

Submitted: 20.07.2012

Accepted: 05.08.2012

## Ocena ultrasonograficzna wybranych patologii nerwów obwodowych.

### Część I: Neuropatie uciskowe kończyny górnej – z wyłączeniem zespołu cieśni kanału nadgarstka

Ultrasound assessment on selected peripheral nerve pathologies.

Part I: Entrapment neuropathies of the upper limb – excluding carpal tunnel syndrome

Berta Kowalska<sup>1</sup>, Iwona Sudoł-Szopińska<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Indywidualna Specjalistyczna Praktyka Lekarska Berta Kowalska, Kraków, Polska

<sup>2</sup> Zakład Radiologii, Instytut Reumatologii w Warszawie

oraz Zakład Diagnostyki Obrazowej, II Wydział Lekarski WUM, Warszawa, Polska

Adres do korespondencji: Berta Kowalska, ul. Słomczyńskiego 12/8, 31-234 Kraków,

e-mail: berta.kowalska@gmail.com, tel.: 605 890 350

#### Słowa kluczowe

neuropatie uciskowe,  
ultrasonografia,  
zespół mięśnia  
nawrotnego obłęgo,  
zespół Kilooha-Nevina,  
zespół kanału  
Guyona, zespół  
mięśnia odwracacza,  
choroba  
Wartenberga,  
zespół górnego  
otworu klatki  
piersiowej

#### Streszczenie

Badanie ultrasonograficzne jest jedną z metod dodatkowych wykorzystywanych w diagnostyce neuropatii uciskowych, urazów i guzów nerwów, a także w celu oceny powikłań pooperacyjnych dotyczących nerwów. W ostatnim czasie badanie to zyskało na popularności ze względów nie tylko ekonomicznych, ale przede wszystkim ze względu na wartość diagnostyczną. Pozwala na bardzo precyzyjną ocenę patologii pnia nerwu obwodowego – zarówno morfologii, jak i lokalizacji. W czasie badania istnieje możliwość oceny dynamicznej, wypromieniowania bólu poprzez precyzyjną palpację oraz porównania obrazu z kończyną kontrlateralną. W pracy omówiono zespoły uciskowe nerwów obwodowych kończyny górnej, z pominięciem najczęstszej, tym samym szeroko prezentowanej w literaturze medycznej, neuropatii nerwu pośrodkowego na poziomie kanału nadgarstka. Przedstawiono zespół mięśnia nawrotnego obłęgo, neuropatię nerwu międzykostnego przedniego, zespół rowka nerwu łokciowego i zespół kanału łokciowego, zespół kanału Guyona, neuropatię nerwu promieniowego, neuropatię nerwu międzykostnego tylnego, chorobę Wartenberga, neuropatię nerwu nadłopatkowego oraz zespół górnego otworu klatki piersiowej. Technika badania nerwów obwodowych została przedstawiona w poprzednich artykułach, prezentujących anatomie prawidłową nerwów obwodowych [Journal of Ultrasonography 2012; 12 (49): 120–163 – Anatomia prawidłowa i ultrasonograficzna wybranych nerwów obwodowych. Część I: Sonohistologia oraz ogólne zasady badania na przykładzie nerwu pośrodkowego; Część II: Wybrane nerwy obwodowe kończyny górnej; Część III: Nerwy obwodowe kończyny dolnej]. W niniejszym artykule omówiono potencjalne miejsca ucisku poszczególnych nerwów, biorąc pod uwagę patomechanizmy uszkodzenia, w tym predysponujące warianty anatomiczne (mięśnie dodatkowe). Określono parametry oceny ultrasonograficznej – echogeniczność i echostrukturę, grubość (obrzęk i wiązający się z tym wzrost pola powierzchni przekroju poprzecznego pnia nerwu), unaczynienie oraz wzajemne relacje z przylegającymi tkankami.

**Key words**

entrapment neuropathies, ultrasound, pronator teres muscle syndrome, Kiloh-Nevin syndrome, Guyon's canal syndrome, supinator muscle syndrome, Wartenberg's disease, thoracic outlet syndrome

**Abstract**

Ultrasound (US) is one of the methods for imaging entrapment neuropathies, post-traumatic changes to nerves, nerve tumors and postoperative complications to nerves. This type of examination is becoming more and more popular, not only for economic reasons, but also due to its value in making accurate diagnosis. It provides a very precise assessment of peripheral nerve trunk pathology – both in terms of morphology and localization. During examination there are several options available to the specialist: the making of a dynamic assessment, observation of pain radiation through the application of precise palpation and the comparison of resultant images with the contra lateral limb. Entrapment neuropathies of the upper limb are discussed in this study, with the omission of median nerve neuropathy at the level of the carpal canal, as extensive literature on this subject exists. The following pathologies are presented: pronator teres muscle syndrome, anterior interosseus nerve neuropathy, ulnar nerve groove syndrome and cubital tunnel syndrome, Guyon's canal syndrome, radial nerve neuropathy, posterior interosseous nerve neuropathy, Wartenberg's disease, suprascapular nerve neuropathy and thoracic outlet syndrome. Peripheral nerve examination technique has been presented in previous articles presenting information about peripheral nerve anatomy [Journal of Ultrasonography 2012; 12 (49): 120–163 – Normal and sonographic anatomy of selected peripheral nerves. Part I: Sonohistology and general principles of examination, following the example of the median nerve; Part II: Peripheral nerves of the upper limb; Part III: Peripheral nerves of the lower limb]. In this article potential compression sites of particular nerves are discussed, taking into account pathomechanisms of damage, including predisposing anatomical variants (accessory muscles). The parameters of ultrasound assessment have been established – echogenicity and echostructure, thickness (edema and related increase in the cross sectional area of the nerve trunk), vascularization and the reciprocal relationship with adjacent tissue.

**Wstęp**

Badanie ultrasonograficzne (USG) należy do metod wykorzystywanych w diagnostyce neuropatii uciskowych, urazów i guzów nerwów oraz powikłań pooperacyjnych dotyczących nerwów. W przypadku wszystkich wymienionych patologii ocenie w USG podlegają zarysy nerwu na przekroju poprzecznym i podłużnym, jego wewnętrzna echostruktura oraz stopień unaczynienia.

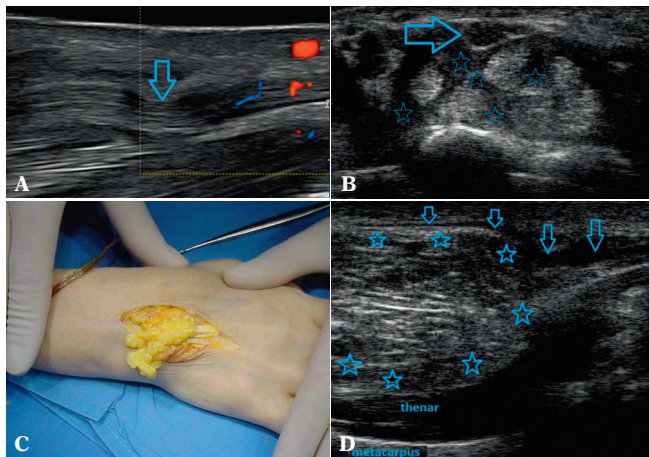
W przewlekłych neuropatiach uciskowych obrzęk nerwu i przekrwienie są widoczne proksymalnie od miejsca kompresji (ryc. 1 A). Na przekroju podłużnym widoczne jest klepsydrowate przewężenie. Obserwując nerw na przekroju poprzecznym, tzw. techniką windy, można zauważyć odcinkową zmianę kształtu z owalnego na bardziej okrągły lub wręcz okrągły oraz korespondujące z tym miejscem obniżenie echogeniczności, świadczące o obecności obrzęku. Zawsze należy szczegółowo oceniać bezpośrednie sąsiedztwo nerwu pod kątem patologii mogących oddziaływać na nerw poprzez „efekt masy”, takich jak wewnątrzstawowy wysięk (z uwypukleniem zachyłków stawu) (ryc. 1 B, C), łagodne zmiany rozrostowe (ryc. 1 D) czy wyrosła kostne (osteofitoza). Bardzo pomocna, szczególnie w sytuacjach wątpliwych, bywa ocena porównawcza ze stroną przeciwną, pod warunkiem braku patologii w okolicy referencyjnej. Pośrednią informację

**Introduction**

US is just one of the methods for imaging entrapment neuropathies, post-traumatic changes to nerves, nerve tumors and postoperative complications to nerves. In the case of all the above-mentioned, the nerve outline in cross section and longitudinal section, its inner echostructure and vascularization are assessed.

In chronic entrapment nerve pathology, edema and hyperemia are visible proximally to the compression site (fig. 1 A). On the longitudinal section, hour-glass narrowing is visible and in cross section, using the so-called lift technique, it is possible to notice a change in shape from segment to segment – from an oval towards a more rounded shape, or even to a complete circle. Corresponding to this site there occurs a decrease in echogenicity, which is a sign of the presence of edema.

The direct neighborhood of the nerve should always be assessed in detail with regard to any particular pathology which may have acted on the nerve through “mass effect”, such as intra-articular effusion (with a bulging of the joint recesses) (figs. 1 B, C), benign hyperplastic lesions (fig. 1 D) or osteophytes (osteophytosis). A comparative assessment with the opposite side can be very helpful, particu-



**Ryc. 1** **A.** Przewlekła neuropatia nerwu pośrodkowego na poziomie kanału nadgarstka: miejsce ucisku (strzałka), dogłównowo cechy przekrwienia nerwu. **B.** Wysiękowe zapalenie pochewek ścięgien zginaczy (gwiazdki – wysięk, strzałka – nerw pośrodkowy). **C.** Zdjęcie śródoperacyjne przerostu błony maziowej. **D.** Obrzęknięta gałąź do kłębu kciuka (strzałki), modelowana przez guz (hist.-pat. – tłuszczak; gwiazdki)

**Fig. 1** **A.** Chronic neuropathy of the median nerve at the level of the carpal canal: compression site (arrow), cephalad nerve hyperemia symptoms. **B.** Effusive inflammation of the tendinous sheath of extensors (asterisk – effusion, arrow – median nerve). **C.** Intraoperative image of the synovial membrane hypertrophy. **D.** Swollen branch of the thumb (arrows), shaped by tumor (in histopathological examination – lipoma; asterisks)

o kondycji nerwu można uzyskać na podstawie obrazu unerwianych przez niego mięśni (o ile oczywiście nie jest to nerw czysto czuciowy). W efekcie przewlekłych neuropatii mięśnie te tracą masę (ryc. 1 E) i ulegają przemianom wstecznym, tj. zanikowi tłuszczowemu, co manifestuje się w USG podwyższeniem echogeniczności i utratą struktury włóknkowej<sup>(1-4)</sup>. Niezmiernie ważna jest możliwość prowokacji objawów (wypromieniowania bólu czy parestezji) poprzez precyzyjną palpację w miejscu uwidocznionej patologii. Stałym elementem badania ultrasonograficznego powinna być ocena dynamiczna, nabierająca szczególnego znaczenia w sytuacjach pooperacyjnych, gdzie powikłaniem bywają zrosty nerwu z przylegającymi tkankami. Pod względem możliwości rozpoznawania patologii nerwów te dwie ostatnie cechy wyróżniają badanie USG na tle innych metod diagnostyki obrazowej, np. rezonansu magnetycznego (MRI).

## Nerw pośrodkowy

### Zespół mięśnia nawrotnego obłego

W przypadku patologii nerwu pośrodkowego na poziomie wejścia pomiędzy głowę ramienną a łok-

larly in doubtful cases. Indirect information about nerve condition can be achieved based on an image taken of the muscles innervated by it (if the nerve is not purely sensory of course). Muscles lose mass as a result of chronic neuropathy (fig. 1 E), undergoing degeneration, fatty atrophy, which manifests in US by an increased echogenicity and a loss of fiber structure<sup>(1-4)</sup>. The provocation of symptoms (radiating pain or paresthesias) is important and can be achieved by the precise palpation in the area of the visualized pathology. US, as stated, enables dynamic assessment, this can be particularly important in postoperative conditions, where there might arise complications when pinching at the nerve is hampered by mediating scar tissue. In terms of diagnosis, these two latter features distinguish US among other methods of diagnostics, e.g. magnetic resonance imaging (MRI).

## Medial nerve

### Pronator teres muscle syndrome

In the case of medial nerve pathology at the level of entry between the humeral and ulnar heads of the pronator teres muscle, edema and nerve hypervascularization is searched for proximally to the compression site. When there are no symptoms in the contralateral limb, one should compare the morphology of both nerves (taking into account their cross sectional areas before entry under the muscle and at the site of the suspected compression) and the echostucture of the pronator teres muscles, regarding the presence of hematomas, post-traumatic fibrosis or hypertrophy. Benign tumors such as lipomas and hemangiomas or productive bony lesions (post-traumatic, degenerative) may be responsible for the “mass effect”. Attention should be drawn to a very rare anatomical variant related to the presence of a supracondylar process within the anterior-medial area of the distal epiphysis of the humerus. It constitutes the area Struthers’ ligament attachment, in the direction towards the medial condyle of the humerus and the medial intermuscular septum of the arm<sup>(5-7)</sup>. This ligament, intersecting the medial nerve can be the reason of its compression. The process and ligament are easily identified in US, however the examination always demands X-ray verification.

Medial nerve compression at the level of the elbow and proximal segment of the forearm can be caused by hypertrophic or fibrous aponeurosis of the biceps brachii muscle or fibrous proximal edge (tendinous

ciową mięśnia nawrotnego obłego poszukuje się proksymalnie od miejsca kompresji obrzęku oraz hiperwaskularyzacji nerwu. Przy braku dolegliwości ze strony kończyny kontralateralnej należy porównać morfologię obu nerwów (biorąc pod uwagę ich pola powierzchni przed wejściem pod mięsień i w miejscu podejrzanego ucisku) oraz echostrukturę mięśni nawrotnych obłych pod kątem obecności krwiaków, zwłóknień pourazowych czy przerostu. Za „efekt masy” mogą być odpowiedzialne łagodne guzy o charakterze tłuszczaków i naczynek bądź kostne zmiany wytwórcze (pourazowe, zwyrodnieniowe). Na uwagę zasługuje niezwykle rzadka odmiana anatomiczna związana z obecnością wyrostka nadkłykciowego na przednio-przyśrodkowej powierzchni nasady dalszej kości ramiennej. Stanowi on pole przyczepu więzadła Struthersa, biegnącego w kierunku kłykcia przyśrodkowej kości ramiennej i przegrody międzymięśniowej przyśrodkowej przedramienia<sup>(5-7)</sup>. Więzadło to, krzyżując nerw pośrodkowy, może być przyczyną jego ucisku. Wyrostek oraz więzadło są łatwo identyfikowane w USG, jednak badanie zawsze wymaga weryfikacji rentgenowskiej (RTG).

Ucisk na nerw pośrodkowy na poziomie stawu łokciowego i bliższego odcinka przedramienia może być spowodowany przez przerośnięte lub zwłókniałe rozciągno mięśnia dwugłowego ramienia lub zwłókniałą brzeg bliższy (łuk ścięgniasty) zginacza powierzchownego palców (FDS)<sup>(4)</sup>. Stan zapalny kaletki dwugłowo-promieniowej, jak również patologie zapalne samego ścięgna dystalnego mięśnia dwugłowego także mogą wywołać efekt kompresji.

### Zespół Kiloha-Nevina

Patologie nerwu międzykostnego przedniego (AIN) są związane z obecnością nieprawidłowych mas tkankowych zlokalizowanych w odległości około 6–8 cm od nadkłykcia przyśrodkowej kości ramiennej, na przedniej powierzchni przedramienia<sup>(7)</sup>. Mogą to być krwiaki pourazowe, jatrogenne, łagodne zmiany rozrostowe (tłuszczaki, naczyniaki) czy odmiany anatomiczne – włóknisty przyczep ścięgna mięśnia nawrotnego obłego lub zginacza palców powierzchownego (FDS III), ścięgna dodatkowe od FDS do zginacza długiego kciuka (FPL) lub jego głowa dodatkowa. Diagnostyka tego nerwu bywa problematyczna, z uwagi na trudności związane z jego uwidocznieniem. Stąd też badanie USG ma na celu nie tyle bezpośrednią ocenę nerwu, co poszukiwanie, w przypadku klinicznego

arch) of the flexor digitorum superficialis muscle (FDS)<sup>(4)</sup>. Inflammation of the bicipitoradial bursa as well as inflammatory pathologies of the distal tendon of the biceps brachii muscle itself can also evoke a compression effect.

### Kiloh-Nevin syndrome

Pathologies of the anterior interosseus nerve (AIN) are related to the presence of pathological tissue masses localized at a distance of about 6–8 cm from the medial epicondyle, on the anterior surface of the forearm<sup>(7)</sup>. It can be a post-traumatic hematoma, iatrogenic, benign tumors (lipomas, hemangiomas) or anatomical variant – fibrous attachment of the pronator teres muscle or flexor digitorum superficialis muscle (FDS III), accessory ligaments from FDS to the flexor pollicis longus muscle (FPL) or its accessory head. Diagnosis of this nerve can be problematic due to the difficulties related with visualization. Hence US is not performed in order to directly assess the nerve, but to search for, in the case of clinical suspicion of AIN neuropathy, the abovementioned pathological masses and degenerative atrophic lesions in the innervated muscles (FPL, part of flexor digitorum profundus – FDP, pronator quadratus muscle – PQ)<sup>(8-10)</sup> (fig. 2).

### Ulnar nerve

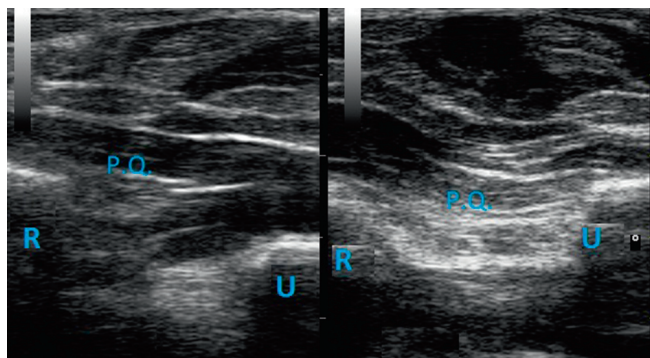
There are two potential areas prone to compression on the ulnar nerve trunk, at the elbow and at the wrist (Guyon's canal).

### Ulnar nerve compression at the elbow

Chronic compression on the ulnar nerve at the elbow is the second most common ailment, after entrapment neuropathy of the carpal tunnel syndrome<sup>(1,7)</sup>. The ulnar nerve can undergo compression in the area of the medial intermuscular septum perforation, at the level of the groove for the ulnar nerve or at the level of the entry to the proper ulnar nerve canal (that is between the heads of the flexor carpi ulnaris muscle)<sup>(5)</sup>.

In US the immediate neighborhood of the nerve which may be causing compression should be excluded. This might include – inflammation in the elbow and surrounding bursas, benign hyperplastic lesions, posttraumatic ossification and degenerative osteophytosis<sup>(1,5,7)</sup>. The cause of this neuropathy can





**Ryc. 2.** Zanik mięśnia nawrotnego czworobocznego (P.Q.) po stronie prawej, prawidłowy obraz w kończynie kontralateralnej po stronie lewej; kość promieniowa (R), kość łokciowa (U)

**Fig. 2.** Pronator quadratus muscle (P.Q.) atrophy on the right side, normal image in the contralateral limb on the left side; radial bone (R), ulna (U)

podejrzenia neuropatii AIN, ww. patologicznych mas oraz zmian wstecznych zanikowych w unerwianych mięśniach (FPL, część zginacza głębokiego palców – FDP, mięśnia nawrotnego czworobocznego – PQ)<sup>(8-10)</sup> (ryc. 2).

## Nerw łokciowy

Istnieją dwa potencjalne obszary ucisku na pień nerwu łokciowego, tj. poziom stawu łokciowego oraz nadgarstka (kanał Guyona).

### Ucisk na nerw łokciowy na poziomie stawu łokciowego

Przewlekły ucisk na nerw łokciowy na poziomie stawu łokciowego jest drugą co do częstości, po zespole kanału nadgarstka, neuropatią uciskową<sup>(1,7)</sup>. Nerw łokciowy może podlegać kompresji w miejscu przebiecia przegrody międzymięśniowej przyśrodkowej ramienia, na poziomie bruzdy nerwu łokciowego kości ramiennej lub na poziomie wejścia do właściwego kanału nerwu łokciowego (tj. pomiędzy głowy zginacza łokciowego nadgarstka)<sup>(5)</sup>.

W badaniu USG należy wykluczyć patologie bezpośredniego sąsiedztwa nerwu, które mogą powodować kompresję – zmiany zapalne w stawie łokciowym i okolicznych kaletkach, łagodne zmiany rozrostowe, skostnienia pourazowe oraz osteofitozę zwyrodnieniową<sup>(1,5,7)</sup>. Przyczyną tej neuropatii może być również obecność dodatkowego mięśnia, łokciowo-nadbloczkowego (*anconeus epitrochlearis*), uznanego przez niektórych chirurgów i anatomów za

also be the presence of an accessory muscle, *anconeus epitrochlearis*, thought by some surgeons and anatomists to be a muscular execution of Osborne's ligament<sup>(1,5)</sup> (fig. 3 A). It occurs in over 30% of population and most often is asymptomatic. Additional factors predisposing to the occurrence of the neuropathy within this section of the ulnar nerve are, a relatively less fatty tissue thickness, greater size of coronoid process (more often in men) and joint valgosity (more often in women)<sup>(3,5)</sup>.

For many years the upper limit of what was to be considered normal, relating to the area of ulnar nerve at the level of humeral epicondyle, was thought to be 7.5 mm<sup>2</sup><sup>(11)</sup>. Currently the value of 8.3 mm<sup>2</sup> is accepted or the ratio 1.5:1 of the area at the level of the groove to the arm level<sup>(3)</sup>. A great help in doubtful cases is comparison with the contralateral side (fig. 3 B). Obviously, as with each chronic neuropathy, other features of nerve image are analyzed, such as the loss of bundle structure and its hyperemia. The cross sectional area of the nerve is diagnosed above all else, as its assessment using the longitudinal application is usually less useful at this level, due to its non-linear course (figs. 3 C, D).

It should be noted that dynamic assessment regarding the luxation of the nerve above the groove (asymptomatic in about 20% of population) might indicate a predisposition towards slow nerve damage. This phenomenon occurs in cases of congenital lack of Osborne's band or luxation of the medial head of the triceps muscle<sup>(1)</sup>.

In the assessment of chronic ulnar nerve neuropathy one should pay attention to the presence of degenerative changes in the area of the forearm muscles, innervated by the nerve (flexor carpi ulnaris – FCU, FDP III, IV) and hand (thenar muscles and III, IV, lumbrical muscle, interosseous muscle I, abductor pollicis brevis muscle – AbdPB, flexor pollicis brevis muscle – FPB)<sup>(10)</sup>.

### Guyon's canal syndrome

As distinct from the level of the elbow, in Guyon's canal syndrome, nerve compression rarely occurs and idiopathic neuropathies at this level are within the area of casuistics<sup>(1,5,7)</sup>. In the majority of cases Guyon's canal syndrome is connected to the presence of abnormal tissue masses (lipomas, ganglions, ulnar artery aneurysma). The reason may also be accessory muscles, e.g. accessory digiti minimi abductor (fig. 4). It is present in 25% of population and most

umięśniony wariant więzadła Osborne'a<sup>(1,5)</sup> (ryc. 3 A). Występuje on u ponad 30% populacji i najczęściej bywa bezobjawowy. Dodatkowe czynniki usposabiające do wystąpienia neuropatii tego odcinka nerwu łokciowego to relatywnie mniejsza grubość tkanki tłuszczowej, większy rozmiar wyrostka dziobiastego (częściej u mężczyzn) oraz koślawość stawu (częściej dotyczy kobiet)<sup>(3,5)</sup>.

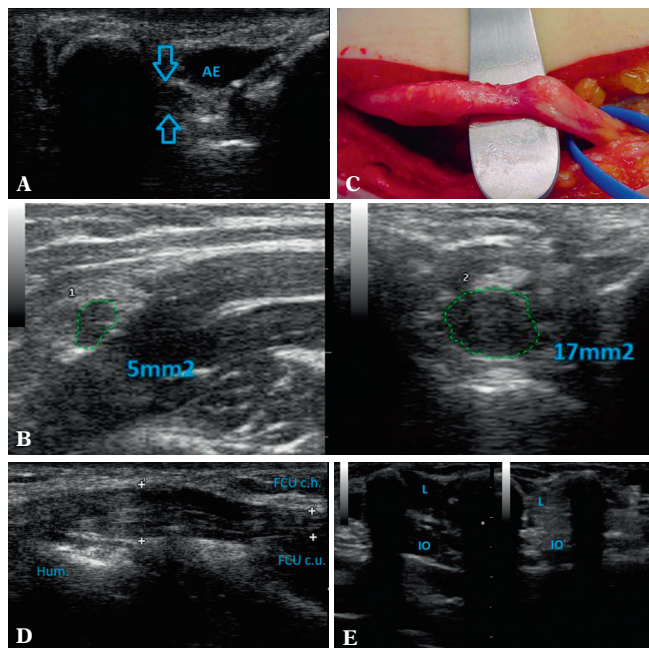
Przez wiele lat za górną granicę normy pola powierzchni nerwu łokciowego na poziomie nadkłykcia ramiennego uznawano wartość 7,5 mm<sup>2(11)</sup>. Obecnie przyjmuje się 8,3 mm<sup>2</sup> lub stosunek 1,5:1 pola powierzchni na poziomie bruzdy do poziomu ramienia<sup>(3)</sup>. Dużym ułatwieniem w sytuacjach wątpliwych jest porównanie ze stroną kontralateralną (ryc. 3 B). Oczywiście, jak w każdej przewlekłej neuropatii analizowane są także inne cechy obrazu nerwu, takie jak utrata pęczkowej struktury oraz jego przekrwienie. Diagnostyczny jest przede wszystkim przekrój poprzeczny nerwu, gdyż ocena z przyłożenia podłużnego bywa zazwyczaj na tym poziomie mało użyteczna, ze względu na jego nieliniyjny przebieg (ryc. 3 C, D).

Pamiętać należy o ocenie dynamicznej pod kątem zwichania nerwu poza bruzdę (bezobjawowo u około 20% populacji), co usposabia do powolnego uszkodzenia nerwu. Ze zjawiskiem tym mamy do czynienia w przypadku wrodzonego braku pasma Osborne'a lub zwichającej się głowy przyśrodkowej mięśnia trójgłowego<sup>(1)</sup>.

W ocenie przewlekłej neuropatii nerwu łokciowego należy również zwrócić uwagę na obecność zmian wstecznych w obrębie unerwianych mięśni na poziomie przedramienia (zginacza łokciowego nadgarstka – FCU, FDP III, IV) oraz ręki (mięśnie kłębiku, glistowaty III, IV, międzykostny I, odwodziela krótkiego kciuka – AbdPB, zginacza krótkiego kciuka – FPB)<sup>(10)</sup>.

### Zespół kanału Guyona

W odróżnieniu od poziomu stawu łokciowego w kanale Guyona rzadko dochodzi do ucisku nerwu, a idiopatyczne neuropatie na tym poziomie są kazuistyką<sup>(1,5,7)</sup>. W większości przypadków zespół kanału Guyona jest związany z obecnością nieprawidłowych mas tkankowych (tłuszczaki, gangliony, tętniaki tętnicy łokciowej). Przyczyną mogą być również mięśnie dodatkowe, np. dodatkowy odwodziela palca V (ryc. 4). Występuje on u 1/4 populacji i najczęściej



**Ryc. 3 A.** Mięsień łokciowo-nadłoczkowy (AE), uciskający na nerw łokciowy (strzałki). **B.** Przekrój poprzeczny nerwu łokciowego na poziomie trzonu kości ramiennej (pole przekroju 5 mm<sup>2</sup>) oraz na poziomie bruzdy nerwu łokciowego kości ramiennej (pole przekroju 17 mm<sup>2</sup>). **C.** Śródoperacyjny obraz przewlekłej neuropatii uciskowej nerwu łokciowego – nerw z wyraźnym miejscem przewężenia odsunięty na narzędziu chirurgicznym. **D.** Przekrój podłużny nerwu łokciowego (pomiędzy krzyżykami). **E.** Przykład pierwotnej neuropatii na poziomie wejścia pomiędzy głowy FCU (FCU c.h. – głowa ramienna, FCU c.u. – głowa łokciowa, Hum. – kość ramienna). **E.** Obraz ultrasonograficzny zmian zanikowych mięśni ręki na tle przewlekłej neuropatii nerwu łokciowego (L – mięśnie glistowate, IO – międzykostne)

**Fig. 3 A.** Anconeus epitrochlearis muscle (AE), compressing ulnar nerve (arrows). **B.** Ulnar nerve cross section at the level of the corpus of humerus bone (cross sectional area 5 mm<sup>2</sup>) and at the level of the groove for ulnar nerve (cross sectional area 17 mm<sup>2</sup>). **C.** Intraoperative image of chronic pressure neuropathy of ulnar nerve – the nerve with a clear narrowing site separated by the surgical tool. **D.** Longitudinal section of ulnar nerve (between the cross-hair pointers) as an example of a primary neuropathy at the level of the entry between the FCU heads (FCU c.h. – ulnar head, FCU c.u. – humeral head, Hum. – humerus bone). **E.** Ultrasound image of the atrophic lesions in hand muscles due to chronic ulnar nerve neuropathy (L – lumbricales muscles, IO – interossei)

often is asymptomatic, only predisposing towards neuropathic development<sup>(3)</sup>.

Careful attention should be paid to the hook of the hamate bone, particularly within the context of trauma medical interview. Its fracture is easily identified using US (in contrast to X-ray or even MRI). The hook constitutes a solid, non-elastic basis on which the superficial branch of the nerve may undergo compression and repeated microdamage.

jest bezobjawowy, jedynie predysponując do rozwoju neuropatii<sup>(3)</sup>.

Szczególne uwagę należy zwrócić na haczyk kości haczykowej, zwłaszcza w świetle wywiadu urazowego. Jego złamanie jest łatwo identyfikowane w USG (w przeciwieństwie do RTG czy nawet MRI). Haczyk stanowi twarde, nieelastyczne podłoże, na którym gałąź powierzchowna nerwu może podlegać kompresji i powtarzającym się mikrouszkodzeniom. Z sytuacją taką mamy do czynienia na przykład u rowerzystów czy osób pracujących z młotkiem<sup>(1,3,5)</sup>.

Ocena ultrasonograficzna opiera się przede wszystkim na poszukiwaniu wyżej wymienionych patologii. Zasady ultrasonograficznej oceny pnia nerwu są takie same jak w pozostałych neuropatiach uciskowych.

### Nerw promieniowy

Pień nerwu promieniowego może ulec uciskowi na dwóch poziomach: na wysokości pachy (np. u osób długo chodzących o kulach pachowych, u robotników stosujących prasy do metali) oraz na poziomie bruzdy spiralnej kości ramiennej, czyli na poziomie 1/3 środkowej trzonu tej kości<sup>(5)</sup>.

#### Neuropatie nerwu promieniowego na poziomie trzonu kości ramiennej

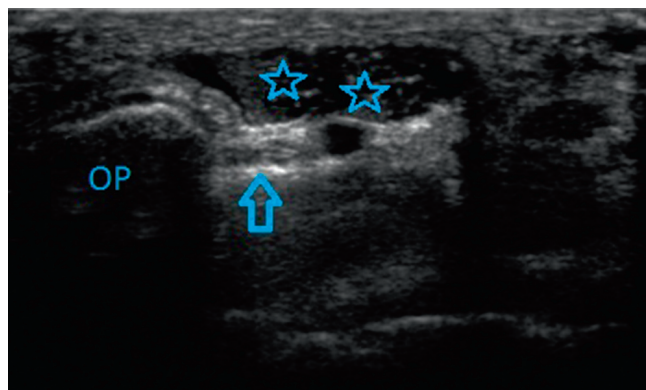
Najczęstszą przyczyną patologii nerwu promieniowego na tym poziomie są złamania trzonu kości ramiennej i konsekwencje ich leczenia. Zostały one szczegółowo omówione w III części artykułu.

Rzadką – nieurazową – przyczyną neuropatii na poziomie ramienia jest ucisk na nerw wywołany przez głowę boczną mięśnia trójgłowego (np. przy zwłóknieniach poiniekcyjnych czy przy niewłaściwie zaplanowanym treningu na siłowni).

W badaniu USG należy poszukiwać zmian w obrębie pnia nerwu (obrzęku, wyrażonego zmianą pola powierzchni przekroju oraz przekrwienia). Użyteczna jest ocena z przyłożenia zarówno poprzecznego głowicy, jak i podłużnego.

#### Zespół mięśnia odwracacza

Gałąź głęboka nerwu promieniowego (PIN) może ulec przewlekłemu uciskowi na poziomie mięśnia



Ryc. 4. Nerw łokciowy na poziomie kanału Guyona (strzałka), dodatkowy odwodziciel palca V (gwiazdki), OP – kość grochowa

Fig. 4. Ulnar nerve at the level of Guyon's canal (arrow), accessory abductor digiti minimi muscle (asterisks), OP – pisiform bone

This situation occurs for example in cyclists and in people working with hammers<sup>(1,3,5)</sup>.

US assessment is based first of all on the search for the pathologies mentioned above. The principles of US assessment of the nerve trunk are the same as in the other pressure neuropathies.

### Radial nerve

The radial nerve trunk can become compressed at two levels: at the axilla (e.g. in patients using crutches that fit to the armpit and used for a long time and in workers operating a metal press) and the spiral groove of the humerus (at the level of 1/3 of the shaft of the bone)<sup>(5)</sup>.

#### Radial nerve neuropathies at the level of the humerus bone shaft

The most frequent pathology of the radial nerve at this level is fracturing to the humerus and the consequences of treatment (discussed in more detail in part III of the article).

A rare non-traumatic reason of neuropathy at the arm level is compression of the nerve caused by the lateral head of triceps brachii muscle (e.g. in post-injection fibrosis or in badly planned training at a gym).

In US one should search for lesions in the nerve trunk (edema expressed by the change in cross sectional area and hyperemia). Assessment using the US transducer, both transversely and longitudinally, may be useful.



odwracacza. Najczęstszą przyczyną jest pasmo włókniste (zgrubienie powięziowe), zwane arkadą Frohsego (ryc. 5 A), zwłókniały brzeg prostownika promieniowego krótkiego nadgarstka (ECRB) lub anomalia naczyniowa, powodująca przewężenie tego nerwu<sup>(5,7)</sup>. Arkada Frohsego występuje według niektórych źródeł u prawie połowy populacji, jednak bardzo rzadko powoduje ucisk na nerw. Naczynia, które mogą wywoływać kompresję, to tętnica promieniowa wsteczna (biegnąca ku górze wzdłuż mięśnia odwracacza) lub drobne naczynie odchodzące od niej (tzw. pętla Henry'ego)<sup>(7)</sup>. Innymi rzadkimi przyczynami powodującymi przewlekły ucisk na gałąź głęboką nerwu promieniowego są patologiczne masy tkankowe w bezpośrednim sąsiedztwie (tłuszczaki, naczyniaki i gangliony), procesy zapalne stawu oraz uszkodzenia jatrogenne (usidlające blizny pooperacyjne, implanty metalowe).

W przypadku przewlekłego ucisku nerw ulega obrzękowi proksymalnie od miejsca kompresji, co w badaniu USG jest widoczne na przekroju poprzecznym, w postaci nagłej zmiany kształtu nerwu (z owalnego na okrągły) oraz zwiększenia jego średnicy. Przyłożenie podłużne uwidacznia nie tylko kątowe zagięcie nerwu, ale również poszerzenie jego obrysów proksymalnie od tego miejsca. Nieodzownym elementem oceny jest badanie dynamiczne, polegające na powolnej supinacji przedramienia, w czasie której stopień zagięcia nerwu ulega wyraźnemu pogłębieniu (ryc. 5 B). Pułapką może być fakt fizjologicznego zagięcia, jednak w przeciwieństwie do patologicznego jest ono niewielkie/łagodne (ryc. 5 C). Należy pamiętać o konieczności porównania ze stroną przeciwną wszystkich miejsc, które wydają się nieprawidłowe. Jak w każdej sytuacji przewlekłej neuropatii nerwu motorycznego (a PIN jest nerwem czysto ruchowym) można dodatkowo posłużyć się oceną unerwianych mięśni (mięśnia odwracacza, ECRB, prostownika łokciowego nadgarstka – ECU, prostownika palców – ED, prostownika palca małego – EDM, odwodziciela długiego kciuka – AbdPL, prostownika długiego kciuka – EPL, prostownika krótkiego kciuka – EPB, prostownika wskaziciela – EI)<sup>(10)</sup>.

### Choroba Wartenberga

Gałąź powierzchowna nerwu promieniowego (RSNR) może ulegać przewlekłemu drażnieniu na poziomie skrzyżowania z żyłą odpromieniową bądź na poziomie skrzyżowania z I przedziałem prostowników na poziomie nadgarstka. Najczęstszą jednak przyczyną neuropatii tej gałęzi są uszkodzenia jatrogenne

### Supinator muscle syndrome

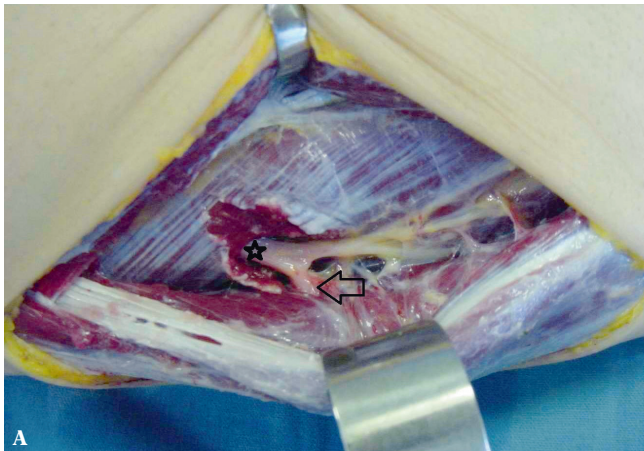
The profound branch of the radial nerve (PIN) may undergo chronic compression at the level of the supinator muscle. The most frequent reason is the fibrous band (fascia thickening) referred to as the arcade of Frohse (fig. 5 A), fibrosis of the edge of the extensor carpi radialis brevis muscle (ECRB) or vascular malformation causing the narrowing of this nerve<sup>(5,7)</sup>. The arcade of Frohse occurs, according to some sources, in nearly half of the population, nevertheless it very rarely causes compression of the nerve. The vessels which may be the radial recurrent arteries (along the supinator muscle) or fine blood vessels (so-called Henry's loop)<sup>(7)</sup>. Other rarer reasons causing chronic compression to the profound branch of the radial nerve are: pathological tissue masses in the direct vicinity (lipomas, hemangiomas and ganglia), inflammatory processes of the joint and iatrogenic damage (trapping postoperative scars, metal implants).

In the case of chronic compression, the nerve is initially swollen proximally to the compression site, which in US examination is visible in cross section by the sudden change in shape of the nerve (from oval to circular) and an increase in its diameter. A longitudinal application shows not only the angular flexion of the nerve but also the widening of its outline proximally to the site. An essential element during assessment is performing a dynamic examination consisting of slow forearm supination during which the nerve flexion degree markedly increases (fig. 5 B). A mild angle of flexion is observed in normal cases, while in a pathological situation the angle of flexion is very sharp (fig. 5 C). The necessity of comparing all sites, which seem incorrect, should be remembered. As in each chronic neuropathy of a motor nerve (and PIN is a purely motor nerve) one can additionally use the assessment of the innervated muscles (supinator muscle, ECRB, extensor carpi ulnaris muscle – ECU, extensor digitorum muscle – ED, extensor digiti minimi muscle – EDM, abductor pollicis longus muscle – AbdPL, extensor pollicis longus muscle – EPL, extensor pollicis brevis muscle – EPB, extensor indicis muscle – EI)<sup>(10)</sup>.

### Wartenberg's disease

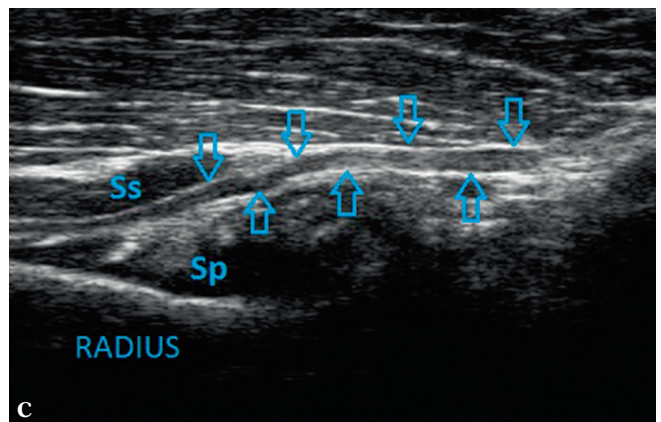
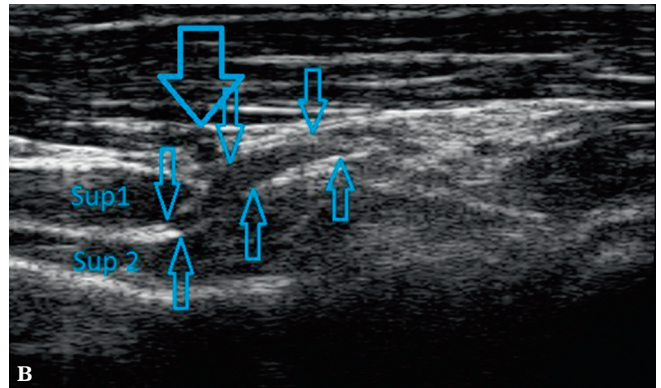
The superficial branch of the radial nerve (RSNR) may undergo chronic prickling at the point of intersection with the cephalic vein or at the point of intersection with the I extensor compartment at the level of the wrist. Nevertheless, the most frequent neuropathic reason of this branch are iatrogenic





**Ryc. 5 A.** Śródoperacyjny obraz wyjścia PIN z mięśnia odwracacza (gwiazdka), z widoczną gałęzią do ECRB (strzałka). **B.** Ostry kąt zagięcia (duża strzałka) na przebiegu PIN (małe strzałki), na poziomie wejścia pomiędzy część głęboką (Sup2) a część powierzchowną (Sup1) mięśnia odwracacza przedramienia. **C.** Łagodny fizjologiczny kąt zagięcia nerwu na tym samym poziomie

**Fig. 5 A.** Intraoperative image of PIN, exit from supinator muscle (asterisk) with a visible branch to ECRB (arrow). **B.** Acute bending angle (large arrow) along PIN (small arrows), at the level of the entry between profound (Sup2) and superficial part (Sup1) of the supinator muscle. **C.** Smooth physiological nerve bending angle at the same level



genne, związane z kaniulacją żyły, z iniekcjami steroidowymi do I przedziału prostowników oraz z zabiegami chirurgicznymi. Nerve bywa także uszkodzany w wyniku noszenia zbyt ciasnego paska od zegarka lub w wyniku ucisku spowodowanego przez kajdanki („porażenie aresztantów”)<sup>(5)</sup>. RSNR jest nerwem czysto czuciowym, stąd dodatkowym parametrem oceny może być próba wypromieniowania bólu poprzez ucisk w miejscu uwidocznionej patologii. Z racji małego rozmiaru w badaniu USG analizuje się jedynie grubość/średnicę nerwu, którą łatwiej oznaczyć niż pole powierzchni. Należy ją porównać z odcinkiem powyżej ocenianego miejsca lub z kończyną przeciwną. Z tego samego względu mało wiarygodnym kryterium jest przekrwienie.

## Nerw nadłopatkowy

Nerw nadłopatkowy rzadko ulega przewlekłemu uszkodzeniu. Najczęstszą przyczyną są zmiany zwężające wymiar wcięcia grzebieniowo-panewkowego, do których należą: pogrubienie więzadła poprzecznego, wyrośla osteofityczne wcięcia łopatki oraz łagodne guzy tej okolicy. Wszystkie są doskonale widoczne w badaniu USG<sup>(1,5)</sup>.

damage related to the vein cannulation, steroid injections to the I extensor compartment and to surgical procedures. Sometimes nerves can be damaged as a result of wearing a too tight watchstrap or as a result of the compression caused by handcuffs (“detainee paralysis”)<sup>(5)</sup>. RSNR is a purely sensory nerve thus the accessory assessment parameter can include a trial of pain radiation, carried out by compression within the visualized site. Because of its small size only the nerve diameter is analyzed in US examination, which is easier to measure than the area. It should be compared with the section above, the assessed area or with the opposite limb. Due to this reason hyperemia has little criteria of credibility.

## Suprascapular nerve

The suprascapular nerve is rarely chronically damaged. However, when pathology does occur the most frequent reasons are lesions narrowing the size of the glenoid-spine notch: transverse ligament thickening, osteophyte formations in the scapular notch and benign tumors – all are perfectly visible in US<sup>(1,5)</sup>.

Najlepszym kryterium oceny nerwu jest pomiar jego średnicy. Pozostałe elementy (przekrwienie, pole powierzchni przekroju) nie są wykorzystywane ze względu na mały rozmiar i głębokie położenie nerwu. Do oceny pośredniej można wykorzystać pomiar grubości i echogeniczności mięśnia nadgrzebieniowego oraz podgrzebieniowego. Należy zawsze porównać morfologię okolicy ze stroną kontralateralną.

### Zespół górnego otworu klatki piersiowej (*thoracic outlet syndrome, TOS*)

TOS jest zespołem objawów spowodowanych przewlekłym uciskiem na splot ramienny (głównie dolny pień splotu) i naczynia podobojczykowe na poziomie szyi i pachy<sup>(5)</sup>.

Podłożem TOS są nieprawidłowe stosunki anatomiczne na poziomie naturalnych „cieśni”, przez które przebiega splot ramienny, tj. szczeliny mięśni pochyłych, przestrzeni pomiędzy I żebrem a obojczykiem oraz przestrzeni pod mięśniem piersiowym mniejszym<sup>(5)</sup>.

#### Szczelina mięśni pochyłych

W czasie badania USG należy poszukiwać żebra szyjnego (ryc. 6), czyli przedłużenia kostnego wyrostka poprzecznego kręgu C7, najczęściej występującego po stronie lewej, rzadziej – obustronnie. Żebro widoczne jest jako wyraźnie cieniująca, dobrze odgraniczona struktura, łącząca się z VII kręgiem szyjnym. Tylko u 10% pacjentów powoduje ucisk na splot, zwązając tylną szczelinę mięśni pochyłych. W pełni wykształcone żebro szyjne jest przyczyną powikłań głównie naczyniowych, zaś jego zawiązki czy pasmo włókniste (przebiegające od żebra lub wyrostka poprzecznego) – neurologicznych.

Innym przedmiotem oceny tej okolicy są mięśnie pochyłe<sup>(5)</sup>. W związku z przeciążeniami sportowymi lub zawodowymi może dojść do ich przerosu, a w wyniku przebytych urazów – do zwłóknień. W przypadku jednostronnego zespołu TOS pomocna będzie ocena porównawcza ze stroną przeciwną. Wśród przyczyn ucisku należy również uwzględnić warianty anatomiczne przyczepu żebrowego tych mięśni, w tym zachodzenia na siebie przyczepów mięśnia pochyłego średniego i przedniego, obecność sierpowatego przyczepu mięśnia pochyłego przedniego, wreszcie występowanie dodatkowego mięśnia pochyłego najmniejszego<sup>(5)</sup>.

The best criterion of nerve assessment is measurement of diameter. The remaining elements (hyperemia, cross sectional area) are not used because of the small size and profound location of the nerve. For direct assessment one can use thickness measurement and supraspinatus and infraspinatus muscle echogenicity. One should always compare the morphology of the area with the contralateral side.

### Thoracic outlet syndrome (TOS)

TOS is a syndrome of symptoms caused by chronic brachial plexus compression (mainly its inferior trunk) and infraclavicular vessels at the level of the neck and the space under the pectoralis minor muscle<sup>(5)</sup>.

The etiology of TOS are: incorrect anatomical relationships at the level of natural “isthmus”, through which passes the brachial plexus (the scalene muscles slit), space between I rib and the clavicle and the space under the pectoralis minor muscle<sup>(5)</sup>.

#### Scalene muscles slit

In US examination one should locate a cervical rib (fig. 6) – the bone extension of the transverse process of C7 vertebrae, most often on the left side, more rarely – bilaterally. The rib is visible as a contrasting, well-defined structure connected with the VII cervical vertebra. Only in 10% of patients does it compress the plexus, making the scalene muscle slit narrower. A fully developed cervical rib is the reason for most vascular complications, and its nucleus or fibrous band (going from the rib or transverse process) – raises neurological complications.

Another subject for the assessment of this area are the scalene muscles<sup>(5)</sup>. Hypertrophy may occur due to sport or occupational overload and as a result of undergoing traumas – to their fibrosis. In the case of unilateral TOS syndrome, a comparative assessment with the opposite side will be helpful. For compression reasons one should also take into account anatomical variants of costal attachment of these muscles, including overlapping of the attachments of scalenus anterior and scalenus medius muscles, the presence of sickle-shaped attachment of scalenus anterior muscle and finally the presence of the accessory scalenus minimus muscle<sup>(5)</sup>.

### Przeźródła pomiędzy I żebrem a obojczykiem

Nieprawidłowe relacje obojczyka i I żebra mogą być wynikiem zmian pourazowych, rzadziej wad wrodzonych. Ocena ultrasonograficzna tej okolicy jest niezwykle trudna, wręcz niemożliwa, ze względu na nieprzezierność elementów kostnych.

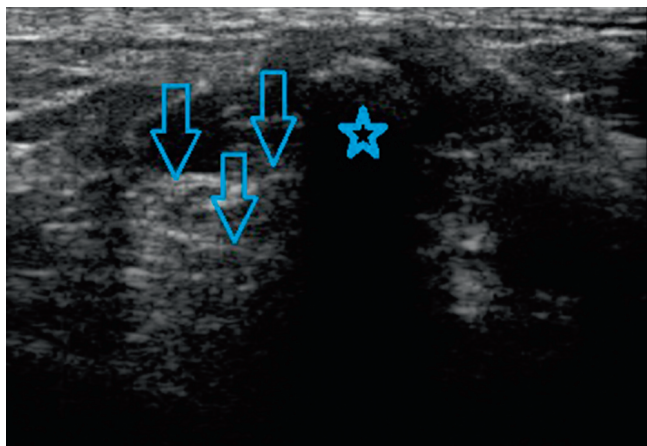
### Przeźródła pod mięśniem piersiowym mniejszym

Zespół Wrighta wynika z ucisku na pęczek naczyniowo-nerwowy przez ścięgno mięśnia piersiowego mniejszego lub przez wyrostek kruczcy. W badaniu USG należy porównać anatomie tej okolicy ze stroną przeciwną, poszukując anomalii rozwojowych, łagodnych zmian rozrostowych, zmian pourazowych lub zwyrodnieniowych oraz uwapnionych węzłów chłonnych. Ocena ultrasonograficzna samego splotu jest wyjątkowo trudna i polega na uwidocznieniu obszaru kompresji/odkształcenia przy podłużnym przyłożeniu głowicy. Pacjent w czasie badania powinien siedzieć, gdyż pozycja leżąca zmienia wzajemne relacje anatomiczne. Zaleca się badanie w różnych ułożeniach kończyny górnej, zwłaszcza w odwiedzeniu<sup>(5)</sup>.

### Podsumowanie

Przedstawiona praca wskazuje na wysoką przydatność ultrasonografii w diagnostyce neuropatii uciskowych kończyny górnej. Najczęściej do zmian dochodzi na poziomie nadgarstka (nerw pośrodkowy) oraz łokcia (nerw łokciowy). Nerwy te są doskonale widoczne w badaniu USG, a metoda dysponuje wiarygodnymi kryteriami ich oceny, które korelują z badaniami neurofizjologicznymi. W przypadku nerwów małych czy głęboko położonych wspomagającymi elementami oceny ultrasonograficznej są objawy pośrednie – zmiany o charakterze zaniku tłuszczowego w zakresie unerwianych mięśni czy ból bądź parestezje wywołane uciskiem w miejscu podejrzewanej patologii.

Badanie USG uwidacznia przyczyny zespołów uciskowych, co ułatwia precyzyjne zaplanowanie zabiegu operacyjnego.



Ryc. 6. Żebro szyjne z wyraźnym cieniem akustycznym (gwiazdka), pnie splotu barkowego (strzałki)

Fig. 6. Cervical rib with a clear acoustic shadow (asterisk), brachial plexus trunks (arrows)

### Space between I rib and the clavicle

Incorrect relation between the clavicle and I rib can be the result of post-traumatic lesions, more rarely congenital malformation. US assessment of this area is very difficult because of lack of translucency of bony elements.

### Space under pectoralis minor muscle

Wright's syndrome results from compression on the neurovascular bundle by the pectoralis minor muscle tendon or by coracoid process. In US examination the anatomy of the area should be compared with the opposite side in search for developmental anomalies, benign hyperplastic lesions, post-traumatic lesions or degenerative lesions and calcified lymph nodes. US assessment of the nerves themselves is particularly difficult and consists in visualizing the compression/deformation area by longitudinal transducer application. The patient should remain seated during the examination because supine positions change mutual anatomic relations. It is recommended to perform the examination in different upper limb arrangements, particularly by abduction<sup>(5)</sup>.

### Conclusion

The presented study indicates the usefulness of US in the diagnostics of entrapment neuropathy of the upper limb. Lesions most often occur at the level of the wrist (median nerve) and elbow (ulnar nerve). These nerves are perfectly visible using US examina-



## Piśmiennictwo/References

1. Bianchi S, Martinoli C: Ultrasonografia układu mięśniowo-szkieletowego. Tom I, Medipage, Warszawa 2009.
2. Martinoli C: Imaging of the peripheral nerves. *Semin Musculoskelet Radiol* 2010; 14: 461–462.
3. Jacobson JA, Fessell DP, Lobo Lda G, Yang LJS: Entrapment neuropathies I: upper limb (carpal tunnel excluded). *Semin Musculoskelet Radiol* 2010; 14: 473–486.
4. 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.
5. Banach M, Bogucki A (red.): Zespoły z ucisku – diagnostyka i leczenie. *Medycyna Praktyczna*, Kraków 2003.
6. Mumenthaler M, Schliacka H: Uszkodzenia nerwów obwodowych. PZWL, Warszawa 1998.
7. Nawrot P: Neuropatie uciskowe nerwów kończyny górnej. PZWL, Warszawa 2009.
8. 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.
9. Hide IG, Grainger AJ, Naisby GP, Campbell RS: Sonographic findings in the anterior interosseous nerve syndrome. *J Clin Ultrasound* 1999; 27: 459–464.
10. Turaj W (red.): Badanie obwodowego układu nerwowego. *Materiały: A Neurological Journal – Brain*. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2008: 16, 25, 30.
11. 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.

tion and the method has credible assessment criteria correlating with neurophysiological studies. In the case of small or profoundly localized nerves, the auxiliary elements of US assessment are the observation of indirect symptoms – lypodystrophy lesions in the innervated muscles or pain or parestesias provoked by compression in the area of the pathology.

US examination visualizes the etiology of compression syndrome, facilitating the planning of surgical procedure.