadki neuropatii PIN zaobserwowane w USG potwierdzono w badaniach neurofizjologicznych oraz śródoperacyjnie. W kolejnych latach pojawiały się pojedyncze prace, które potwierdzały skuteczność ultrasonografii w ocenie przedoperacyjnej PIN<sup>(50,51)</sup>.

W pracy własnej grupa pacjentów z neuropatią PIN była większa od podawanych w dotychczasowych doniesieniach. Średnica nerwu w badaniach własnych wyniosła średnio 2,0 mm. Dziesięciu chorych zostało zoperowanych i obraz śródoperacyjny potwierdził patologie uwidocznione w badaniu USG. Jednego pacjenta skierowano na rehabilitację z dobrym końcowym wynikiem leczenia.

Zauważalna różnica między średnicą ocenianych nerwów w badaniach własnych a niektórymi cytowanymi powyżej

EMG tests were conducted in four patients, but the US findings were confirmed in merely one case; in the remaining cases the EMG was normal. In all patients, compression applied with the US transducer at the site of the visualized pathology induced characteristic severe pain. The diameter of the nerve at its entry to the supinator muscle ranged from 1.2 to 2.7 mm (mean 2.0 mm) (tab. 3). Due to the small size of the nerve, the assessment of its cross-sectional area and vascularity was not reliable.

In the past years, posterior interosseous nerve entrapment has been discussed in several publications. One of the first papers was prepared by Bodner *et al.* in 2002<sup>(49)</sup>. Having compared the US images of 4 patients with PIN symptoms and 10 healthy volunteers, the authors demonstrated an increase in the diameter of the nerve to approximately 3.3 mm (anteroposterior diameter) in patients with the symptoms of an entrapment neuropathy, whereas the diameter in healthy individuals amounted to 1.3 mm. All cases of PIN neuropathy observed in US examinations were verified intraoperatively and in neurophysiological tests. In the subsequent years, single reports appeared that confirmed the effectiveness of ultrasonography in preoperative PIN assessment<sup>(50,51)</sup>.

In the author's own paper, a group of patients with PIN neuropathy was larger compared to previous reports. The mean diameter of the nerve was 2.0 mm. Ten patients were operated, and the intraoperative picture verified the pathology visualized in the US examination. Rehabilitation was recommended in one case, with a good final outcome.

An evident difference between the diameters of the nerves measured in the author's own study and in certain papers

autorów może wynikać z faktu, że według własnej metodyki pomiarów dokonywano na poziomie linii nanerwia, podczas gdy w pracach pozostałych badaczy ten element metodyki nie został sprecyzowany. Nie można wykluczyć, że pomiaru dokonywano, zaznaczając kursorem zewnętrzny zarys nanerwia. Ponadto autorzy wykonywali badania głowicą o częstotliwości do 12 MHz, natomiast w pracy własnej stosowano głowice o wysokiej rozdzielczości – 18 MHz – co ma szczególne znaczenie w przypadku drobnych struktur, takich jak PIN.

W 2010 roku Amerykanie zwrócili uwagę na zjawisko fizjologicznej zmiany kształtu nerwu w miejscu wejścia do mięśnia odwracacza<sup>(52)</sup>. Opisali 50 łokci u 47 bezobjawowych pacjentów, stwierdzając, iż pomimo spłaszczenia nerwu w miejscu jego wejścia do mięśnia odwracacza przedramienia nie zmienia się znacząco jego pole powierzchni. W ocenie własnej pomiar pola powierzchni jest obarczony ryzykiem dużego błędu statystycznego ze względu na bardzo małe rozmiary tego nerwu.

W 2013 roku została opublikowana praca oparta na analizie 13 osób z objawami neuropatii uciskowej PIN<sup>(53)</sup>. Wyniki porównano do grupy 20 zdrowych ochotników. Uzyskane wartości średnicy nerwu w miejscu wejścia pod krawędź mięśnia odwracacza przedramienia były zgodne z uzyskanymi w pracy własnej (osoby objawowe 2 mm vs zdrowi ochotnicy 1,1 mm).

W badaniach własnych do oceny neuropatii PIN obok statycznej oceny USG nerwu stosowano element badania dynamicznego. Ocena dynamiczna tej neuropatii (wykorzystywana standardowo do badania zmian pourazowych i w kontrolach pooperacyjnych nerwów) w diagnostyce przedoperacyjnej neuropatii uciskowej była elementem nowatorskim na tle dotychczasowych doniesień. W czasie ruchów pronacji i supinacji obserwowano w USG kątowe zaginanie nerwu na poziomie wejścia lub wyjścia z mięśnia odwracacza lub na poziomie pęczka naczyniowo-nerwowego. Kątowe zaginanie stwierdzono u 7 pacjentów (67,6%). Jak dotąd jedynie Martinoli i wsp. w 2004 roku zwrócili uwagę na zależność kształtu tego nerwu od pozycji przedramienia, w jakiej oceniany jest nerw<sup>(52)</sup>.

Ponadto u każdego pacjenta wykonano próbę wywołania objawów bólowych poprzez precyzyjną palpację kontrolowaną ultrasonograficznie. Ten element oceny również był pomijany w dotychczasowych publikacjach, mimo że w opinii własnej wpływał na poprawę pewności diagnostycznej (wszystkie stwierdzone neuropatie potwierdzono śródoperacyjnie).

### *Neuropatia nerwu międzykostnego przedniego (AIN)*

Neuropatię uciskową AIN stwierdzono w jednym przypadku – u 37-letniej kobiety, którą na podstawie badania USG zakwalifikowano do dwupoziomowego odbarczenia – nerwu pośrodkowego na poziomie kanału nadgarstka oraz AIN w początkowym odcinku. Wykonane przed zabiegiem

quoted above may result from the fact that in the author's own study the measurements were performed along the epineurium line whereas in the remaining papers, this element of the methods was not specified. The fact that the measurements were made by marking the outer outline of the epineurium cannot be excluded. Moreover, the investigators conducted US examinations with the use of 12 MHz probes, whereas in the author's own study high-frequency probes were used (18 MHz), which is of particular significance in the case of slight structures, such as the PIN.

In 2010, the American investigators drew attention to the phenomenon of physiological change of shape of the nerve at the entry to the supinator muscle<sup>(52)</sup>. They described 50 elbows in 47 asymptomatic patients and found that despite nerve flattening at its entry to the supinator muscle, its cross-sectional area does not change in a significant way. In the author's own opinion, measuring the cross-sectional area is burdened with a considerable statistical error due to minute size of this nerve.

In 2013, a paper concerning PIN entrapment appeared<sup>(53)</sup>. It was based on 13 symptomatic patients. The results were compared with a group of 20 healthy volunteers. The diameters of the nerve at its entry under the supinator muscle were consistent with those observed in the author's own study (2 mm in symptomatic patients vs 1.1 mm in healthy volunteers).

The author of this study assessed PIN neuropathy in a static US examination and used also the elements of a dynamic test. The dynamic assessment of this condition (which is normally used for assessment of posttraumatic changes and in postoperative follow-up) in a preoperative diagnosis of entrapment neuropathies was a novelty considering previous reports. During pronation and supination movement, US showed nerve angulation at its entry to and exit from the supinator muscle or at the level of the neurovascular bundle. Angulation was observed in 7 patients (67.6%). To date, only Martinoli *et al.*, in 2004, drew attention to the relationship of the shape of the nerve and the position of the forearm in which the nerve is assessed<sup>(52)</sup>.

Moreover, it was attempted to induce pain by precise ultrasound-guided palpation in each patient. This element of assessment was also omitted in previous studies despite the fact that, according to the author of this paper, it contributed to diagnostic certainty (all neuropathies diagnosed were surgically verified).

### *Anterior interosseous nerve (AIN) syndrome*

AIN entrapment neuropathy was identified in one case – in a 37-year-old woman who, based on US findings, was qualified to a two-level decompression procedure: of the median nerve at the carpal tunnel and the AIN in its initial segment. EMG tests conducted prior to the procedure indicated only the median nerve compression

badanie EMG wykazało ucisk jedynie na nerw pośredkowy na poziomie nadgarstka. Śródoperacyjnie potwierdzono wynik badania USG.

Problem diagnostyki ultrasonograficznej zespołu uciskowego AIN został poruszony zaledwie w kilku publikacjach. Pierwsza ukazała się w 1999 roku<sup>(54)</sup>. Autorzy przedstawili przypadek 44-letniej kobiety, u której przeprowadzono badanie USG oraz MR. W opinii autorów podstawowym kryterium diagnostycznym była masa i echogeniczność unerwianych przez ten nerw mięśni (zginacza długiego kciuka, mięśnia nawrotnego czworobocznego oraz zginacza głębokiego dla palca II), porównywana w obu kończynach. Na wagę tego kryterium wskazują także inni autorzy<sup>(5,7)</sup>. Kolejnym interesującym aspektem omawianej pracy była ocena unaczynienia mięśni w opcji dopplerowskiej w spoczynku oraz po wysiłku<sup>(54)</sup>. W spoczynku widoczne były pojedyncze naczynia, natomiast po wysiłku autorzy wykazali brak unaczynienia w objawowej kończynie i przekrwienie w kontralateralnej. Porównując wyniki badania USG z MR, zwrócili uwagę na obiektywny charakter oceny morfologii unerwianych mięśni w MR w porównaniu z USG. Z kolei badanie USG pozwalało w prosty i nieinwazyjny sposób ocenić czynnościowo (tj. w spoczynku i po wysiłku) stopień unaczynienia mięśni. W badaniach własnych nie dokonywano oceny unaczynienia mięśni, niemniej parametr ten wydaje się cennym kryterium diagnostycznym, które poszerzy metodykę przyszłych badań własnych. Autorzy wykluczyli możliwość bezpośredniej oceny pnia nerwu, co wynikało najpewniej z braku w ówczesnym okresie głowic o wysokich częstotliwościach. Podobnie postąpiono w innej publikacji<sup>(7)</sup>. Dzięki stosowaniu głowicy o wysokiej częstotliwości ocena morfologii nerwu była jednym z kryteriów jego oceny w badaniach własnych oraz autorów aktualnych prac<sup>(5)</sup>.

### *Neuropatia gałęzi powierzchownej nerwu promieniowego (RSNR)*

Cechy zespołu Wartenberga, tj. neuropatii RSNR na poziomie skrzyżowania z I przedziałem prostowników, stwierdzono u trzech pacjentów. U jednej osoby przyczyną był ganglion troczka tego przedziału, u pozostałych dwóch – pogrubiały troczek w przebiegu choroby de Quervaina.

W jednym przypadku w badaniu USG uzyskano wynik fałszywie ujemny. Nie stwierdzono patologii nerwu, ale wobec miejscowych objawów klinicznych i nieskuteczności dotychczasowego leczenia zachowawczego pacjentka została zoperowana. Śródoperacyjnie ujawniono cechy zmian neuropatycznych RSNR. Po zabiegu dolegliwości u pacjentki wciąż występowały, a chirurg najpewniej błędnie zinterpretował pogrubienie nerwu jako patologię, a nie wariant anatomiczny. Po 11 miesiącach w kontrolnym badaniu USG obraz ultrasonograficzny RSNR nie uległ zmianie w stosunku do obrazu badania przedoperacyjnego.

W ocenie własnej wykonywano pomiar średnicy nerwu, a nie pola powierzchni, biorąc pod uwagę zbyt duże ryzyko błędu przy ręcznym zakreszaniu pola (podobnie jak

at the carpal tunnel. The US findings were verified intraoperatively.

The problem of ultrasound diagnosis of AIN entrapment syndrome was discussed in merely several publications. The first one appeared in 1999<sup>(54)</sup>. The authors presented a case of a 44-year-old female who underwent a US and MRI examinations. In the authors' opinion, the major diagnostic criterion was the mass and echogenicity of the muscles innervated by this nerve (flexor pollicis longus, pronator quadratus and flexor digitorum profundus of the second digit), compared in two extremities. The relevance of this criterion is also indicated by other authors<sup>(5,7)</sup>. Another interesting aspect of this paper was the assessment of muscle vascularity with the use of the Doppler mode while resting and following physical exertion<sup>(54)</sup>. While resting, single vessels were visible whereas the examination conducted after physical exertion showed the absence of flow in the symptomatic extremity and hyperemia in the contralateral one. When comparing US findings with MRI results, the authors drew attention to an objective character of morphology assessment of the innervated muscles in MRI. Ultrasonography, in turn, enabled a simple and non-invasive functional assessment of muscle perfusion degree (i.e. while resting and after physical exertion). In the author's own study, vascularity of the muscles was not assessed. Nevertheless, this parameter seems to be an important diagnostic criterion which will broaden the author's methods in the future. The investigators decided that the direct assessment of the nerve trunk was not possible, which probably resulted from the unavailability of high-frequency transducers at that period. A similar situation occurred in another study<sup>(7)</sup>. Thanks to using high-frequency transducers, the nerve morphology assessment was one of the criteria for its evaluation in the author's own study and in other contemporary studies<sup>(5)</sup>.

### *Neuropathy of the superficial branch of the radial nerve (RSNR)*

The features of Wartenberg's syndrome, i.e. RSNR neuropathy at the level where it crosses the first extensor compartment, was found in three patients. In one case, it was caused by a ganglion of the retinaculum of this compartment, and in two patients – by a thickened retinaculum in the course of de Quervain's disease.

In one case, the US result was false negative. No nerve pathology was observed, but the patient was operated due to local clinical signs and ineffectiveness of the previous conservative treatment. Intraoperatively, features of RSNR neuropathy were observed. Following the procedure, the symptoms did not subside, and the surgeon had probably misinterpreted the nerve thickening as pathology and not as an anatomic variant. After 11 months, a follow-up US examination showed no change of the RSNR compared to the preoperative image.

In the author's own study, the diameter of the nerve was measured instead of the cross-sectional area since the

w przypadku PIN). U pacjentów z zespołem Wartenberga średnica RSNR wynosiła średnio 2,5 mm (0,7–4 mm). Dodatkowo u wszystkich pacjentów z neuropatią RSNR obserwowano wyraźną tkliwość w czasie kompresji nerwu głowicą.

Na temat obrazu USG gałęzi powierzchownej nerwu promieniowego ukazało się niewiele publikacji. Jedną z pierwszych była analiza 20 bezobjawowych pacjentów, u których dokonywano pomiaru pola powierzchni przekroju nerwu<sup>(55)</sup>. U dwóch badanych stwierdzono zmiany patologiczne (nerwiaka i schwannoma). Największe liczebnie opracowanie na temat RSNR przedstawili badacze indyjscy w 2010 roku<sup>(56)</sup> – zbadali 60 świeżych przedramion zwłok, dokonując oceny ultrasonograficznej, a następnie dysekcyjnej i histologicznej. Przy pomocy USG mierzono pole powierzchni nerwów, liczbę pęczków, unaczynienie pnia, pole powierzchni towarzyszącej tkanki tłuszczowej oraz sumaryczne pole powierzchni poszczególnych pęczków. W ocenie histologicznej liczba pęczków widocznych w badaniu USG pokrywała się ze stanem rzeczywistym i wynosiła 6–12. Autorzy zwrócili uwagę, że ilość tkanki tłuszczowej w nerwie była większa u osób starszych i w odcinkach proksymalnych nerwu. Ocena pola powierzchni tkanki tłuszczowej oraz pól poszczególnych pęczków okazała się niewiarygodna. W badaniach własnych ani nie mierzono unaczynienia, ani nie oceniano budowy pęczkowej nerwu, z uwagi na małe wymiary nerwu i ryzyko błędu.

## Wnioski

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

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 niestabilności w dynamicznym badaniu USG;
  - dolegliwości bólowe prowokowane uciskiem nerwu głowicą.
2. W odniesieniu do weryfikacji klinicznej i operacyjnej zgodność z rozpoznaniem USG uzyskano w 98,6% przypadków. Niezgodność stwierdzono u 2 pacjentów.

## 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.*

risk of error was too high with manual contour marking (as with the PIN). The mean diameter of the RSNR was 2.5 mm (0.7–4 mm) in patients with Wartenberg's syndrome. Moreover, all patients with RSNR neuropathy manifested a considerable tenderness to compression with a US transducer.

There are few publications concerning the US image of the RSNR. One of the first studies involved 20 asymptomatic patients; the cross-sectional area of the nerve was measured<sup>(55)</sup>. In two patients, pathological lesions were observed (neuroma and schwannoma). The largest study in terms of the number of patients was presented by the investigators from India in 2010<sup>(56)</sup>. They examined 60 forearms of fresh cadavers and conducted an ultrasound examination, dissection and histological analysis. During the US examinations, the following were assessed: the cross-sectional area of the nerve, number of bundles, nerve trunk vascularization, area of the local adipose tissue and sum of cross-sectional areas of individual bundles. The histological analyses revealed that the number of bundles visible in the US examinations was consistent with the actual situation (6–12). The authors noted that the amount of the adipose tissue in the nerve was greater in older subjects and in the proximal segments of the nerve. The assessment of the adipose tissue area and areas of individual bundles occurred to be unreliable. Due to the small size of nerve and a risk of error, the author, in her own study, did not assess vascularity or bundle structure of the nerve.

## Conclusions

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

1. The ultrasound features of peripheral nerve defects which in the author's own study 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 instability in a dynamic US examination;
  - pain reaction to nerve compression with the transducer.
2. The results of clinical and surgical verification were consistent with the ultrasound findings in 98.6%. Inconsistency was observed in 2 patients.

## Conflict of interests

*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.*



## Piśmiennictwo / References

- Buchberger W, Judmaier W, Birbamer G, Lener M, Schmidauer C: Carpal tunnel syndrome: diagnosis with high-resolution sonography. *AJR Am J Roentgenol* 1992; 159: 793–798.
- Silvestri E, Martinoli C, Derchi LE, Bertolotto M, Chiaramondia M, Rosenberg I: Echotexture of peripheral nerves: correlation between US and histologic findings and criteria to differentiate tendons. *Radiology* 1995; 291: 291–296.
- Martinoli C: Imaging of the peripheral nerves. *Semin Musculoskelet Radiol* 2010; 14: 461–462.
- Bianchi S, Martinoli C: Ultrasonografia układu mięśniowo-szkieletowego. Tom I. Medipage, Warszawa 2009: 97.
- Jacobson JA, Fessell DP, da Gama Lobo L, Yang LJS: Entrapment neuropathies I: upper limb (carpal tunnel excluded). *Semin Musculoskelet Radiol* 2010; 14: 473–486.
- Bianchi S, Martinoli C: Ultrasonografia układu mięśniowo-szkieletowego. Tom II. Medipage, Warszawa 2009.
- Martinoli C, Bianchi S, Pugliese F, Bacigalupo L, Gauglio C, Valle M *et al.*: Sonography of entrapment neuropathies in the upper limb (wrist excluded). *J Clin Ultrasound* 2004; 32: 438–450.
- Zanetti M, Ledermann T, Zollinger H, Hodler J: Efficacy of MR imaging in patients suspected of having Morton's neuroma. *AJR Am J Roentgenol* 1997; 168: 529–532.
- Woertler K: Soft tissue masses in the foot and ankle: characteristics on MR imaging. *Semin Musculoskelet Radiol* 2005; 9: 227–242.
- Rowland LP (ed.): *Neurologia Merritta*. Tom I. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2008.
- Khachi G, Skirgaudes M, Lee WP, Wollstein R: The clinical applications of peripheral nerve imaging in the upper extremity. *J Hand Surg Am* 2007; 32: 1600–1604.
- Ciechomska A, Tomczykiewicz K, Bachta A, Thustochowicz W: Ultrasonograficzna ocena nerwu pośrodkowego w zespole cieśni nadgarstka. *Ultrasonografia* 2004; 4: 36–41.
- Domanasiewicz A, Koszewicz M, Jablecki J: Porównanie wartości diagnostycznej badań ultrasonograficznego i neurograficznego w zespole cieśni nadgarstka. *Neurol Neurochir Pol* 2009; 43: 433–438.
- Szopiński K, Mazurczak-Pluta T: Ultrasonograficzne rozpoznanie zespołu kanału nadgarstka – wartość objawu trójkątnego przekroju poprzecznego nerwu pośrodkowego. *Neurol Neurochir Pol* 2011; 45: 556–560.
- Rzepecka-Wejs L, Multan A, Konarzewska A: Thrombosis of the persistent median artery as a cause of carpal tunnel syndrome – case study. *J Ultrason* 2012; 12: 487–492.
- Klauser AS, Faschingbauer R, Bauer T, Wick MC, Gabl M, Arora R *et al.*: Entrapment neuropathies II: carpal tunnel syndrome. *Semin Musculoskelet Radiol* 2010; 14: 487–500.
- Kapuścińska K, Urbanik A: Ultrasonograficzna ocena nerwu pośrodkowego w zespole kanału nadgarstka. *Przegl Lek* 2013; 70: 281–285.
- Wong SM, Griffith JF, Hui AC, Lo SK, Fu M, Wong KS: Carpal tunnel syndrome: diagnostic usefulness of sonography. *Radiology* 2004; 232: 93–99.
- Ziswiler HR, Reichenbach S, Vögelin E, Bachmann LM, Villiger PM, Jüni P: Diagnostic value of sonography in patients with suspected carpal tunnel syndrome: a prospective study. *Arthritis Rheum* 2005; 52: 304–311.
- Yesildag A, Kutluhan S, Sengul N, Koyuncuoglu HR, Oyar O, Guler K *et al.*: The role of ultrasonographic measurements of the median nerve in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Clin Radiol* 2004; 59: 910–915.
- Duncan I, Sullivan P, Lomas F: Sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 173: 681–684.
- Hammer HB, Hovden IA, Haavardsholm EA, Kvien TK: Ultrasonography shows increased cross-sectional area of the median nerve in patients with arthritis and carpal tunnel syndrome. *Rheumatology (Oxford)* 2006; 45: 584–588.
- Sernik RA, Abicalaf CA, Pimentel BF, Braga-Baiak A, Braga L, Cerri GG: Ultrasound features of carpal tunnel syndrome: a prospective case-control study. *Skeletal Radiol* 2008; 37: 49–53.
- Wiesler ER, Chloros GD, Cartwright MS, Smith BP, Rushing J, Walker FO: The use of diagnostic ultrasound in carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am* 2006; 31: 726–732.
- Altinok T, Baysal O, Karakas HM, Sigirci A, Alkan A, Kayhan A *et al.*: Ultrasonographic assessment of mild and moderate idiopathic carpal tunnel syndrome. *Clin Radiol* 2004; 59: 916–925.
- Pastare D, Therimadasamy AK, Lee E, Wilder-Smith EP: Sonography versus nerve conduction studies in patients referred with a clinical diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Clin Ultrasound* 2009; 37: 389–393.
- Banach M, Bogucki A (ed.): *Zespoły z ucisku – diagnostyka i leczenie*. Medycyna Praktyczna, Kraków 2003.
- Żyłuk A, Walaszek I, Szlosser Z: No correlation between sonographic and electrophysiological parameters in carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Eur Vol* 2014; 39: 161–166.
- Lee D, van Holsbeeck MT, Janevski PK, Ganos DL, Ditmars DM, Darian VB: Diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Ultrasound versus electromyography*. *Radiol Clin North Am* 1999; 37: 859–872.
- Klauser AS, Halpern EJ, De Zordo T, Feuchtner GM, Arora R, Gruber J *et al.*: Carpal tunnel syndrome assessment with US: value of additional cross-sectional area measurements of the median nerve in patients healthy versus volunteers. *Radiology* 2009; 250: 171–177.
- Klauser AS, Halpern EJ, Faschingbauer R, Guerra F, Martinoli C, Gabl MF *et al.*: Bifid median nerve in carpal tunnel syndrome: assessment with US cross-sectional area measurement. *Radiology* 2011; 259: 808–815.
- Sarría L, Cabada T, Cozcolluela R, Martínez-Berganza T, García S: Carpal tunnel syndrome: usefulness of sonography. *Eur Radiol* 2000; 10: 1920–1925.
- Koyuncuoglu HR, Kutluhan S, Yesildag A, Oyar O, Guler K, Ozden A: The value of ultrasonographic measurement in carpal tunnel syndrome in patients with negative electrodiagnostic tests. *Eur J Radiol* 2005; 56: 365–369.
- Visser LH, Smidt MH, Lee ML: High-resolution sonography versus EMG in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2008; 79: 63–67.
- Moran L, Perez M, Esteban A, Bellon J, Arranz B, del Cerro M: Sonographic measurement of cross-sectional area of the median nerve in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: correlation with nerve conduction studies. *J Clin Ultrasound* 2009; 37: 125–131.
- Pinilla I, Martin-Hervas C, Sordo G, Santiago S: The usefulness of ultrasonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Eur Vol* 2008; 33: 435–439.
- Chiou HJ, Chou YH, Cheng SP, Hsu CC, Chan RC, Tiu CM *et al.*: Cubital tunnel syndrome: diagnosis by high-resolution ultrasonography. *J Ultrasound Med* 1998; 17: 643–648.
- Jacob D, Creteur V, Courthaliac C, Bargoin R, Sassus B, Bacq C *et al.*: Sonoanatomy of the ulnar nerve in the cubital tunnel: a multicentre study by the GEL. *Eur Radiol* 2004; 14: 1770–1773.
- Wiesler ER, Chloros GD, Cartwright MS, Shin HW, Walker FO: Ultrasound in the diagnosis of ulnar neuropathy at the cubital tunnel. *J Hand Surg Am* 2006; 31: 1088–1093.
- Yoon JS, Walker FO, Cartwright MS: Ultrasonographic swelling ratio in the diagnosis of ulnar neuropathy at the elbow. *Muscle Nerve* 2008; 38: 1231–1235.
- Volpe A, Rossato G, Bottanelli M, Marchetta A, Caramaschi P, Bambara LM *et al.*: Ultrasound evaluation of ulnar neuropathy at the elbow: correlation with electrophysiological studies. *Rheumatology (Oxford)* 2009; 48: 1098–1101.
- O'Driscoll SW, Horii E, Carmichael SW, Morrey BF: The cubital tunnel and ulnar neuropathy. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73: 613–617.
- Yalcin E, Demir SO, Dizdar D, Buyukvural S, Akyuz M: Hypertrophic anconeous epitrochlearis muscle as a cause of ulnar neuropathy at elbow. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2013; 26: 155–157.
- Dekelver I, Van Glabbeek F, Dijns H, Stassijns G: Bilateral ulnar nerve entrapment by the M. anconeus epitrochlearis. A case report and literature review. *Clin Rheumatol* 2012; 31: 1139–1142.

45. Grechenig W, Mayr J, Peicha G, Boldin C: Subluxation of the ulnar nerve in the elbow region – ultrasonographic evaluation. *Acta Radiol* 2003; 44: 662–664.
46. Filippou G, Mondelli M, Greco G, Bertoldi I, Frediani B, Galeazzi M *et al.*: Ulnar neuropathy at the elbow: how frequent is the idiopathic form? An ultrasonographic study in a cohort of patients. *Clin Exp Rheumatol* 2010; 28: 63–67.
47. Okamoto M, Abe M, Shirai H, Ueda N: Morphology and dynamics of the ulnar nerve in the cubital tunnel: observation by ultrasonography. *J Hand Surg Eur Vol* 2000; 25: 85–89.
48. Jacobson JA, Jebson P, Jeffers AW, Fessell DP, Hayes CW: Ulnar nerve dislocation and snapping triceps syndrome: diagnosis with dynamic sonography – report of three cases. *Radiology* 2001; 220: 601–605.
49. Bodner G, Harpf C, Meirer R, Gardetto A, Kovacs P, Gruber H: Ultrasonographic appearance of supinator syndrome. *J Ultrasound Med* 2002; 21: 1289–1293.
50. Chien AJ, Jamadar DA, Jacobson JA, Hayes CW, Louis DS: Sonography and MR imaging of posterior interosseous nerve syndrome with surgical correlation. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 181: 219–221.
51. Nakamichi K, Tachibana S: Ultrasonographic findings in isolated neuritis of the posterior interosseous nerve: comparison with normal findings. *J Ultrasound Med* 2007; 26: 683–687.
52. Dong Q, Jamadar DA, Robertson BL, Jacobson JA, Caoili EM, Gest T *et al.*: Posterior interosseous nerve of the elbow: normal appearances simulating entrapment. *J Ultrasound Med* 2010; 29: 691–696.
53. Djurdjevic T, Loizides A, Löscher W, Gruber H, Plaikner M, Peer S: High resolution ultrasound in posterior interosseous nerve syndrome. *Muscle Nerve* 2014; 49: 35–39.
54. Hide IG, Grainger AJ, Naisby GP, Campbell RS: Sonographic findings in the anterior interosseous nerve syndrome. *J Clin Ultrasound* 1999; 27: 459–464.
55. Visser LH: High-resolution sonography of the superficial radial nerve with two case reports. *Muscle Nerve* 2009; 39: 392–395.
56. Marx SC, Kumar P, S D, Marx CA, Babu MS, Bhat KM: Histological and ultrasonographical study of the human superficial branch of the radial nerve at distal forearm and its clinical implications. *Rom J Morphol Embryol* 2010; 51: 751–758.