

Submitted: 11.01.2012

Accepted: 25.01.2012

Anatomia prawidłowa i ultrasonograficzna wybranych nerwów obwodowych.

Część II: Wybrane nerwy obwodowe kończyny górnej

Normal and sonographic anatomy of selected peripheral nerves.

Part II: Peripheral nerves of the upper limb

Berta Kowalska¹, Iwona Sudół-Szopińska²

¹ Indywidualna Specjalistyczna Praktyka Lekarska Berta Kowalska, Kraków, Polska

² Zakład Radiologii, Instytut Reumatologii, 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

nerwy obwodowe
kończyny górnej,
ultrasonografia,
anatomia prawidłowa,
anatomia
ultrasonograficzna,
technika badania

Streszczenie

Badanie ultrasonograficzne jest obecnie powszechnie stosowaną metodą obrazowania nerwów obwodowych. Metoda ta stanowi uzupełnienie badania klinicznego, elektromiografii oraz badania metodą rezonansu magnetycznego. Podobnie jak w przypadku innych rodzajów badań ultrasonograficznych, diagnostyka nerwów obwodowych jest nieinwazyjna, dobrze tolerowana przez pacjentów i względnie tania. Charakterystyczny obraz ultrasonograficzny nerwów obwodowych oraz technika badania ultrasonograficznego zostały szczegółowo omówione w pierwszej części pracy na przykładzie nerwu pośrodkowego. Nerw ten należy do najczęściej ocenianych w badaniu ultrasonograficznym nerwów obwodowych kończyny górnej. Drugą część artykułu poświęcono anatomii prawidłowej i ultrasonograficznej pozostałych dużych pni nerwowych kończyny górnej i szyi, tj. nerwu dodatkowego, splotu barkowego, nerwu nadłopatkowego, pachowego, mięśniowo-skórnego, promieniowego oraz łokciowego. Omówiono anatomie prawidłową i ultrasonograficzną pni oraz podziały nerwów na poszczególne gałęzie. Wyszczególniono dla każdego z nich punkty referencyjne, pomagające w lokalizacji pnia oraz dalszym jego śledzeniu. Przedstawiono miejsca przyłożenia głowicy ultrasonograficznej w każdym punkcie referencyjnym. W przypadku nerwu łokciowego zwrócono uwagę na element oceny dynamicznej. Załączono dokumentację zdjęciową przyłożeń głowicy, schematy anatomiczne przebiegu nerwów oraz szereg obrazów ultrasonograficznych prawidłowych nerwów kończyny górnej. Artykuł został napisany z myślą o stworzeniu swego rodzaju przewodnika nt. techniki badania nerwów prawidłowych kończyny górnej. Nie należy jednak zapominać, iż warunkiem przeprowadzenia takiego badania jest znajomość anatomii topograficznej.

Key words

peripheral nerves of the upper extremity, ultrasonography, proper anatomy, ultrasonographic anatomy, examination technique

Abstract

The ultrasonographic examination is frequently used for imaging peripheral nerves. It serves to supplement the physical examination, electromyography, and magnetic resonance imaging. As in the case of other USG imaging studies, the examination of peripheral nerves is non-invasive, well-tolerated by patients, and relatively inexpensive. Part I of this article series described in detail the characteristic USG picture of peripheral nerves and the proper examination technique, following the example of the median nerve. This nerve is among the most often examined peripheral nerves of the upper limb. This part presents describes the normal anatomy and ultrasound picture of the remaining large nerve branches in the upper extremity and neck – the spinal accessory nerve, the brachial plexus, the suprascapular, axillary, musculocutaneous, radial and ulnar nerves. Their normal anatomy and ultrasonographic appearance have been described, including the division into individual branches. For each of them, specific reference points have been presented, to facilitate the location of the set trunk and its further monitoring. Sites for the application of the ultrasonographic probe at each reference point have been indicated. In the case of the ulnar nerve, the dynamic component of the examination was emphasized. The text is illustrated with images of probe positioning, diagrams of the normal course of the nerves as well as a series of ultrasonographic pictures of normal nerves of the upper limb. This article aims to serve as a guide in the ultrasound examination of the peripheral nerves of the upper extremity. It should be remembered that a thorough knowledge of the area's topographic anatomy is required for this type of examination.

Najczęściej stosowane skróty:

BR – *brachioradialis* – mięsień ramiennie-promieniowy
ECRB – *extensor carpi radialis brevis* – prostownik nadgarstka promieniowy krótki
ECRL – *extensor carpi radialis longus* – prostownik nadgarstka promieniowy długi
FCR – *flexor carpi radialis* – zginacz nadgarstka promieniowy
FCU – *flexor carpi ulnaris* – zginacz nadgarstka łokciowy
FDP – *flexor digitorum profundus* – zginacz palców głęboki
FDS – *flexor digitorum superficialis* – zginacz palców powierzchowny
FPL – *flexor pollicis longus* – zginacz kciuka długi
PL – *palmaris longus* – mięsień dłoniowy długi
SCM – *musculus sternocleidomastoideus* – mięsień mostkowo-obojczykowo-sutkowy

Abbreviations:

BR – brachioradialis muscle
ECRB – extensor carpi radialis brevis
ECRL – extensor carpi radialis longus
FCR – flexor carpi radialis
FCU – flexor carpi ulnaris
FDP – flexor digitorum profundus
FDS – flexor digitorum superficialis
FPL – flexor pollicis longus
PL – palmaris longus
SCM – sternocleidomastoid muscle
USG – ultrasonography

Wstęp

Badanie ultrasonograficzne (USG) jest obecnie powszechnie stosowaną metodą obrazowania nerwów obwodowych kończyny górnej. Ich obraz w USG jest charakterystyczny i został szczegółowo omówiony w pierwszej części pracy. Poniżej przedstawiono anatomię prawidłową oraz ultrasonograficzną nerwu dodatkowego, splotu barkowego, nerwu nadłopatkowego, pachowego, mięśniowo-skinowego, promieniowego i łokciowego oraz odpowiadające im obrazy ultrasonograficzne.

Introduction

Ultrasonography is a commonly used method for imaging peripheral nerves of the upper limb. The typical image of a peripheral nerve in USG is distinctive and has been described in detail in part I of this article. The current part presents the normal anatomy and ultrasonographic picture of the brachial plexus, and the spinal accessory, suprascapular, axillary, musculocutaneous, radial and ulnar nerves, plus includes relevant ultrasonographic images.

Anatomia prawidłowa i ultrasonograficzna wybranych nerwów obwodowych kończyny górnej

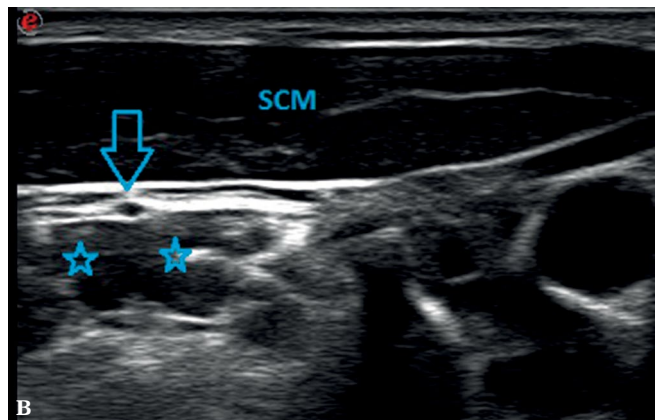
Nerw dodatkowy (*nervus accessorius*)

Nerw dodatkowy jest nerwem czaszkowym (XI), który opuszcza jamę czaszkową przez boczną część otworu szyjnego i dzieli się na dwie gałęzie końcowe: wewnętrzną i zewnętrzną. Jedynie gałąź zewnętrzna stanowi przedmiot badań ultrasonograficznych. Ma średnicę około 1 mm, biegnie ku tyłowi od żyły szyjnej wewnętrznej (w 2/3 przypadków) lub do przodu od niej (w 1/3 przypadków), następnie kieruje się skośnie ku dołowi, do tyłu od wyrostka rylcowatego i brzośca tylnego mięśnia dwubrzuścowego. W dalszym przebiegu dochodzi do mięśnia mostkowo-sutkowo-obojczykowego (SCM) na dolnej granicy jego górnej 1/3 długości, co odpowiada wysokości kąta żuchwy (poziom trzeciego kręgu szyjnego)⁽¹⁻⁴⁾. W tym miejscu należy w badaniu USG rozpocząć poszukiwanie tego nerwu, a ściśle gałęzi zewnętrznej. Głowica powinna być przyłożona poprzecznie (ryc. 1 A) i przesuwana w kierunku dogłowym bądź doogonowym. Gałąź zewnętrzna przebija mięsień SCM lub biegnie pod nim skośnie ku dołowi i w kierunku bocznym (ryc. 1 B). W dalszym odcinku przebiega powierzchownie, podpowięziowo, przez trójkąt boczny szyi (ograniczony od przodu przez mięsień SCM, od tyłu – przez mięsień czworoboczny, zaś od dołu – przez obojczyk), po czym dochodzi do brzegu bocznego mięśnia czworobocznego na wysokości około 2 cm powyżej obojczyka i wchodzi pod ten mięsień. Nerw dodatkowy nie jest łatwy do identyfikacji ze względu na małą średni-

Anatomy and ultrasonographic imaging of selected peripheral nerves of the upper limb

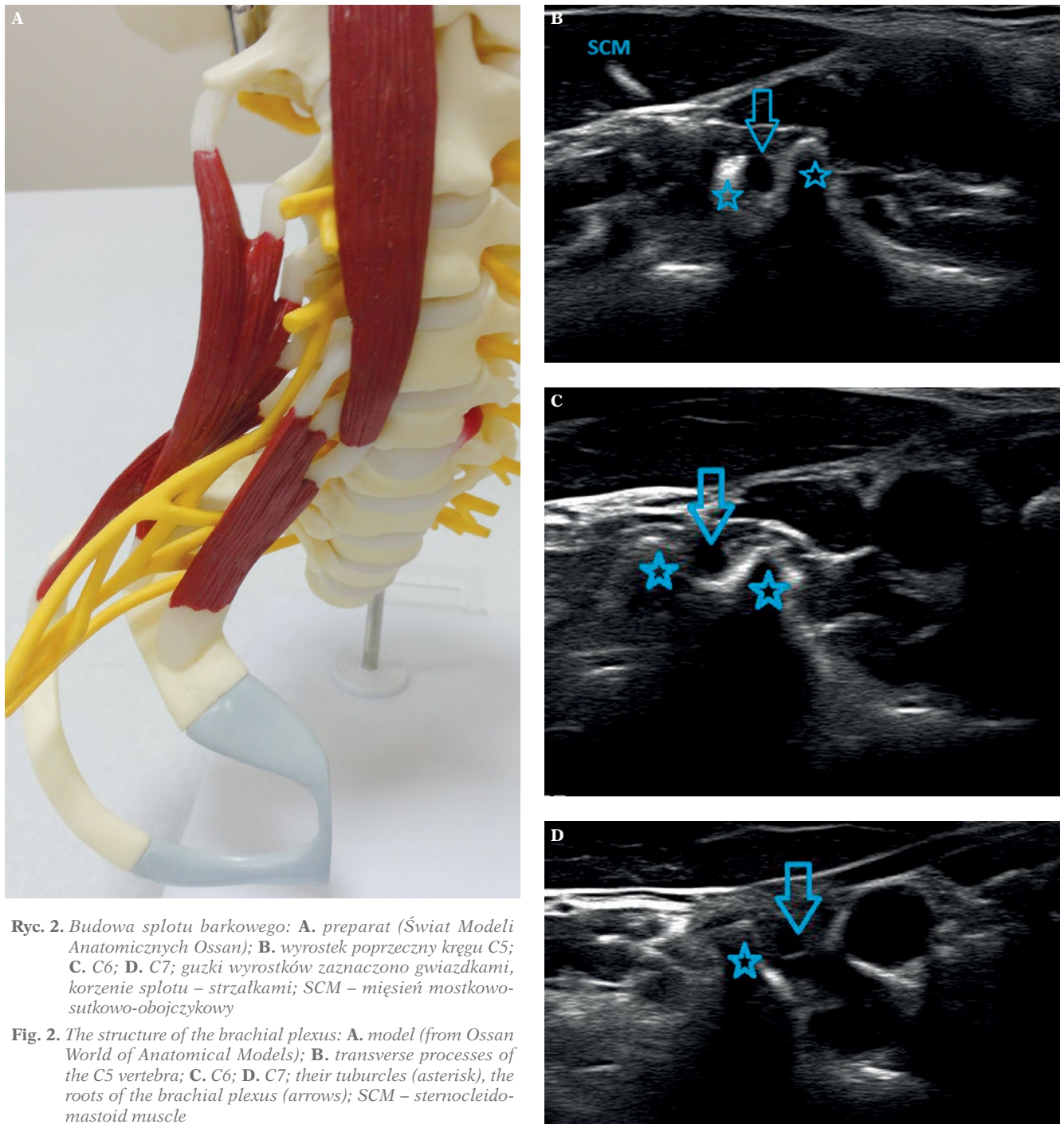
Accessory nerve (*nervus accessorius*)

The spinal accessory nerve, or the cranial nerve XI, leaves the cranium through the lateral part of the jugular foramen and divides into two terminal branches: internal and external. Only the external branch is subject for the USG study. It has a diameter of approximately 1 mm, runs posterior to the interior jugular vein (in 2/3 cases) or anterior to it (in 1/3 cases). Next it descends obliquely, behind the styloid process of the temporal bone and the posterior belly of the digastric muscle. Further in its course it reaches the SCM muscle – at the inferior border of its upper third segment – corresponding to the angle of the mandible and the C3 vertebra⁽¹⁻⁴⁾. The nerve, or rather the external branch of CN XI, should be sought at this point with USG. The probe should be applied transversely (fig. 1 A) and moved cranially or caudally. The external branch of CN XI pierces the SCM muscle or runs diagonally below it, inferiorly and laterally (fig. 1 B). Its further segment runs superficially, under the fascia, through the posterior triangle of the neck, bordered anteriorly by the SCM muscle, posteriorly by the trapezius muscle, and inferiorly by the clavicle. Then it reaches the lateral border of the trapezius muscle approximately 2 cm above the clavicle and courses below the muscle. The spinal accessory nerve is not easily identified due to its small diameter and very large number of anatomical variants. The most common indication for its examination in clinical practice is suspected injury



Ryc. 1 A. Miejsce poprzecznego przyłożenia głowicy na wysokości chrząstki pierścieniowatej krtani, na brzoścu SCM. **B.** Nerw dodatkowy (strzałka), nad nim szeroki, płaski brzusec SCM, głębiej od nerwu widoczny brzusec mięśnia pochylego środkowego

Fig. 1 A. The place for perpendicular positioning of the probe at the level of the cricoid cartilage of the larynx, on the belly of the SCM muscle. **B.** The accessory nerve (arrow) and above it the wide flat belly of the SCM muscle, deeper to the nerve the middle scalene muscle is visible



Ryc. 2. Budowa splotu barkowego: **A.** preparat (Świat Modeli Anatomicznych Ossan); **B.** wyrostek poprzeczny kręgu C5; **C.** C6; **D.** C7; guzki wyrostków zaznaczono gwiazdkami, korzenie splotu – strzałkami; SCM – mięsień mostkowo-sutkowo-obończykowy

Fig. 2. The structure of the brachial plexus: **A.** model (from Ossan World of Anatomical Models); **B.** transverse processes of the C5 vertebra; **C.** C6; **D.** C7; their tubercles (asterisk), the roots of the brachial plexus (arrows); SCM – sternocleidomastoid muscle

cę oraz bardzo dużą liczbę odmian anatomicznych. W praktyce najczęstszym wskazaniem do jego badania jest podejrzenie uszkodzenia w trakcie biopsji węzłów chłonnych szyi, w efekcie czego dochodzi do zaniku mięśnia czworobocznego oraz SCM.

secondary to cervical lymph node biopsy, which would lead to atrophy of the trapezius and SCM muscles.

Splot barkowy (*plexus brachialis*)

Splot barkowy tworzy 5 korzeni (w prawidłowym mianownictwie anatomicznym nazywanych gałęziami przednimi nerwów rdzeniowych C5–Th1), które na dalszym przebiegu ulegają połączeniu w 3 pnie (górnym, środkowym i dolnym), a następnie podziałowi na 3 części przednie i 3 tylne, tworzące dalej 3 pęczki (tylny, boczny i przyśrodkowy) (ryc. 2 A)⁽²⁻⁶⁾.

Poziom obojczyka dzieli splot barkowy na część nad- i podobojczykową.

Część nadobojczykowa

Korzenie splotu widoczne są na poziomie otworów międzykręgowych, pomiędzy guzkami przednimi i tylnymi nasad wyrostków poprzecznych (poza kręgiem C7 nieposiadającym guzka przedniego oraz kręgiem Th1 pozbawionym obydwu guzków), w sąsiedztwie tętnicy i żyły kręęgowej. W badaniu USG mają niską i jednorodną echogeniczność, bez widocznej struktury pęczkowej. Ich obraz ultrasonograficzny jest zatem diametralnie różny od obrazu bardziej obwodowych odcinków nerwów.

Każdy z korzeni nerwowych przechodzi do boku i ku dołowi, w kierunku szczeliny tylnej mięśni pochyłych, pomiędzy mięśniem pochyłym przednim a środkowym.

Brachial plexus (*plexus brachialis*)

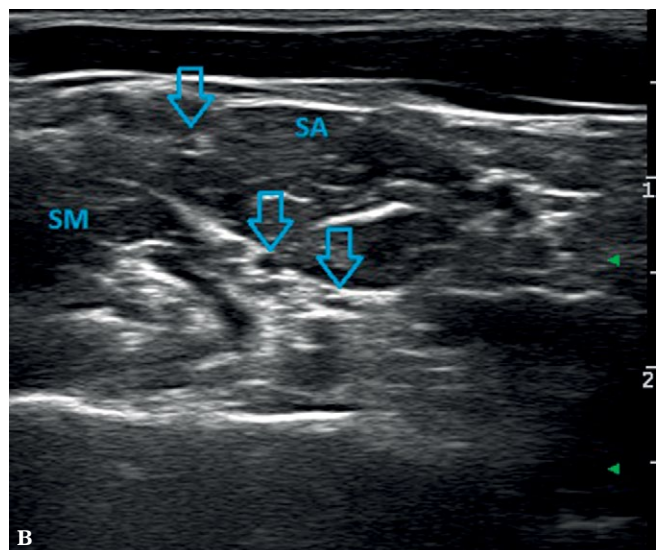
The brachial plexus consists of 5 roots (in proper anatomic nomenclature referred to as the anterior rami of spinal nerves C5–T1), which in their course merge into 3 trunks (superior, middle and inferior), thereafter divide into 3 anterior divisions and 3 posterior divisions, which join to form 3 cords (posterior, lateral and medial) (fig. 2 A)⁽²⁻⁶⁾.

The clavicle divides the brachial plexus into supra- and infraclavicular parts.

Supraclavicular segment

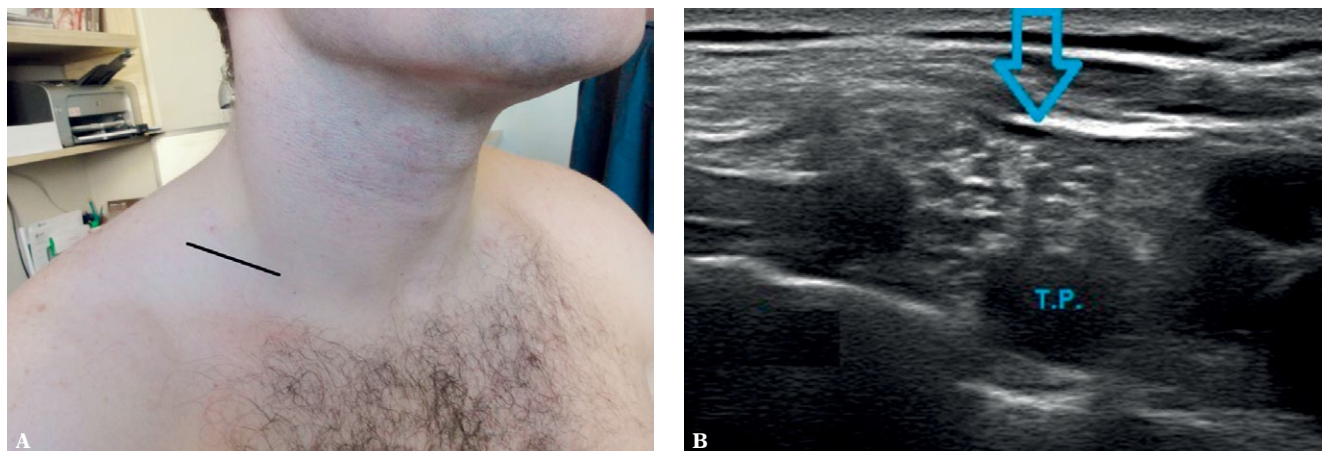
The roots of the plexus are visible at the level of the intervertebral foraminae, between the anterior and posterior tubercles of the vertebral transverse processes (aside from the C7 vertebra which does not have an anterior tubercle and T1 which lacks both tubercles), in the vicinity of the vertebral artery and vein. In the USG examination the brachial plexus roots have a low and homogenous echogenicity, with no visible fascicles. Their ultrasonographic appearance is thus radically different from the image of more peripheral segments.

Each of the nerve roots runs laterally and inferiorly, in the direction of the posterior scalene fissure between the anterior and middle scalene muscles.



Ryc. 3. Splot barkowy na poziomie szczeliny mięśni pochyłych: **A.** miejsce poprzecznego przyłożenia głowicy; **B.** pnie – zaznaczono strzałkami; SA – mięsień pochyły przedni; SM – mięsień pochyły środkowy

Fig. 3. The brachial plexus at the level of the scalene fissure: **A.** location for the transverse application of the probe; **B.** roots – arrows; SA – anterior scalene muscle; SM – middle scalene muscle



Ryc. 4 A. Miejsce przyłożenia głowicy powyżej i równoległe do obojczyka. **B.** Pęczki splotu barkowego (strzałka) przylegające do tętnicy podobojczykowej (TP), w tle powierzchnia I żebra oraz szczyt opłucnej (gwiazdka)

Fig. 4 A. The location for placing the probe, above and parallel to the clavicle. **B.** Cords of the brachial plexus (arrow) adhering to the subclavian artery (TP), in the background the surface of the 1st rib is visible as well as the dome of the pleura (star)

Na tym poziomie korzenie łączą się ze sobą, tworząc 3 pnie nerwowe: górny (utworzony z połączonych korzeni C5 i C6), środkowy (stanowiący kontynuację korzenia C7) oraz dolny (po połączeniu korzeni C8 i Th1). Pnie można identyfikować „techniką windy”, przesuwając głowicę dogłowowo w kierunku otworu międzykręgowego odpowiedniego kręgu (miejsca wyjścia korzenia). Identyfikacja korzeni powinna się odbywać w odniesieniu do poszczególnych kręgów, zaczynając od charakterystycznego obrazu kręgu C7 i pamiętając o stopniowo zwiększającej się w kierunku dystalnym odległości między guzkami wyrostków poprzecznych⁽⁵⁾ (ryc. 2 B)⁽¹⁻³⁾.

Z gałęzi przednich nerwów rdzeniowych oraz pni splotu odchodzą nerwy: grzbietowy łopatki, piersiowy długi, nadłopatkowy oraz podobojczykowy.

Badanie części nadobojczykowej splotu najlepiej jest rozpocząć od poprzecznego przyłożenia głowicy na wysokości krtani, a ściślej najbardziej prominentnej chrząstki pierścieniowatej, a następnie przesunąć ją ku bokowi i tyłowi, do momentu uwidocznienia bocznej krawędzi mięśnia SCM oraz mięśni pochyłych przedniego i środkowego. Należy wówczas zmienić kąt przyłożenia głowicy z poprzecznego na skośny, aby wiązka promieni padała w kierunku dystalnym (ryc. 3 A, B).

Część podobojczykowa

Na dalszym przebiegu pnie ulegają podziałowi na 3 części przednie i 3 tylne, które łączą się ze sobą, tworząc pęczek boczny, przyśrodkowy i tylny, ułożone

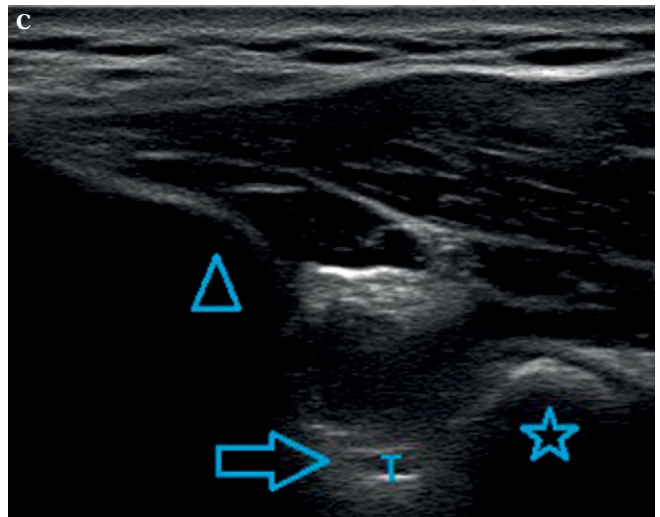
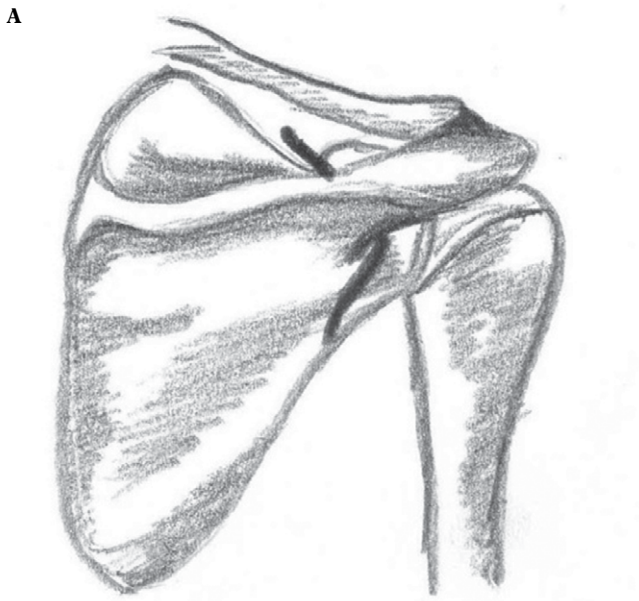
At this level the roots join to form 3 nerve trunks: the superior (formed from the merging of C5 and C6 roots), middle (being a continuation of the C7 root), and the inferior (from the merging of C8 and T1). The trunks can be identified using the “elevator technique”, moving the probe cranially towards the intervertebral foramen of the appropriate vertebra (point of nerve root exit). The identification of roots should occur in relation to the respective vertebrae, starting from the characteristic picture of C7, and remembering the gradual increase in distance between tubercles of the transverse processes as one moves to more distal vertebrae⁽⁵⁾ (fig. 2 B)⁽¹⁻³⁾.

There are nerves coming off the anterior rami of the spinal nerves as well as the trunks of the plexus: the dorsal scapular, the long thoracic, the suprascapular and subclavian nerves.

The examination of the supraclavicular segment of the brachial plexus is best started with a transverse positioning of the probe at the level of the larynx, and more precisely at the most prominent cricoid cartilage. The probe should be moved laterally and posteriorly, until the lateral border of the SCM muscle and the anterior plus middle scalene muscles are visualized. Thereafter the angle of the probe should be changed from the transverse to the oblique, with the wave signal being directed distally (figs. 3 A, B).

Infraclavicular segment

Further in their course, the trunks divide into 3 anterior and 3 posterior divisions, which then join together



Ryc. 5 A. Schemat przebiegu nerwu nadłopatkowego. **B.** Przyłożenie głowicy w bocznej części dołu nadgrzebieniowego. **C.** Nerw nadłopatkowy (strzałka) obok tętnicy nadłopatkowej (T); grzebień łopatki (trójkąt), panewka (gwiazdka)

Fig. 5 A. Diagram of the course of the suprascapular nerve. **B.** Application of the probe in the lateral part of the suprascapular fossa. **C.** Suprascapular nerve (arrow) besides the suprascapular artery (T); scapular spine (triangle), glenoid fossa (asterisk)

odpowiednio, po stronie bocznej, przyśrodkowej i do tyłu od tętnicy pachowej (ryc. 4 A, B). Sam podział i połączenia nie są w sposób wiarygodny identyfikowane w badaniu USG ze względu na dużą liczbę wzajemnych relacji oraz częściowo przesłaniający je cień akustyczny obojczyka.

Głowice należy ułożyć poprzecznie w dole pachowym i przesuwając wzdłuż tętnicy pachowej. Pęczki są widoczne pod mięśniem piersiowym mniejszym i większym. Od tyłu przylegają do mięśnia podłopatkowego, obłego większego, ścięgna mięśnia najszerszego grzbietu oraz do głowy długiej mięśnia dwugłowego. Ta część splotu ma gałęzie krótkie i długie⁽¹⁻¹⁰⁾. Przedmiot oceny ultrasonograficznej stanowią jedynie gałęzie długie, czyli nerw skórno-mięśniowy, pachowy, pośrodkowy, łokciowy oraz nerw promieniowy.

Ocena splotu barkowego nie powinna sprawiać wielu trudności doświadczonemu ultrasonografistcie. Jest jednak czasochłonna, wymaga precyzji i szczegółowej wiedzy anatomicznej.

to form the lateral, medial and posterior cords, lying respectively lying lateral, medial and posterior to the axillary artery (figs. 4 A, B). The exact points of the division and subsequent merging cannot be clearly identified in an USG study due to the large number of interconnections and partial coverage by the clavicle's acoustic shadow.

The probe should be placed transversely in the axillary fossa and moved along the axillary artery. The cords are visible in the axillary fossa under the pectoralis minor and major muscles. Posteriorly, they adhere to the subscapular muscle, teres major muscle, the tendon of the latissimus dorsi muscle as well as to the long head of the biceps brachii muscle. This part of the plexus has short and long branches⁽¹⁻¹⁰⁾. Only the long branches, meaning the musculocutaneous, axillary, median, ulnar and radial nerves, may be subject to USG examination.

Nerw nadłopatkowy (*nervus suprascapularis*)

Nerw nadłopatkowy wychodzi ze splotu barkowego na wysokości mięśni pochyłych i biegnie pod mięśniami czworobocznym, w kierunku dołu nadgrzebieniowego, gdzie przechodzi przez płytkie wcięcie nadgrzebieniowe, a następnie przez wcięcie panewkowo-grzebieniowe (ryc. 5 A). Wcięcia te są przykryte przez więzadła poprzeczne łopatki, odpowiednio górne i dolne (to drugie nie zawsze obecne).

Głowicę przykładą się poprzecznie do tylnej powierzchni barku, w taki sposób, aby uwidocznili szparę stawu ramiennie-łopatkowego wraz z obrąbkiem stawowym (ryc. 5 B). Przesuwając głowicę distalnie lub proksymalnie, poszukuje się charakterystycznego zagłębienia na tylnym obrysie powierzchni kostnej łopatki, ograniczonego przyśrodkowo przez grzebień łopatki i bocznie przez krawędź panewki, z tętniącą w dnie tętnicą, po której przyśrodkowej stronie przebiega jednoimienny nerw nadłopatkowy (ryc. 5 C)^(1,9,10). Naczynie to przechodzi nad więzadłem poprzecznym górnym i pod więzadłem poprzecznym dolnym, zaś nerw biegnie pod obydwoimi więzadłami, przylegając do kostnej powierzchni dołu nadgrzebieniowego, a potem podgrzebieniowego^(2-7,11).

Ze względu na małą średnicę nerw nadłopatkowy nie zawsze jest wyraźnie widoczny w badaniu ultrasonograficznym. Pomocne są wówczas zidentyfikowanie w badaniu dopplerowskim tętnicy nadłopatkowej (do której przylega) lub ocena zmian wstecznych w unerwianych przez niego mięśniach.

Nerw pachowy (*nervus axillaris*)

Odchodzi od tylnego pęczka splotu na poziomie tętnicy pachowej, gdzie leży na przedniej powierzchni mięśnia podłopatkowego, a następnie na powierzchni torebki stawu ramiennie-łopatkowego. Biegnie distalnie i ku tyłowi wraz z tętnicą okalającą tylną (stanowiącą punkt referencyjny), otaczając kość ramienną na wysokości szyjki chirurgicznej (ryc. 6 A). Następnie przechodzi przez otwór czworoboczny, który jest ograniczony od boku przez kostną powierzchnię szyjki chirurgicznej, od dołu przez mięsień obły większy, od góry przez mięsień obły mniejszy, przyśrodkowo przez głowę długą mięśnia trójgłowego. Na dalszym przebiegu nerw dzieli się na gałęzie końcowe⁽²⁻⁵⁾.

Głowicę można przyłożyć od strony dołu pachowego (równoległe do tylnego fałdu pachowego) lub do tylnej powierzchni barku na wysokości szyjki chirurgicznej kości ramiennej, równoległe do długiej

Suprascapular nerve (*nervus suprascapularis*)

The suprascapular nerve branches off the brachial plexus at the level of the scalene muscles and courses under the trapezius muscle towards the supraspinatus fossa, where it goes through the shallow suprascapular notch, and then through the spinoglenoid notch (fig. 5 A). These notches are respectively covered by the superior and inferior transverse scapular ligaments, although the latter is not always present.

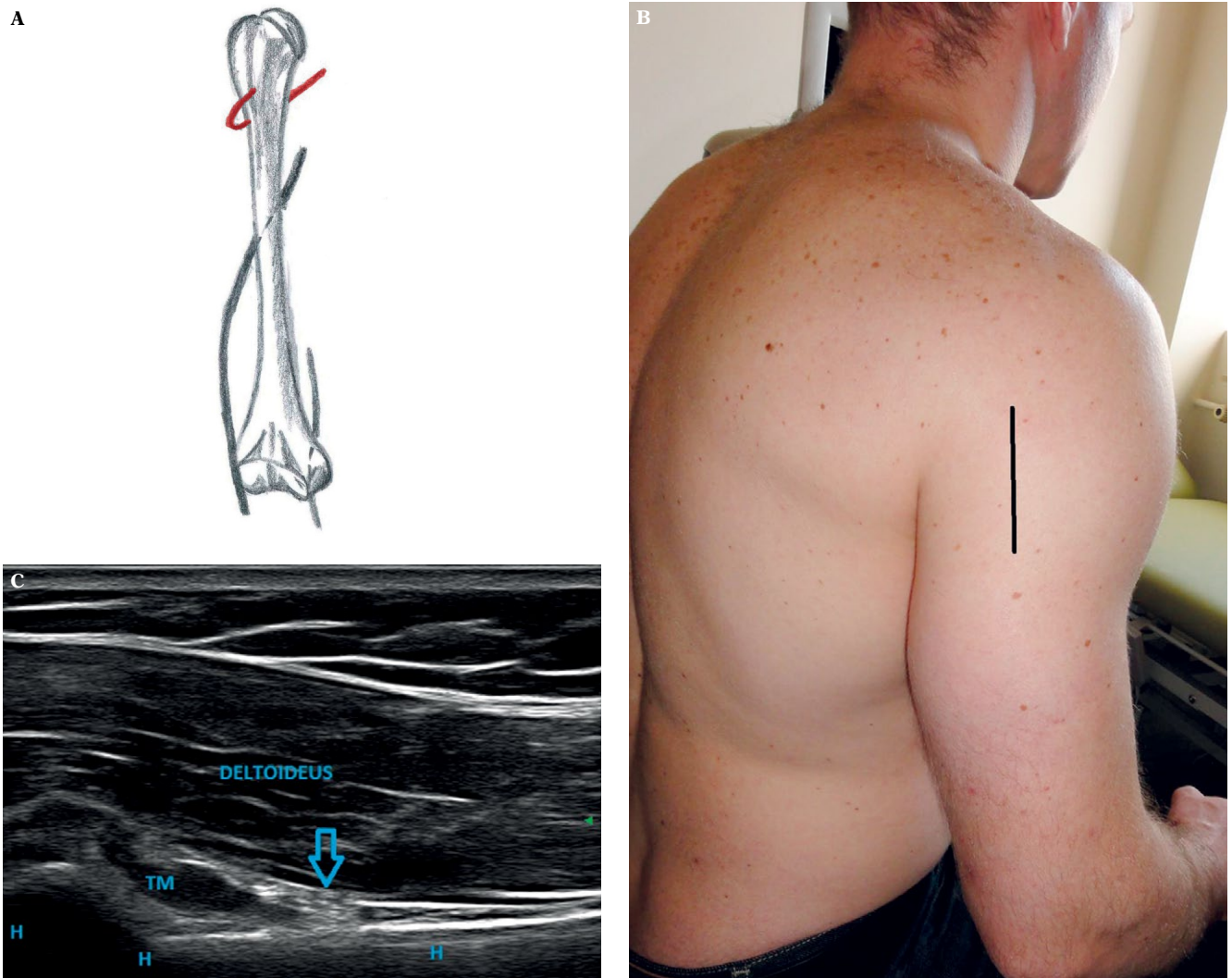
The probe should be applied transversely to the posterior surface of the scapula so as to show on its lateral side the space between the glenohumeral joint along with the glenoid labrum (fig. 5 B). Moving the probe distally or proximally, one searches for the characteristic depression on the posterior contour of the scapula's surface. It is bordered medially by the spine of the scapula, laterally by the edge of the glenoid fossa, at the base pulses the suprascapular artery, at whose medial side passes the suprascapular nerve (fig. 5 C)^(1,9,10). This vessel courses above the superior transverse scapular ligament and beneath the inferior one, while the nerve runs below both ligaments, adhering to the bony surface of the supraspinatus and then the infraspinatus fossa^(2-7,11).

Due to its small diameter, the suprascapular nerve is not always clearly visualized through USG. It is then helpful, using Doppler USG, to identify the suprascapular artery, to which the nerve adheres.

Axillary nerve (*nervus axillaris*)

The axillary nerve branches off the posterior cord at the level of the axillary artery, initially laying on the anterior surface of the subscapularis muscle, and then on the joint capsule of the glenohumeral joint. It runs distally towards the back along with the posterior humeral circumflex artery, winding around the humerus at the level of its surgical neck (fig. 6 A). It then crosses through the quadrangular space, which is bordered laterally by the bony surface of the surgical neck, inferiorly by the teres major muscle, superiorly by the teres minor muscle, and medially by the long head of the triceps muscle. Further along its course, the nerve divides into end branches⁽²⁻⁵⁾.

Helpful in the ultrasonographic localization of this small, deeply-running nerve is the accompanying posterior circumflex artery, seen via Doppler. The probe may be applied at the axillary fossa (parallel to the posterior axillary line) or at the posterior surface of the scapula at the level of the surgical neck of the hu-



Ryc. 6 A. Schemat przebiegu nerwu pachowego; B. przyłożenie głowicy równoległe do osi długiej ramienia w części tylnobocznej; C. nerw pachowy (strzałka) przy powierzchni kostnej szyjki kości ramiennej, poniżej dolnej krawędzi mięśnia obłego mniejszego (TM); H – kość ramienna

Fig. 6 A. Diagram of the course of the axillary nerve; B. application of the probe parallel to the long axis of the arm at its posterolateral aspect; C. axillary nerve (arrow) running along the bony surface of the neck of humerus, below the inferior border of the teres minor muscle (TM); H – the humerus



Ryc. 7. Przyłożenie głowicy na poziomie dolnej krawędzi fałdu pachowego przedniego

Fig. 7. Application of the probe at the lower border of the anterior axillary line

osi ramienia, gdzie będzie widoczna dolna krawędź mięśnia obłego mniejszego (ryc. 6 B). Nerw przebiega w poprzek dłuższej osi kości ramiennej, równoległe do tętnicy i ponad nią (ryc. 6 C)^(1,9,10). Drugie przyłożenie (tylna powierzchnia barku) jest wygodniejsze dla pacjenta, ze względu na brak potrzeby odwodzenia kończyny, często ograniczonego przez przykurcz bądź dolegliwości bólowe.

Nerw mięśniowo-skróny (*nervus musculocutaneus*)

Nerw mięśniowo-skróny odchodzi od pęczka bocznego splotu ramiennego na wysokości brzęgu bocznego brzuśca mięśnia piersiowego mniejszego. Kierując się bocznie i ku dołowi, przebija brzusiec mięśnia kruczo-ramiennego, po czym, po osiągnięciu jego bocznej krawędzi, biegnie pomiędzy brzuścami mięśni dwugłowego oraz ramiennego, a następnie w bruzdzie bocznej mięśnia dwugłowego ramienia. Na wysokości stawu łokciowego, tuż powyżej zgięcia łokciowego, przebija powięź i oddaje czuciową gałąź końcową, zaopatrującą skórę po stronie promieniowej przedramienia jako nerw skróny boczny przedramienia (*nervus cutaneus antebrachii lateralis*)^(1-6,9-11).

Nerwowi nie towarzyszy żadne duże naczynie tętnicze, wobec czego najłatwiej jest go odnaleźć na poziomie krawędzi bocznej mięśnia piersiowego mniejszego, w miejscu, gdzie odchodzi od pęczka bocznego splotu. Głowicę należy przyłożyć poprzecznie na wysokości dołu pachowego, odnajdując tętnicę pachową (ryc. 7), a następnie śledzić nerw o trójkątnym przekroju oddalający się od niej w kierunku bocznym i przebijający mięsień kruczo-ramienny. Po jego zidentyfikowaniu dalsze badanie odbywa się „techniką windy”.

Nerw promieniowy (*nervus radialis*)

Stanowi gałąź końcową tylnego pęczka splotu barkowego (ryc. 8 A). Biegnie do tyłu od tętnicy pachowej, po czym owija się spiralnie wokół kości ramiennej. Początkowo leży w bruzdzie pomiędzy przyczepami początkowymi głowy bocznej i przyśrodkowej mięśnia trójgłowego, przykryty od tyłu głową długą tego mięśnia. W końcowym odcinku bruzdy nerw przebija przegrodę międzymięśniową i kieruje się na przednią powierzchnię kości ramiennej, w stronę dołu łokciowego. Tu biegnie pomiędzy mięśniami ramiennym i ramiennie-promieniowym, dzieląc się na gałęzie powierzchowną i głęboką.

merus, parallel to the long axis of the arm, where the lower edge of the teres minor muscle will be seen and pulsing below it the posterior circumflex artery (fig. 6 B). The nerve runs perpendicular to the long axis of the humerus, parallel to the artery and above it (fig. 6 C)^(1,9,10). The second approach (the posterior surface of the scapula) is more comfortable for the patient, as there is no need for abduction of the extremity, which could often be limited by muscle contraction or pain.

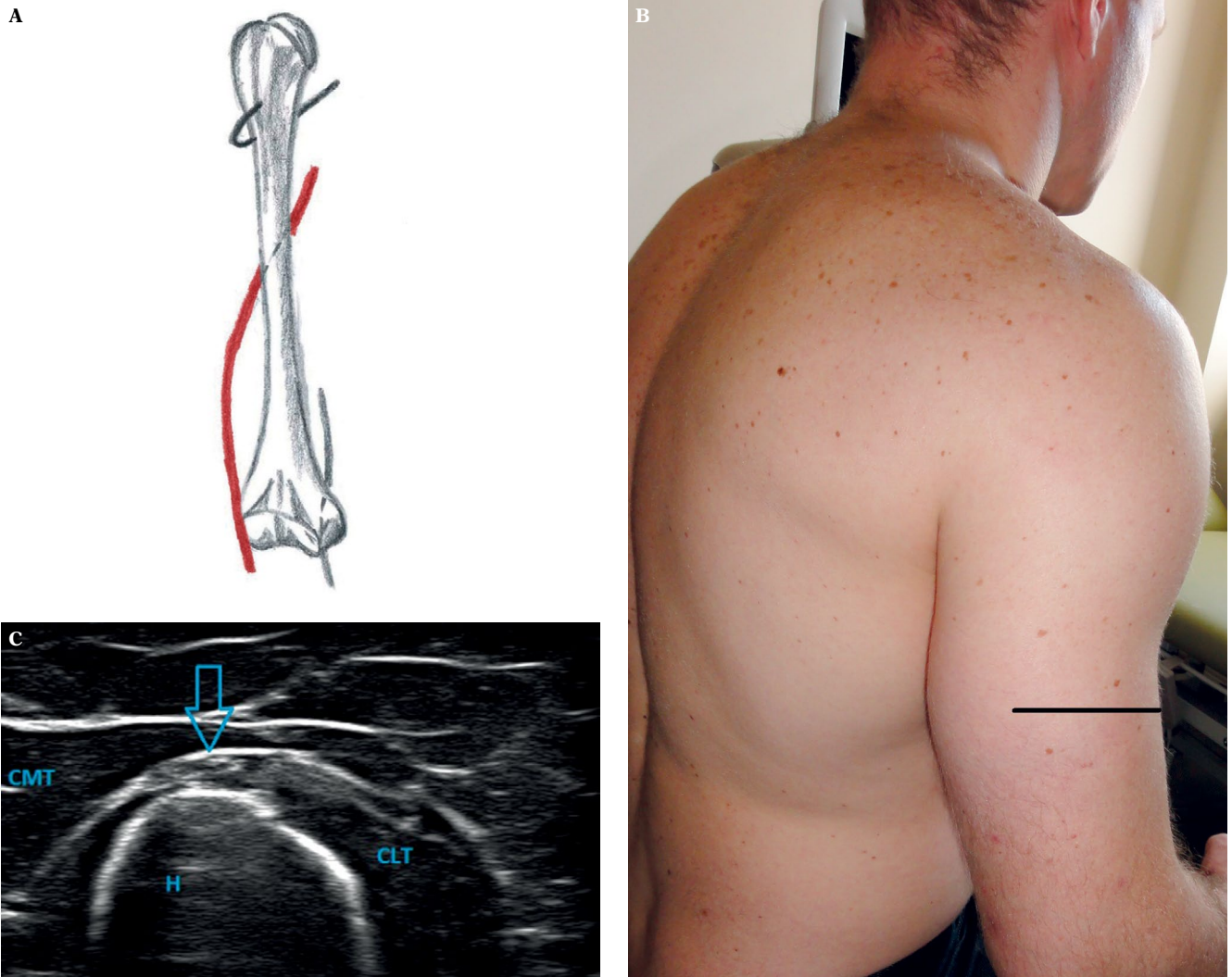
Musculocutaneous nerve (*nervus musculocutaneus*)

The musculocutaneous nerve branches off the lateral cord of the brachial plexus at the border of the lateral head of the pectoralis minor muscle. Running laterally and inferiorly, it pierces the coracobrachialis muscle and upon reaching its lateral border, the musculocutaneous nerve descends between the biceps brachii and brachialis muscles, and into the lateral head of the biceps. At the level of the elbow joint, right above the cubital fossa, the nerve pierces the fascia and gives off a terminal sensory branch, innervating the skin on the radial part of the forearm as the lateral cutaneous nerve of the forearm^(1-6,9-11).

This nerve is not accompanied by any large arterial vessel, thus it is easiest to find it at the level of the lateral edge of the pectoralis minor muscle, where the nerve branches off the lateral cord. The probe should be applied transversely at the level of the axillary fossa, so as to find the axillary artery (fig. 7) and track the nerve with a triangular cross-section coursing lateral to this vessel to pierce the coracobrachialis muscle. After identifying the musculocutaneous nerve, further evaluation is through the “elevator technique”.

Radial nerve (*nervus radialis*)

The radial nerve is the terminal branch of the brachial plexus' posterior cord (fig. 8 A). It runs posterior to the axillary artery, then wraps like a spiral around the humerus. Initially it lies in the radial groove between the points of origin of the lateral and medial heads of the triceps muscle, covered from the back by the long head of this muscle. In the terminal part of the groove, the radial nerve pierces the intermuscular septum and courses on the anterior surface of the humerus towards the cubital fossa. There it runs between the brachialis and brachioradialis (BR) muscles, and divides into a superficial and deep branch.

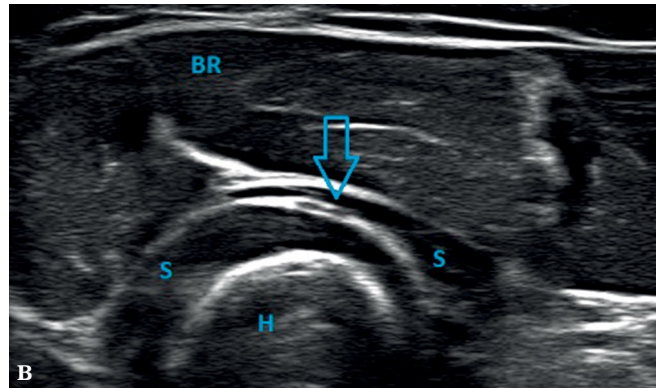


Ryc. 8 A. Schemat przebiegu nerwu promieniowego. **B.** Przyłożenie głowicy poprzecznej do długiej osi ramienia, poniżej dolnej krawędzi mięśnia naramiennego. **C.** Nerw promieniowy (strzałka) w bruzdzie kości ramiennej pomiędzy głowami boczną (CLT) i przyśrodkową mięśnia trójgłowego (CMT); H – kość ramienna

Fig. 8 A. Diagram of the course of the radial nerve. **B.** Application of the probe perpendicularly to the long axis of the arm, below the lower border of the deltoid muscle. **C.** The radial nerve (arrow) in the groove of the humerus between the lateral (CLT) and medial heads (CMT) of the triceps muscle; H – the humerus

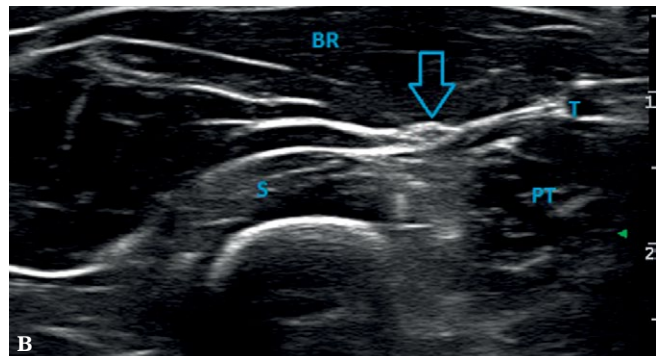
W badaniu USG można prześledzić opisany powyżej przebieg nerwu i jego gałęzi na całej długości. Najlepiej stosować „technikę windy”, rozpoczynając od uwidocznienia pnia nerwu promieniowego na poziomie rowka kości ramiennej, gdzie jest najłatwiej identyfikowalny. Głowicę przykładają się poprzecznie do długiej osi kości ramiennej w połowie jej długości, na tylnobocznym obrysie trzonu (ryc. 8 B). Nerw początkowo jest widoczny w rowku, w bezpośrednim sąsiedztwie kości (ryc. 8 C), a potem oddala się od niej w kierunku przedziałów mięśniowych. Tu następuje podział nerwu. Gałąź głęboka wnika pomiędzy dwie części mięśnia odwracacza, mające charakterystyczny kształt dwóch przylegających do siebie półksiężyców. Przemieszcza się pomiędzy tymi częściami

Through USG it is possible to follow the above-described course of the radial nerve and its branches in its entirety. It is best to use the “elevator technique”, starting by imaging the nerve trunk of the radial nerve at the level of the radial groove in the humerus, where it can be easily identified. The probe is applied perpendicularly to the long axis of the humerus, midway along its shaft, on the posterolateral surface (fig. 8 B). Initially the nerve is seen in the groove, directly upon the bone surface (fig. 8 C), while more distally it courses away from the bone towards the intermuscular septae. The bifurcation of the radial nerve is clearly visible. The deep branch passes between the muscle fibers of the supinator muscle, separating them into two adjoined semilunar parts,



Ryc. 9 A. Przyłożenie głowicy poprzeczne do osi długiej przedramienia na poziomie brzośca mięśnia ramiennie-promieniowego. **B.** Gałąź głęboka nerwu promieniowego (strzałka) pomiędzy częścią powierzchowną i głęboką mięśnia odwracacza (S); BR – mięsień ramiennie-promieniowy, H – kość ramienna

Fig. 9 A. Positioning of the probe perpendicular to the long axis of the forearm at the level of the BR muscle. **B.** The deep branch of the radial nerve (arrow) between the superficial and deep parts of the supinator muscle (S); BR – brachioradialis muscle, H – the humerus



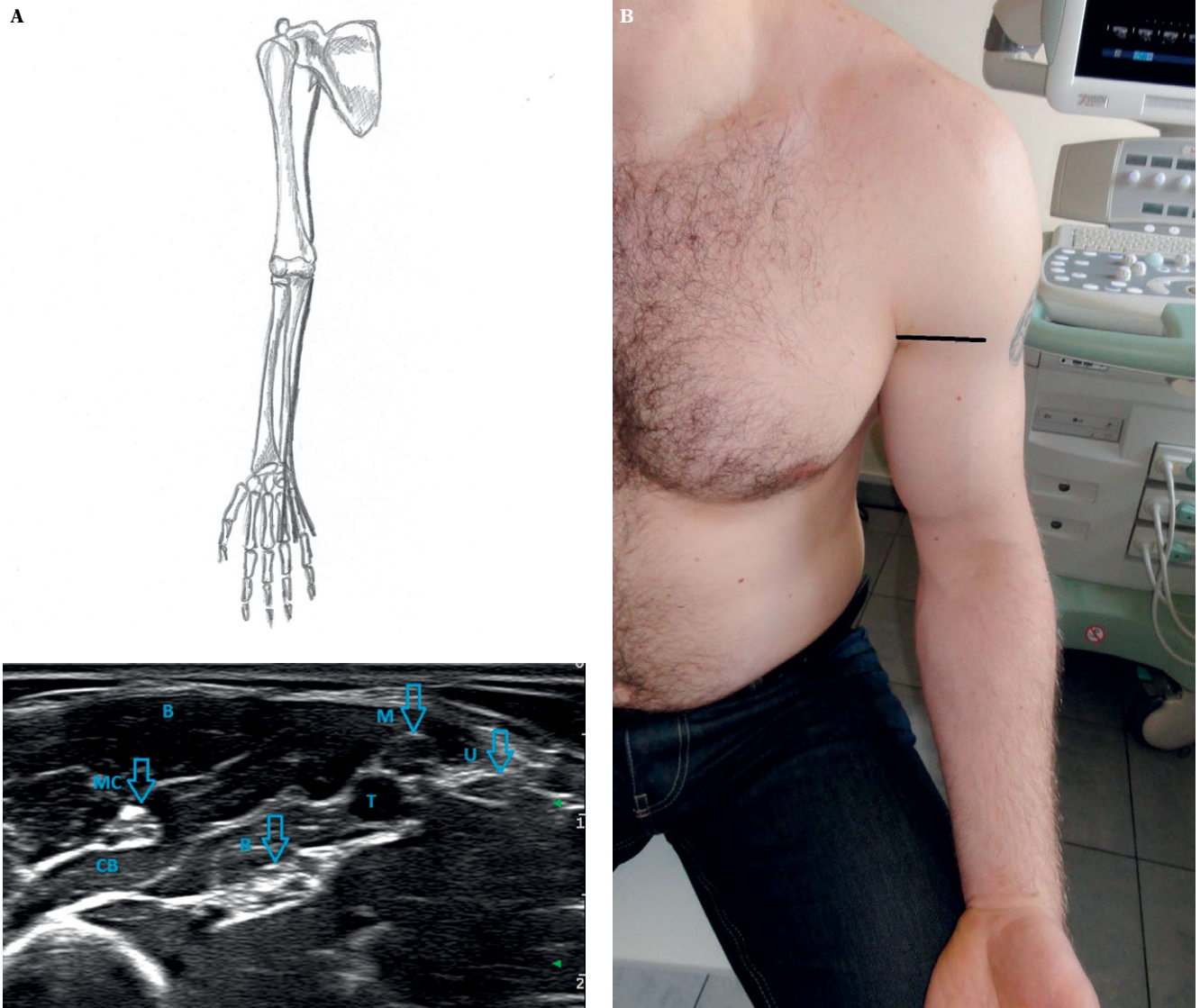
Ryc. 10 A. Przyłożenie głowicy w poprzek osi długiej przedramienia, na przedniej części brzośca mięśnia ramiennie-promieniowego. **B.** Gałąź powierzchowna nerwu promieniowego (strzałka) pod przednią częścią brzośca mięśnia ramiennie-promieniowego (BR), bocznie od tętnicy promieniowej (T). W tle widoczny brzuczek mięśnia odwracacza (S), a do przodu dystalna część mięśnia nawrotnego obłego (PT)

Fig. 10 A. Application of the probe perpendicular to the long axis of the forearm, on the anterior surface of the BR muscle. **B.** The superficial branch of the radial nerve (arrow) beneath the anterior part of the BR belly, lateral to the radial artery (T). In the background the supinator muscle (S) is visible, and anterior to it a part of the pronator teres muscle (PT)

mi od przodu i góry do tyłu i dystalnie (ryc. 9 A, B). Poniżej dolnej krawędzi tego mięśnia zmienia swoją nazwę na nerw międzykostny tylny (*nervus interosseus posterior*) i osiąga powierzchnię błony międzykostnej. Na tym odcinku składa się z pojedynczych pęczków, wobec czego w warunkach prawidłowych jest rzadko widoczny w badaniu USG⁽⁹⁾.

Gałąź powierzchowna nerwu, równie cienka jak głęboka, jest dostępna w badaniu USG na całej długości. Początkowo biegnie wzdłuż mięśnia ramiennie-

having the characteristic shape of two touching half-moon. As the nerve courses between these parts, it moves from being anterior and superior to posterior and distal. All the while, the deep part of the radial nerve is observed with the probe perpendicular to the long axis of the arm and then forearms (fig. 9 A, B). Below the lower border of the supinator muscle, the nerve branch changes its name to the posterior interosseous nerve. At this point, the nerve consists of individual bundles, and in normal conditions is rarely seen in an USG study⁽⁹⁾.

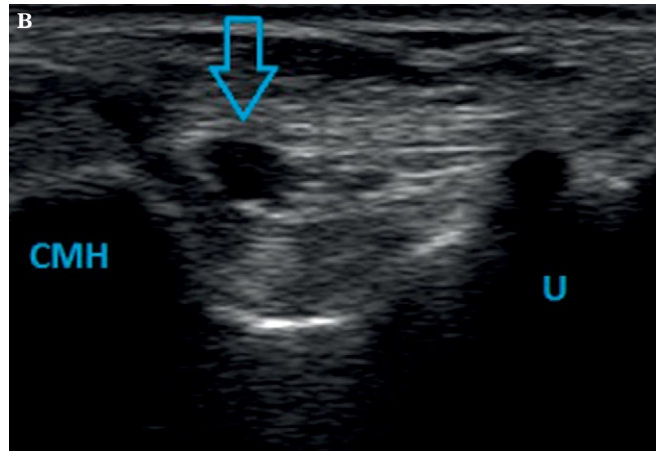


Ryc. 11 A. Schemat przebiegu nerwu łokciowego. B. Przyłożenie poprzecznej głowicy na poziomej dolnej krawędzi fałdu pachowego przedniego. C. Pęczek naczyniowo-nerwowy na poziomie bliższej części ramienia, nerwy zaznaczono strzałkami – pośrodkowy – M, łokciowy – U, promieniowy – R, mięśniowo-skórny – MC; tętnica ramienna (T), mięsień dwugłowy ramienia (B), mięsień kruczo-ramienny (CB)

Fig. 11 A. Diagram of the course of the ulnar nerve. B. Application of the probe transversely at the inferior edge of the anterior axillary line. C. The neurovascular bundle in the proximal part of the arm, with nerves indicated by arrows: median – M, ulnar – U, radial – R, musculocutaneous – MC; the brachial artery (T), the biceps brachii muscle (B), the coracobrachialis muscle (CB)

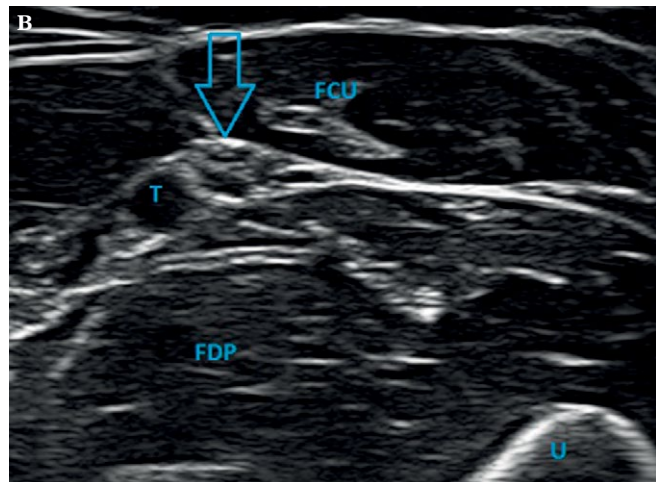
no-promieniowego, bocznie od tętnicy promieniowej (ryc. 10 A, B). Następnie kieruje się do przodu, krzyżując kolejno brzusce mięśnia odwracacza, nawrotnego obłego oraz zginacza powierzchownego palców i zginacza długiego kciuka. Około 5 cm powyżej szczytu wyrostka rylcowatego kości promieniowej gałąź powierzchowna oddala się od tętnicy promieniowej i przebija powięź, pomiędzy ścięgnami prostownika promieniowego długiego nadgarstka (ECRL) a mięśniem ramiennie-promieniowym (BR), a następnie krzyżuje I przedział prostowników oraz tabakierkę anatomiczną^(1-6,10,11). Zalecanym spo-

The superficial branch, just as thin as the deep one, is also accessible along its entire length to USG imaging. Initially it runs along the BR muscle, lateral to the radial artery (figs. 10 A, B). Then it courses anteriorly, crossing the supinator, pronator teres, FDS, and FPL muscles. Approximately 5 cm above the radial styloid process, the superficial branch of the radial nerve moves away from the radial artery, and pierces the fascia to course more superficially, between the tendons of the ECRL and the BR. Further along it crosses the first extensor compartment and the anatomical snuff box^(1-6,10,11).



Ryc. 12 A. Poprzeczne przyłożenie głowicy na wysokości rowka nerwu łokciowego. **B.** Nerw łokciowy (strzałka) w rowku kości ramiennej ograniczonym przez kłykiec przyśrodkowy kości ramiennej (CMH) oraz przez kość łokciową (U)

Fig. 12 A. Application of the probe transversely at the level of the groove for the ulnar nerve in the humerus. **B.** Ulnar nerve (arrow) within the groove for the ulnar nerve in the humerus, bordered by the medial epicondyle of the (CMH) and the ulna (U)



Ryc. 13 A. Poprzeczne przyłożenie głowicy w bliższej części przedramienia po stronie dłoniowo-łokciowej. **B.** Nerw łokciowy (strzałka) obok tętnicy łokciowej (T), w warstwie pomiędzy FCU a FDP

Fig. 13 A. Transverse application of the probe in the proximal part of the forearm on its anteromedial aspect. **B.** The ulnar nerve (arrow) beside the ulnar artery (T), in the layer between the FCU and FDP muscles

sobem badania jest „technika windy” od poziomu nerwu promieniowego lub wykorzystanie obecności towarzyszącej jej na długim odcinku tętnicy promieniowej⁽⁹⁾.

Nerw łokciowy (*nervus ulnaris*)

Nerw ten powstaje z pęczka przyśrodkowego splotu barkowego (ryc. 11 A). Początkowo biegnie w bruzdzie przyśrodkowej mięśnia dwugłowego do tyłu i przyśrodkowo od tętnicy ramiennej, stopniowo oddalając się od niej (ryc. 11 B, C). W połowie długości kości ramiennej leży powierzchownie, przebija przegrodę międzymięśniową przyśrodkową, przechodząc ku tyłowi na stronę prostowników.

W bruzdzie nerwu łokciowego kości ramiennej pokryty jest jedynie zgrubieniem powięzi i cienką warstwą skóry oraz tkanki podskórnej (ryc. 12 A, B). Po opuszczeniu bruzdy przechodzi pomiędzy głowami ramienną i łokciową FCU, po czym biegnie dalej przyśrodkowo od tętnicy łokciowej w warstwie pomiędzy FCU a FDP (ryc. 13 A, B). Osiągając poziom nadgarstka, przechodzi przez kanał Guyona. Ten trójkątny kształtu kanał od strony dłoniowej ogranicza warstwa włókien powierzchownych więzadła poprzecznego, od strony grzbietowej warstwa głęboka włókien tego więzadła oraz więzadło grochowato-haczykowate, od strony bocznej kość grochowata (ryc. 14 A, B). W kanale Guyona nerw łokciowy dzieli się na gałąź powierzchowną i głęboką. Gałąź powierzchowna jest dobrze widoczna w badaniu USG na powierzchni haczyka kości haczykowatej. Biegnie powierzchownie i dzieli się dalej na nerw dłoniowy właściwy palca (*nervus digitalis palmaris proprius*), biegnący do promieniowej strony palca V, oraz na nerw dłoniowy wspólny (*nervus digitalis palmaris communis*), zmierzający do strony łokciowej palca V oraz strony promieniowej palca IV. Gałąź głęboka, poza początkowym odcinkiem, jest słabo widoczna w badaniu USG.

W dalszej części przedramienia nerw łokciowy oddaje gałąź grzbietową (*ramus dorsalis nervi ulnaris*), która przechodzi na stronę grzbietową w 1/3 dalszej długości przedramienia. Przebiega pod ścięgnem FCU, zawija się wokół trzonu kości łokciowej, a następnie na wysokości głowy kości łokciowej przebija powięź pomiędzy IV a VI przedziałem prostowników. Na grzbiecie ulega podziałowi na 3 gałęzie, biegnące w kierunku palców jako nerwy grzbietowe palców⁽²⁻⁷⁾.

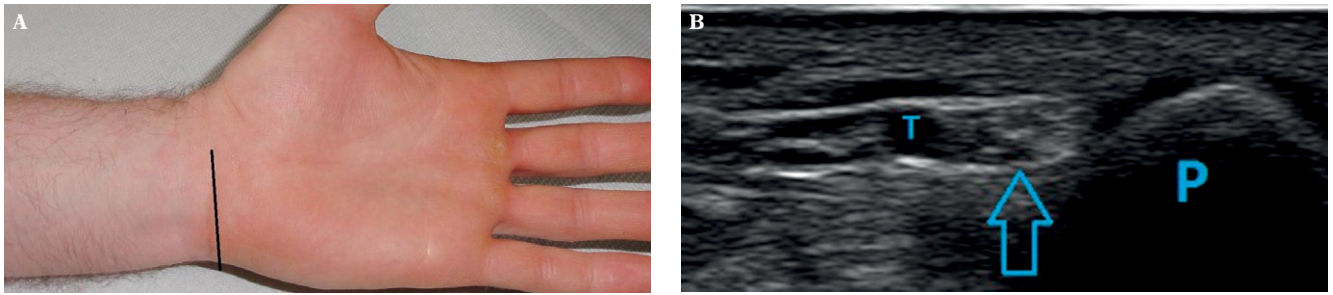
Locating the nerve at this level may be problematic. It is suggested to find it using the “elevator technique” from the trunk of the radial nerve or to take advantage of the radial artery, accompanying the nerve along a large portion of its course⁽⁹⁾.

Ulnar nerve (*nervus ulnaris*)

This nerve arises from the medial cord of the brachial plexus (fig. 11 A). Initially it runs in the medial bicipital groove of the biceps brachii muscle, posterior and medial to the brachial artery, gradually moving away from it (fig. 11 B, C). Midway down the humerus, it lies superficially, pierces the medial intermuscular septum and moves posteriorly towards the extensor compartment. In the groove for the ulnar nerve on the posterior aspect of the humerus, it is only covered by a thickened fascia and a thin layer of skin and subcutaneous tissue (figs. 12 A, B). After leaving this groove, the ulnar nerve again moves towards the flexor compartment, this time of the forearm, crossing between the humeral and ulnar heads of the FCU, then runs medially to the ulnar artery in the layer between the FCU and FDP muscles (figs. 13 A, B). Reaching the wrist, it passes through Guyon’s canal. This triangular canal is bordered anteriorly by superficial fibers of the transverse ligament and more distally the palmaris brevis muscle as well. Its posterior border is the deep layer of transverse ligament fibers and the pisohamate ligament, while the pisiform bone forms its lateral border (figs. 14 A, B). Within Guyon’s canal, the ulnar nerve divides into superficial and deep branches. The superficial branch is well visualized via USG on the surface of the hook of the hamate. It runs superficially and divides into the proper palmar digital nerve (along the radial side of the 5th digit) and the common palmar digital nerve (directed to the ulnar side of the 5th digit and the radial side of the 4th). The deep branch, aside from its initial segment, is not visible in USG.

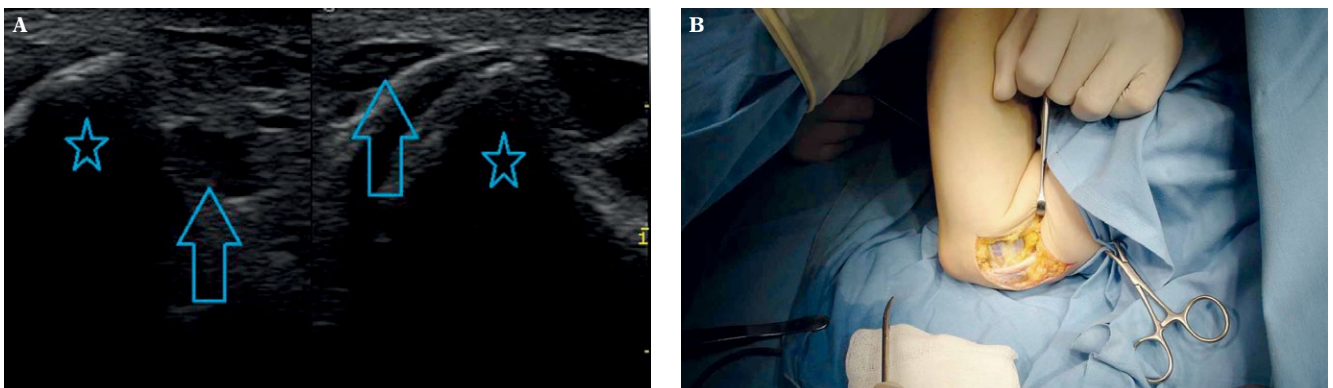
Further in the forearm, the ulnar nerve gives off the dorsal branch of the ulnar nerve, which passes to the dorsal side in the distal third of the forearm. It runs beneath the FCU tendon, wraps around the shaft of the ulna, and then at the head of the ulna pierces the fascia between the 4th and 6th extensor compartments. On the dorsum of the hand, it divides into 3 branches, running to the fingertips as the dorsal digital nerves⁽²⁻⁷⁾.

Due to its large diameter, superficial course and characteristic location, the ulnar nerve is easily visualized with USG^(1,9,10). It is best to begin at the level of



Ryc. 14 A. Poprzeczne przyłożenie głowicy na poziomie kanału Guyona. **B.** Nerw łokciowy (strzałka) oraz tętnica łokciowa (T); kość grochowa (P)

Fig. 14 A. Transverse application of the probe at the level of Guyon's canal. **B.** The ulnar nerve (arrow) as well as the ulnar artery (T); pisiform bone (P)



Ryc. 15 A. Obraz ultrasonograficzny zwichającego się nerwu łokciowego (strzałka): w prawidłowym położeniu (strona lewa) i zwichnięty poza rowek (strona prawa); kość ramienna (gwiazdka). **B.** Obraz śródoperacyjny zwichniętego nerwu. **C.** Nerw położony w rowku

Fig. 15 A. USG picture of a slipped ulnar nerve (arrow): proper location (left) and displacement from the groove (right); humerus (star). **B.** Intraoperative picture of the slipped nerve. **C.** The ulnar nerve again within the groove for the ulnar nerve of the humerus

Ze względu na dużą średnicę, powierzchowne położenie oraz charakterystyczną lokalizację nerw łokciowy jest łatwy do uwidocznienia w badaniu USG^(1,9,10). Badanie najwygodniej rozpocząć na poziomie bruzdy nerwu łokciowego kości ramiennej bądź na poziomie kanału Guyona, przykładając głowicę poprzecznie i przesuwając dogłównowo bądź doogonowo. Można posługiwać się w jego identyfikacji punktami referencyjnymi, jakimi są tętnice ramienna oraz łokciowa.

Stałym elementem oceny nerwu łokciowego jest badanie jego stabilności w bruzdzie nerwu łokciowego na kości ramiennej (ryc. 15). Technika dynamicznego badania USG polega na przyłożeniu

the groove for the ulnar nerve in the humerus or at the level of Guyon's canal, applying the probe transversely and moving it proximally or distally. Reference points, as the brachial and ulnar artery, may be useful in its identification.

A crucial element of the ulnar nerve's USG examination is a test of its stability in the groove for the ulnar nerve of the humerus (fig. 15). This dynamic USG examination technique consists of applying the probe across the groove when the elbow joint is in maximum flexion from initial full extension. The groove may be easily found through palpation, as the medial epicondyle of the humerus and the edge of the ulna are easily detectable.

głowicy w poprzek bruzdy i wykonaniu maksymalnego zgięcia stawu łokciowego z pozycji wyjściowej pełnego wyprostu. Bruzdę nerwu łokciowego można łatwo odnaleźć palpacyjnie, gdyż nadkłykieć przyśrodkowy kości ramiennej oraz krawędź wyrostka łokciowego kości łokciowej są doskonale wyczuwalne w palpacji.

Piśmiennictwo/References

1. Marhofer P: Zastosowanie ultrasonografii w blokadach nerwów obwodowych. Zasady i praktyka. Medmedia, Warszawa 2010.
2. Schunke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K: Prometheus. Atlas anatomii człowieka. MedPharm, Wrocław 2009.
3. Bochenek A, Reicher M: Anatomia człowieka. Tom 5, PZWL, Warszawa 1989.
4. Abrahams P, Marks JS, Hutchings R: McMinn's Color Atlas of Human Anatomy. Mosby, London 2003.
5. Radek A, Zapałowicz K: Atlas anatomii splotu ramiennego. Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Łódź 2005.
6. Gray H: Anatomy Descriptive and Applied. Longman's, Green and CO, London 1935.
7. Di Giacomo G, Pouliart G, Costantini N, Vita A, de Eds A: Atlas of Functional Shoulder Anatomy. Springer, Milan 2008.
8. Nawrot P: Neuropatie uciskowe nerwów kończyny górnej. PZWL, Warszawa 2009.
9. Bianchi S, Martinoli C: Ultrasonografia układu mięśniowo-szkieletowego. Tom 1, Medipage, Warszawa 2009.
10. Hadzic A, Vloka JD: Blokady nerwów obwodowych. Zasady i praktyka. Medipage, Warszawa 2008.
11. Felten DL, Józefowicz R, Netter FH: Atlas neuroanatomii i neurofizjologii Nettera. Elsevier Urban and Partner, Wrocław 2007.