

Blokada pachowa spłotu ramiennego pod kontrolą ultrasonografii. Część 1 — podstawy anatomii ultrasonograficznej

Ultrasound guided axillary brachial plexus block. Part 1 — basic sonoanatomy

Piotr Nowakowski, Andrzej Bieryło

Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Szpital Czerniakowski, Warszawa

Abstract

Axillary brachial plexus block is one of the most popular and widely used approaches for brachial plexus blocks. Its main advantages are its versatility and high safety. Brachial block facilitates analgesia for the distal arm, elbow, forearm and hand. Numerous upper limb procedures, particularly orthopedic ones, can be carried out under axillary block. Axillary block is well suited for the ultrasound-guided technique. Because the brachial plexus in the axillary region is located superficially, the nerves, block needle, and local anesthetic spread are all relatively easy to visualize. A high-frequency linear probe can be used during block procedure, so the quality and resolution of the ultrasound images are excellent. An important feature of the axillary approach is its high level of safety. In the axillary area, there are no anatomical structures other than vessels, to which damage during block placement could pose a risk for the patient. For this reason, axillary block is one of the techniques that are recommended for learning ultrasound-guided regional anesthesia. This paper summarizes anatomical fundamentals and provides basic sonoanatomic knowledge that is essential for successful ultrasound-guided axillary block.

Key words: regional anesthesia, peripheral nerve block, brachial plexus; regional anesthesia, peripheral nerve block, axillary block; ultrasound, sonoanatomy

Słowa kluczowe: anestezja regionalna, blokada obwodowa, spłot ramienny; anestezja regionalna, blokada obwodowa, blokada pachowa; ultrasonografia, sonoanatomia

Anestezjologia Intensywna Terapia 2015, tom XLVII, nr 4, 423–430

Blokada z dostępu pachowego jest jedną z najpopularniejszych i najczęściej stosowanych technik znieczulenia spłotu ramiennego [1]. Dostęp ten cechuje się dużą uniwersalnością i bezpieczeństwem. Pozwala na uzyskanie znieczulenia obejmującego dalszą połowę ramienia, łokieć, przedramię i rękę. Powyższy zakres blokady pozwala na wykonanie wielu zabiegów operacyjnych w obrębie kończyny górnej, zwłaszcza operacji ortopedycznych. Znieczulenie spłotu

ramiennego z dostępu pachowego szczególnie dobrze nadaje się do wykorzystania ultrasonografii. Spłot ramienny w tej okolicy położony jest powierzchownie, dlatego ultrasonograficzne uwidocznienie struktur nerwowych, igły oraz podawanego anestetyku jest stosunkowo łatwe. Przy wykorzystaniu głowicy liniowej o dużej częstotliwości uzyskany obraz cechuje się dobrą jakością i dużą rozdzielczością. Dostęp ten odznacza się ponadto dużym bezpieczeństwem

Należy cytować anglojęzyczną wersję: *Nowakowski P, Bieryło A: Ultrasound-guided brachial plexus block. Part 1 — basic sonoanatomy. Anaesthesiol Intensive Ther 2015; 47: 409–416. 10.5603/AIT.2015.0052.*

ze względu na brak w sąsiedztwie innych, poza naczyńiami, struktur anatomicznych, których uszkodzenie mogłoby stanowić zagrożenie dla pacjenta. Z tych względów blokada splotu ramiennego pod kontrolą ultrasonografii jest zalecana dla lekarzy dopiero nabierających doświadczenia z wykorzystaniem ultrasonografii w anestezji regionalnej [2]. Niniejsza praca stanowi pierwszą część opracowania dotyczącego blokady pachowej splotu ramiennego i przedstawia podstawy anatomiczne niezbędne dla skutecznego wykorzystania ultrasonografii w celu wykonania tej blokady. W drugiej części zostaną przedstawione techniki wykonania i możliwości, które niesie zastosowanie ultrasonografii dla wykonania blokady pachowej splotu ramiennego.

ZARYS HISTORYCZNY

Blokada splotu ramiennego z dostępu pachowego została opisana przez Hirschela już w 1911 roku [3]. Zmodyfikowana w 1920 roku przez Pitkina technika jej wykonania była odmienna od współczesnego podejścia. Zakładała wkłucie igły od strony dołu pachowego, głębokie wprowadzenie jej aż do poziomu pierwszego żebra i podanie środka miejscowo znieczulającego na tej wysokości, podobnie jak ma to miejsce w blokadzie nadobojczykowej. Powyższa technika skutkowałą uzyskaniem wysokiej blokady splotu ramiennego. W 1921 roku Reding opisał znieczulenie końcowych gałęzi splotu ramiennego wykonywane w dolnej części dołu pachowego, podobnie jak jest to wykonywane współcześnie [4]. Potwierdzeniem właściwego położenia igły wobec struktur nerwowych było uzyskanie parestezji. Aż do końca lat 50. XX wieku technika parestezji była najczęściej stosowaną metodą lokalizacyjną w znieczuleniu splotu ramiennego. Dopiero w 1958 roku Burnham zaproponował zastosowanie nowej, okołonaczyniowej techniki znieczulenia splotu ramiennego z dostępu pachowego. Zakładała ona podanie środka znieczulającego w dwóch punktach we wnętrzu powrózka naczyniowo-nerwowego splotu: powyżej i poniżej tętnicy pachowej. Przy użyciu tej metody zasadniczym punktem odniesienia dla określenia położenia splotu ramiennego było tętnienie tętnicy pachowej. Objawem potwierdzającym właściwe umiejscowienie końcówki igły był „trzask” towarzyszący przebicciu igłą warstwy powięziowej, świadczący o wprowadzeniu igły do wnętrza osłonki splotu ramiennego. Uzyskanie parestezji nie było konieczne [5]. W 1961 roku De Jong zwrócił uwagę na znaczenie objętości leku miejscowo-znieczulającego dla możliwości uzyskania skutecznej blokady przy wykorzystaniu techniki okołonaczyniowej. Na podstawie badań sekcyjnych doszedł on do wniosku, że osłonka otaczająca splot ramienny stanowi rodzaj zamkniętego worka o średnicy 2–3 cm u dorosłych, a około 1 cm u dzieci. De Jong przyjął założenie, że po podaniu środka znieczulającego we wnętrzu powrózka naczyniowo-nerwowego następuje jego równomierne rozprze-

strzenie w kierunku proksymalnym i dystalnym wzdłuż nerwów, a pochewka uniemożliwia jego wydostanie się na zewnątrz. Zakładał ponadto, że dla uzyskania skutecznego znieczulenia splotu ramiennego konieczne jest przemieszczenie anestetyku o 3 cm w kierunku proksymalnym i o 3 cm w kierunku dystalnym od miejsca podania, czyli wypełnienie płynem walca o średnicy 3 cm i wysokości 6 cm. Daje to objętość 42 cm³, co stanowi według powyższej koncepcji optymalną objętość leku miejscowo-znieczulającego dla uzyskania skutecznego znieczulenia splotu ramiennego u dorosłego pacjenta [6]. Koncepcję „objętościową” znieczulenia splotu ramiennego ugruntował swoimi pracami Alon Winnie. Metoda ta oferowała względnie prostą receptę na uzyskanie skutecznego znieczulenia przy użyciu pojedynczego wstrzyknięcia środka miejscowo-znieczulającego i zyskała bardzo dużą popularność [4, 6].

Wprowadzenie do praktyki klinicznej techniki elektrycznej stymulacji nerwów w połowie lat 80. XX wieku otworzyło nowe możliwości lokalizacji struktur nerwowych, pozwoliło na precyzyjną identyfikację poszczególnych nerwów i otworzyło drogę do zastosowania techniki multistymulacji i *multi-injection*. Wykazano, że w porównaniu z tradycyjną techniką podejście to umożliwia istotną redukcję użytej objętości środka znieczulającego miejscowo oraz poprawę skuteczności uzyskanego znieczulenia [7, 8].

W 1994 roku Dupre opisał dostęp, spopularyzowany później pod angiolojęzyczną nazwą *midhumeral*, polegający na blokowaniu pojedynczych gałęzi splotu ramiennego bardziej dystalnie niż do tej pory, na poziomie bliższej 1/3 długości ramienia [9].

Wprowadzenie ultrasonografii do praktyki klinicznej anestezji regionalnej otworzyło nowe możliwości wykonania blokady splotu ramiennego. Dzięki tej technice stało się możliwe wykonanie znieczulenia pod bezpośrednią kontrolą wzrokową, co pozwoliło na zwiększenie sterowności blokady, jej skuteczności, poprawę komfortu pacjenta oraz umożliwiło redukcję dawki leku znieczulenia miejscowego [10–12].

BUDOWA ANATOMICZNA SPLITU RAMIENNEGO

Splot ramienny powstaje z korzeni rdzeniowych od C5 do Th1. Można go podzielić na część nadobojczykową, leżącą w obrębie trójkąta bocznego szyi, i część podobojczykową, znajdującą się w obrębie dołu pachowego. Nerwy rdzeniowe będące korzeniami splotu ramiennego po opuszczeniu kanału kręgowego układają się w obrębie szczeliny mięśni pochyłych. Dwa górne i dwa dolne korzenie łączą się, na skutek czego powstają 3 pnie (górnym: połączenie C5-C6, środkowym: przedłużenie C7, dolnym: połączenie C8-Th1). Pnie splotu biegną pomiędzy mięśniami pochyłymi w kierunku boczno-dolnym, ku środkowej części obojczyka. W dystalnej części szczeliny mięśni pochyłych, w pobliżu pierwszego żebra do splotu ramiennego przybliża się tętnica podoboj-

czykowa. Spłot przechodzi do dołu pachowego pomiędzy pierwszym żebrem, a obojczykiem. Na tym poziomie każdy z pni dzieli się na część przednią i tylną (strefa podziałów spłotu ramiennego), które dystalnie od obojczyka łączą się, tworząc pęczki spłotu ramiennego. Pęczek tylny powstaje z połączenia części tylnych wszystkich trzech pni spłotu ramiennego, pęczek boczny powstaje z części przednich pnia przedniego i środkowego, a przednia część pnia dolnego przechodzi w pęczek przyśrodkowy. Spłot w strefie podziałów i bezpośrednio poniżej obojczyka leży bocznie od tętnicy podobojczykowej, na dalszym przebiegu pęczki spłotu ramiennego układają się wokół tętnicy i ostatecznie umiejscawiają się z trzech stron tętnicy pachowej. Nazwy odzwierciedlają ich położenie względem tętnicy na poziomie szczytu pachy, przy kończynie przywiedzionej do tułowia. U pacjenta leżącego na plecach z kończyną w odwiedzeniu, pęczek przyśrodkowy znajduje się poniżej tętnicy, pęczek boczny powyżej, a pęczek tylny do tyłu i poniżej tętnicy. W dystalnej części dołu pachowego pęczki spłotu ramiennego dzielą się na gałęzie końcowe, nerwy: mięśniowo-skróny, pośrodkowy, promieniowy, łokciowy, skróny przyśrodkowy ramienia i skróny przyśrodkowy przedramienia [13–15].

SONOANATOMIA SPŁOTU RAMIENNEGO

Spłot ramienny w okolicy dołu pachowego jest strukturą leżącą powierzchownie, nawet u pacjentów otyłych. U większości pacjentów struktury nerwowe położone są na głębokości 1–3 cm. Optymalną głowicą dla jego uwidocznienia jest głowica liniowa. Użyteczny zakres częstotliwości obejmuje 10–13 MHz. Zalecane jest skorzystanie z trybów automatycznej optymalizacji obrazu aparatu ultrasonograficznego pod kątem blokad nerwów (tzw. presetów). U niektórych pacjentów, zwłaszcza z dobrze rozwiniętymi mięśniami, lepszą jakość obrazowania może przynieść użycie presetu mięśniowo-szkieletowego. U większości pacjentów wystarczające jest ustawienie głębokości obrazowania na 3 cm. Poziom ogniska należy ustawić na głębokości odpowiadającej położeniu tętnicy pachowej. Wykorzystanie opcji obrazowania w skrzyżowanych ultradźwiękach zwiększa czytelność obrazu i pozwala zmniejszyć ilość szumów. Warto sprawdzić jakość obrazu przy włączonej opcji obrazowania harmonicznego, często pozwala ona na dalszą poprawę czytelności obrazu [16].

Dla uwidocznienia spłotu ramiennego na poziomie dołu pachowego należy odwieść ramię pacjenta do kąta 90°. Głowicę należy przyłożyć na przyśrodkowej powierzchni ramienia, w dole pachowym, prostopadle do długiej osi ramienia. Skanowanie wykonuje się przesuwając głowicę od szczytu dołu pachowego do połowy długości ramienia, wzdłuż przebiegu tętnicy pachowej. Aby zoptymalizować uzyskany obraz, podczas skanowania należy pochylać głowicę w kierunku dystalnym i proksymalnym („tilt”). Często

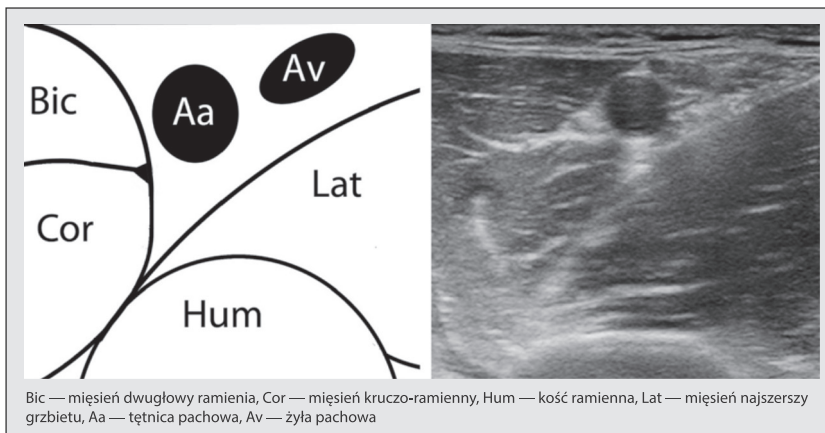
nawet niewielka zmiana kąta nachylenia głowicy względem powierzchni skóry pozwala na poprawę widoczności struktur nerwowych dzięki zmniejszeniu efektu anizotropii.

Nerwy spłotu ramiennego w dole pachowym pozostają we względnie stałych relacjach przestrzennych z innymi strukturami anatomicznymi, zwłaszcza tętnicą pachową i poszczególnymi grupami mięśniowymi. Z tego powodu kluczem do odnalezienia struktur nerwowych jest identyfikacja struktur anatomicznych dołu pachowego: naczyń, mięśni i kości (ryc. 1). Zmienność anatomiczna położenia nerwów jest względnie mała i w dużym stopniu przewidywalna.

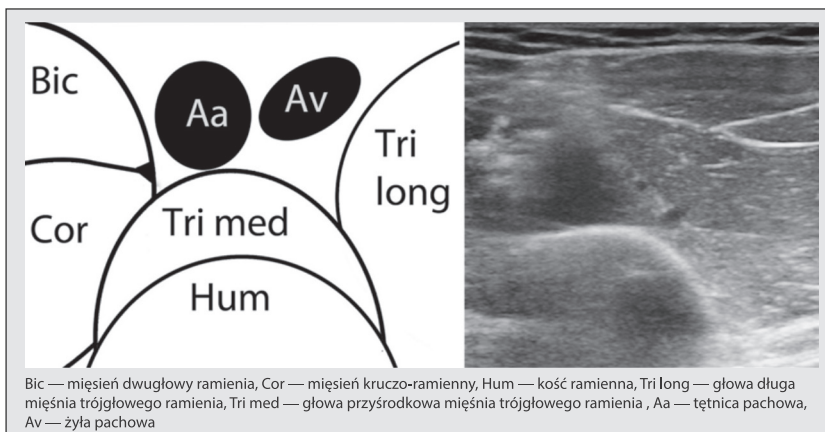
Podstawowym anatomicznym punktem odniesienia dla lokalizacji spłotu ramiennego w dole pachowym jest tętnica pachowa. Jest ona bezechową (ciemną), okrągłą, tętniącą strukturą. Jej uwidocznienie nie nastręcza problemów nawet osobom początkującym. Po odnalezieniu tętnicy należy ustawić głowicę w taki sposób, aby naczynie znajdowało się na środku ekranu. Uzyskany na ekranie obraz jest obrócony o 90° w stosunku do rzeczywistego położenia struktur anatomicznych. Struktury znajdujące się na ekranie na lewo i na prawo od tętnicy w istocie znajdują się odpowiednio powyżej lub poniżej niej. Z praktycznego punktu widzenia bardzo pomocne jest stosowanie jednakowej konwencji usytuowania głowicy. Używana przez autorów konwencja zakłada przyłożenie głowicy do ramienia znacznikiem do góry. Dzięki temu lewa strona ekranu zawsze odpowiada górnej części ramienia, strona prawa części dolnej, niezależnie od tego, czy skanowana jest kończyna lewa, czy prawa. Uzyskany na ekranie obraz zawsze zrotowany jest o około 90° w stosunku do rzeczywistego położenia struktur anatomicznych. W dalszej części tekstu przy opisie obrazów ultrasonograficznych, a także na zamieszczonych rycinach stosowana będzie powyższa konwencja.

Tętnicy pachowej zwykle towarzyszy więcej niż jedna żyła pachowa, na ogół widoczne są dwa naczynia żyłne. Żyły najczęściej zlokalizowane są poniżej i powierzchownie względem tętnicy (tj. patrząc na ekran po prawej stronie tętnicy i nieco powyżej niej). Odróżnienie naczyń tętnicznych od żylnych nie stanowi problemu. Odmienne od tętnicy cechującej się równomiernym, okrągłym kształtem cienkościennie naczynia żyłne przybierają zróżnicowane kształty i z łatwością poddają się uciskowi. Całkowite zamknięcie naczyń żylnych możliwe jest nawet przy niewielkim zwiększeniu siły nacisku głowicy na skórę. Wykorzystanie funkcji kolorowego Dopplera w celu odróżnienia tętnicy od żył pachowych na podstawie kierunku przepływu krwi jest na ogół zbędne.

W dolnej części ekranu widoczny jest hiperechogeniczny, owalny zarys kości ramiennej z cieniem akustycznym poniżej powierzchni kostnej. U pacjentów z dobrze rozwiniętymi mięśniami może być konieczne zwiększenie głębokości obrazowania dla uwidocznienia echa kości ramiennej.



Rycina 1. Schemat i obraz ultrasonograficzny proksymalnej ramienia



Rycina 2. Schemat i obraz ultrasonograficzny proksymalnej ramienia

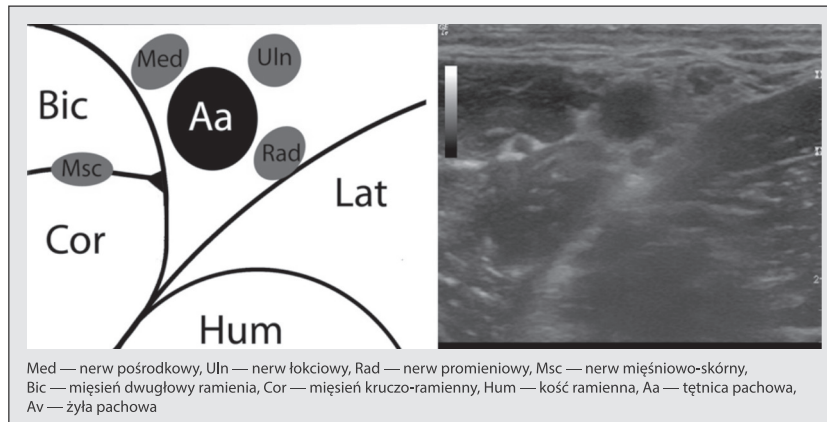
Pęczek naczyniowo nerwowy biegnie w przestrzeni o kształcie zbliżonym do trójkąta. Dwa boki tego trójkąta wyznaczają sąsiadujące grupy mięśniowe, trzeci stanowi tkanka podskórna. Powierzchnie (na ekranie u góry) znajduje się na ogół cienka warstwa tkanki tłuszczowej, pod którą położona jest powięź podskórna. Od góry (na ekranie po stronie lewej) pęczek naczyniowo-nerwowy ograniczony jest brzościami mięśnia dwugłowego ramienia (bardziej powierzchniowo) i leżącego głębiej, mniejszego mięśnia kruczo-ramiennego. O dołu (na ekranie poniżej i na prawo od tętnicy) pęczek naczyniowo-nerwowy jest ograniczony wspólnym przyczepem mięśnia najszerzego grzbietu i obłego większego (bardziej proksymalnie) lub głowami pośrednią i długą mięśnia trójgłowego ramienia (bardziej dystalnie).

Szczególnie czytelny obraz ultrasonograficzny można uzyskać, przykładając głowicę w okolicy szczytu pachy. W tym położeniu poniżej i po prawej stronie tętnicy widoczny jest przyczep mięśnia najszerzego grzbietu tworzący wyraźnie widoczną, łukowatą linię skierowaną wypukłością do góry. Hiperechogeniczna powięź tego mięśnia wyznacza

granicę pęczka naczyniowo-nerwowego, poniżej niej nie znajdują się żadne struktury nerwowe (ryc. 1). Po przesunięciu głowicy o 2–3 cm w kierunku dystalnym przyczep mięśnia najszerzego grzbietu znika z pola widzenia, a jego miejsce zajmują brzoście mięśnia trójgłowego ramienia. Na tym poziomie dolna granica pęczka naczyniowo-nerwowego nie jest już tak wyraźna jak na wysokości przyczepu mięśnia najszerzego grzbietu (ryc. 2).

Wykorzystanie ultrasonografii podczas blokady splotu ramiennego pozwala na odnalezienie i bezpośrednie uwidocznienie nerwów splotu ramiennego. Czterema głównymi i najłatwiejszymi do uwidocznienia nerwami splotu są nerwy: pośrodkowy, mięśniowo-skróny, łokciowy i promieniowy (ryc. 3). Podstawowym punktem odniesienia pozostaje tętnica pachowa. Opisując położenie nerwów względem niej wygodnie jest odnosić usytuowanie danej struktury do rozmieszczenia godzin na tarczy zegara.

Brak ściśliwości nerwów pomaga określić ich umiejscowienie w tkankach. Naczynia, mięśnie lub tkanka łączna cechują się elastycznością i po zwiększeniu siły nacisku ulegają uginaniu lub spłaszczeniu. Odmienne od tego nerwy



Rycina 3. Typowe położenie nerwów splotu ramiennego wobec tętnicy pachowej

obwodowe są strukturami „twardymi”, nieściśliwymi. Przy nacisku głowicą widoczne jest uginanie tkanek otaczających nerwy, podczas gdy same nerwy nie poddają się uciskowi. W efekcie na monitorze widoczne są one jako obszary „sztywne”, nieuginające się i często wpuklające w sąsiadujące struktury. Szczególnie dobrze widoczne jest to w miejscach, w których nerw sąsiaduje z naczyniem, zwłaszcza żyłą. Przy ucisku głowicą widoczne jest zaciskanie naczynia oraz zagłębienie nerwu do światła żyły lub przesuwanie nerwu po obwodzie tętnicy. Inną charakterystyczną cechą nerwów jest ich szczególnie zachowanie przy wprowadzaniu igły. Jeżeli blokowany nerw nie leży w ciasnej przestrzeni powięziowej pomiędzy brzościami mięśni, to przy kontakcie z igłą, zwłaszcza wprowadzanej stycznie do jego obwodu, widoczne jest charakterystyczne „obracanie” i „turlanie” się nerwu popychanego wprowadzaną igłą [14, 15].

NERW POŚRODKOWY

Nerw pośrodkowy (C5-Th1) powstaje z dwóch części: z pęczka bocznego i pęczka przyśrodkowego łączących się na przedniej powierzchni tętnicy ramiennej. Charakterystyczną cechą nerwu pośrodkowego jest jego sąsiedztwo z tętnicą (pachową, a następnie ramienną) na całym jego przebiegu wzdłuż ramienia. Nerw jest okrągłą/owalną hiperechogeniczną strukturą podzieloną przez jedną lub kilka hiperechogenicznych przegród. Nerw ściśle przylega do tętnicy, zazwyczaj położony jest na godzinie 10:00–12:00 (ryc. 3). Uciskając głowicą tkankę, często można zauważyć przesuwanie nerwu wzdłuż obwodu tętnicy. Skanując przebieg tętnicy wzdłuż ramienia widać nerw pośrodkowy towarzyszący temu naczyniu. Biegnie on po stronie bocznej tętnicy ramiennej towarzysząc jej aż do dołu łokciowego. Powyżej stawu łokciowego nerw krzyżuje tętnicę i przechodzi na jej stronę przyśrodkową. W razie problemów z identyfikacją nerwu pośrodkowego na poziomie dołu pachowego należy uwidocznić tętnicę w dalszym odcinku ramienia, zidentyfikować przylegający do niej nerw, a następnie prześledzić

wstecznie przebieg obu struktur aż do poziomu zaplanowanej blokady.

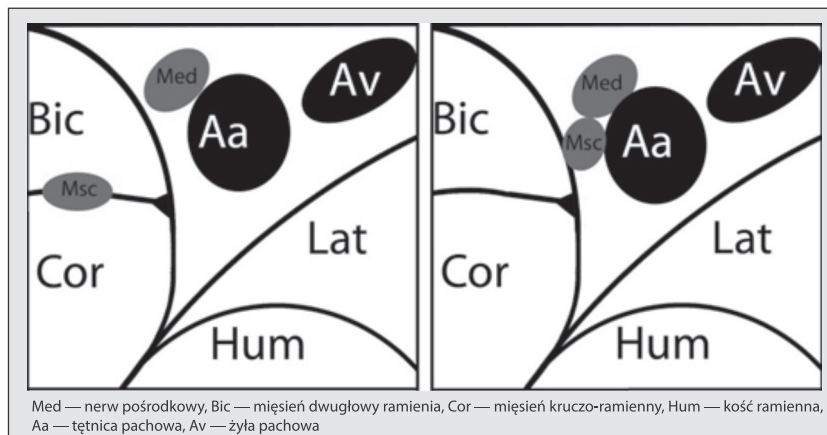
NERW SKÓRNY PRZYŚRODKOWY RAMIENIA

Nerw skórny przyśrodkowy przedramienia odchodzi od pęczka przyśrodkowego, podąża wzdłuż powrózka naczyniowo-nerwowego, w połowie długości ramienia przebija powięź i dzieli się na gałęzie końcowe. Unerwia czuciowo skórę przedniej i przyśrodkowej części przedramienia i dalszej części ramienia [13]. Położony jest w bezpośrednim sąsiedztwie nerwu pośrodkowego, tuż przy tętnicy (godzina 12:00). Jest względnie małym nerwem, jego bezpośrednie uwidocznienie nie zawsze jest możliwe.

NERW MIĘŚNIOWO-SKÓRNY

Nerw mięśniowo-skórny (C5, C6) odchodzi od pęczka bocznego splotu ramiennego najczęściej wysoko w obrębie dołu pachowego, a następnie układa się w przestrzeniach powięziowych pomiędzy dwiema częściami mięśnia kruczo-ramiennego lub pomiędzy mięśniem dwugłowym ramienia, a mięśniem kruczo-ramiennym. Na wysokości szczytu pachy zazwyczaj biegnie w oddaleniu od pęczka naczyniowo-nerwowego. Aby uwidocznić nerw mięśniowo-skórny, należy przyłożyć głowicę ponad brzoścem mięśnia dwugłowego ramienia tak, aby tętnica widoczna była w bocznej części ekranu. Nerw jest położony w odległości 1–3 cm od tętnicy (na ekranie na lewo od tętnicy), widoczny jest jako hiperechogeniczna struktura leżąca w obrębie przestrzeni powięziowej dzielącej brzoście mięśni. Przekrój nerwu zmienia się wzdłuż jego przebiegu, począwszy od owalnego (na poziomie odejścia od pęczka naczyniowo-nerwowego), poprzez wrzecionowaty (na odcinku wewnątrzmięśniowym), do kształtu trójkątnego w miejscu wyjścia nerwu z mięśnia kruczo-ramiennego. Nerw ten odznacza się zmiennością anatomiczną swojego położenia.

Najczęstszym wariantem odbiegającym od typowego przebiegu nerwu jest niski punkt odejścia od pęczka



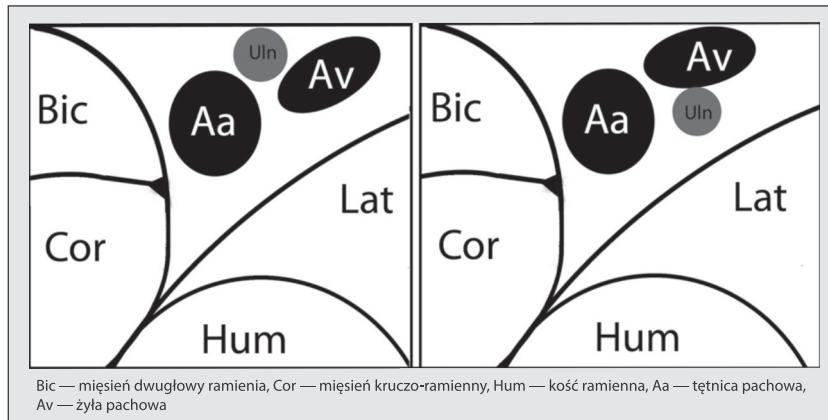
Rycina 4. Typowe umiejscowienie nerwu mięśniowo-skrórnego (Msc) w okolicy dołu pachowego (po lewej) oraz najczęściej spotykany wariant jego położenia (po prawej)

bocznego splotu ramiennego. W tym przypadku na poziomie szczytu pachy nerw jest nieobecny pomiędzy mięśniami dwugłowym i kruczo-ramiennym, towarzyszy natomiast nerwowi pośrodkowemu. Po podaniu środka znieczulającego miejscowo najczęściej nerwy te ulegają rozdzieleniu, ale w kilkunastu procentach przypadków nerw mięśniowo-skrórnym tworzy wspólny pień z nerwem pośrodkowym. Wariant niskiego odejścia nerwu mięśniowo-skrórnego występuje dość często, bo nawet u 30% pacjentów [17–19]. Nerw mięśniowo-skrórnym leżący w typowym położeniu (w obrębie mięśnia kruczo-ramiennego) jest wyraźnie widoczny na obrazie ultrasonograficznym i jego identyfikacja nie nastręcza trudności. W przypadku niemożności jego uwidocznienia w typowym położeniu, w obrębie zginaczy ramienia należy wziąć pod uwagę możliwość odmienności anatomicznej jego położenia i w pierwszej kolejności uwzględnić jego przebieg razem z nerwem pośrodkowym. W tym przypadku skanując przebieg nerwu pośrodkowego w kierunku dystalnym czasami widoczne jest rozdzielanie pozornie pojedynczego pnia nerwowego leżącego obok tętnicy pachowej na dwie gałęzie: pień nerwowy biegnący razem z tętnicą ramienną (nerw pośrodkowy) oraz pień układający się pomiędzy mięśniami zginaczami ramienia (nerw mięśniowo-skrórnym). Brak możliwości uwidocznienia miejsca podziału nerwów sugeruje wspólny pień nerwu pośrodkowego i mięśniowo-skrórnego. W tym przypadku potwierdzenie przebiegu włókien nerwu mięśniowo-skrórnego w obrębie pnia nerwu pośrodkowego można uzyskać wykorzystując stymulację nerwu. Umieszczając końcówkę igły w sąsiedztwie nerwu i zmieniając nieznacznie jej położenie, można uzyskać odpowiedź motoryczną typową dla nerwu pośrodkowego oraz nerwu mięśniowo-skrórnego. Dostępne są również kazuistyczne opisy innego położenia nerwu mięśniowo-skrórnego, na przykład jego umiejscowienie tuż pod powięzią podskórną, bocznie i powyżej pęczka naczyniowo-nerwowego [20]. Dystalnie od mięśnia kruczo-ramiennego nerw mięśniowo-skrórnym układa się pomiędzy mięśniami dwu-

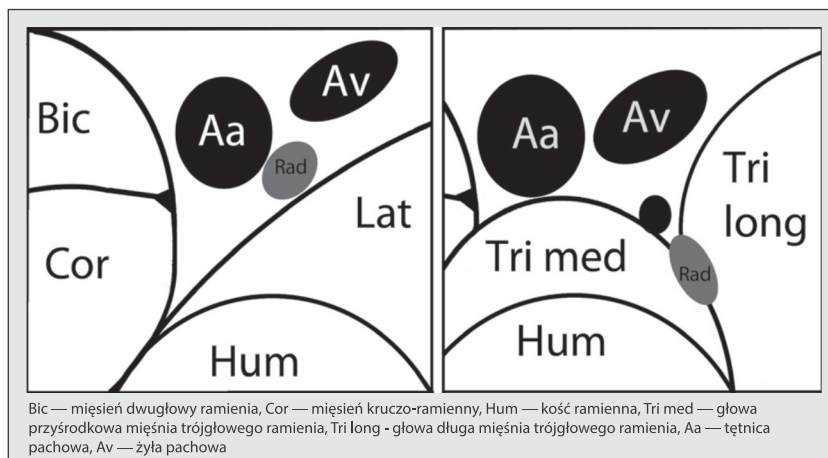
głowym ramienia i ramiennym. Końcowa gałąź nerwu mięśniowo-skrórnego, nerw skórnym boczny przedramienia ukazuje się podskórnie bezpośrednio powyżej stawu łokciowego, bocznie od żyły pośrodkowej, na mięśniu ramiennie-promieniowym. Nerw mięśniowo-skrórnym poprzez nerw skórnym boczny ramienia zaopatruje czuciowo boczną powierzchnię przedramienia i nadgarstka, aż do wyrostka rylcowatego kości promieniowej. Ruchowo nerw mięśniowo-skrórnym zaopatruje przednią grupę mięśni ramienia odpowiedzialnych za zginanie i odwracanie przedramienia (mięśnie dwugłowy ramienia, kruczo-ramienny, ramienny) [13].

NERW ŁOKCIOWY

Nerw łokciowy (C8-Th1) powstaje z części przedniej pęczka przyśrodkowego, początkowo przebiega przyśrodkowo i powierzchownie względem tętnicy ramiennej. W okolicach szczytu pachy nerw łokciowy leży zazwyczaj na godzinie 1:00–3:00 względem tętnicy pachowej. W przypadku umiejscowienia na godzinie 1:00 położony jest bezpośrednio obok tętnicy, na ogół w bezpośrednim sąsiedztwie nerwu pośrodkowego i skórnego przyśrodkowego ramienia. W tym przypadku wystarcza podanie anestetyku w jednym punkcie, aby uzyskać znieczulenie tych trzech struktur nerwowych. Przy umiejscowieniu nerwu łokciowego na pozycji godziny 3:00 jest on zazwyczaj położony w pewnej odległości od tętnicy, powierzchownie od niego zwykle znajduje się żyła pachowa, która jednocześnie oddziela nerw łokciowy od nerwu pośrodkowego i skórnego przyśrodkowego ramienia. W tym przypadku przy zwiększeniu siły nacisku głowicy widoczne jest wpuklenie się nerwu łokciowego w światło naczynia żylnego. W swoim dalszym przebiegu wzdłuż ramienia nerw łokciowy oddala się od tętnicy. Jego cechą charakterystyczną jest powierzchowny, podpowięziowy przebieg wzdłuż ramienia, powierzchownie od głowy długiej mięśnia trójkątowego ramienia. Nerw kieruje się ku bruździe nerwu łokciowego leżącej na tylnej powierzchni nadkłykcia przyśrodkowego kości ramiennej.



Rycina 5. Dwa warianty umiejscowienia nerwu łokciowego (Uln) względem naczyń pachowych w okolicy dołu pachowego



Rycina 6. Położenie nerwu promieniowego (Rad) w części bliższej dołu pachowego ponad ścięgnem mięśnia najszerzego grzbietu (po lewej), oraz w części dalszej, pomiędzy dwiema głowami mięśnia trójgłowego ramienia (po prawej)

NERW PROMIENIOWY

Nerw promieniowy (C5-Th1) powstaje z pęczka tylnego. Jest największą gałęzią splotu ramiennego. W dole pachowym biegnie przyśrodkowo i do tyłu od tętnicy ramiennej i układa się w jej bezpośrednim sąsiedztwie. Zazwyczaj położony jest pomiędzy godziną 4:00–6:00 względem tętnicy. Bezpośrednie uwidocznienie nerwu promieniowego może nie być łatwe. Trudności w jego uwidocznieniu lub precyzyjnym określeniu położenia nerwów występują nawet u ponad 40% pacjentów [21]. Wynika to w dużym stopniu z jego bliskiego położenia wobec naczyń. Bezpośrednio pod tętnicą pachową obecny jest hiperechogeniczny artefakt — wzmocnienie poza obszarem płynowym. Ten jaśniejszy obszar może zarówno imitować nerw promieniowy, jak również nakładać się na leżący w tym miejscu nerw, z czego mogą wynikać trudności w identyfikacji nerwu. Pomocna dla identyfikacji nerwu jest jego relacja wobec przestrzeni powięziowych. W części proksymalnej dołu pachowego nerw układa się na przedniej powierzchni przyczepu współ-

nego ścięgna mięśni najszerzego grzbietu oraz obłego większego. Ścięgno to ma szerokości około 30 mm i tworzy wyraźnie widoczną hiperechogeniczną, owalną linię wypukłością skierowaną ku górze [22]. Nerw jest położony powierzchownie względem tej przestrzeni, poniżej lub nieco doogonowo od naczyń (na ekranie na prawo) i ten odcinek wydaje się optymalny dla wykonania blokady nerwu promieniowego. Dystalnie od tego ścięgna nerw promieniowy oddziela się od pęczka naczyniowo-nerwowego i zagłębia ku kości ramiennej pomiędzy głową długą a przyśrodkową mięśnia trójgłowego ramienia (ryc. 6). Nerw promieniowy jest położony w płaszczyźnie powięziowej dzielącej głowy mięśnia trójgłowego, biegnącej ku tylnej powierzchni kości ramiennej. Nerwowi towarzyszy tętnica głęboka ramienia. Nerw promieniowy w obrębie tego pasma łącznotkankowego jest trudny do uwidocznienia, co może wynikać z faktu, że na tym odcinku biegnie on skośnie względem wiązki ultradźwięków w odróżnieniu od pozostałych nerwów splotu ramiennego ułożonych równolegle do powierzchni skóry.

Z tego względu efekt anizotropii przyczynia się do jego złej widoczności. Natomiast łatwa do identyfikacji jest towarzysząca nerwowi tętnica głęboka ramienia, będąca hipoechogeniczną, tętniącą strukturą. W razie wątpliwości położenie tętnicy można potwierdzić przy użyciu funkcji kolorowego Dopplera. Biorąc pod uwagę trudności w bezpośrednim uwidocznieniu nerwu promieniowego dla potwierdzenia jego położenia celowe może być wykorzystanie stymulatora nerwów. W swoim dalszym przebiegu nerw promieniowy owija się dookoła kości ramiennej w jednoimiennej bruzdzie kostnej (bruzda nerwu promieniowego). W dystalnej jednej trzeciej ramienia nerw promieniowy przebiega przegrodę międzyścięśniową boczną i układa się pomiędzy mięśniem ramiennym, a ramiennie-promieniowym.

NERW SKÓRNY PRZYŚRODKOWY RAMIENIA

Nerw skórny przyśrodkowy ramienia oddziela się od pęczka przyśrodkowego, łącząc się z nerwem międzyżebro-ramiennym, przebiega powięź pachową i dzieli na gałęzie zaopatrujące czuciowo skórę dołu pachowego i przyśrodkowej strony ramienia. Nerw skórny przyśrodkowy przedramienia na poziomie dołu pachowego jest trudny do uwidocznienia, zazwyczaj towarzyszy nerwowi pośrodkowemu i zwykle ulega blokadzie łącznie z nim [13].

PODSUMOWANIE

Blokada pachowa splotu ramiennego pod kontrolą ultrasonografii nie należy do trudnych technicznie. Bez dokładnej znajomości anatomii splotu ramiennego oraz najczęściej spotykanych wariantów anatomicznych wykorzystanie ultrasonografii nie zawsze jednak pozwala na uzyskanie skutecznego znieczulenia. Dogłębna znajomość anatomii zwiększa szanse na uniknięcie niepowodzenia blokady nawet w sytuacjach, kiedy nie jest możliwe bezpośrednie uwidocznienie wszystkich elementów nerwowych.

PODZIĘKOWANIA

- Praca nie była finansowana.
- Konflikty interesów:
 - Piotr Nowakowski prowadził szkolenia i warsztaty praktyczne w zakresie wykorzystania ultrasonografii oraz elektrostymulacji w anestezji regionalnej, za które otrzymywał wynagrodzenie od firm BBraun, GE, Philips. BK Medical;
 - Andrzej Bieryło prowadził szkolenia i warsztaty praktyczne w zakresie wykorzystania ultrasonografii oraz elektrostymulacji w anestezji regionalnej, za które otrzymywał wynagrodzenie od firm BBraun, GE, Philips.

Piśmiennictwo:

- Nowakowski P, Bieryło A, Duniec L, Kosson D, Łazowski T: The substantial impact of ultrasound-guided regional anaesthesia on the clinical practice of peripheral nerve blocks. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2013; 45: 223–229. doi: 10.5603/AIT.2013.0043.

- Marhofer P: *Zastosowanie ultrasonografii w blokadach nerwów obwodowych*. Warszawa 2010
- Hirschel G: Anesthesia of the brachial plexus for operations on the upper extremity. *Munchen Med Wochenschr* 1911; 58: 1555–1556.
- Winnie AP, Collins VJ: The subclavian perivascular technique of brachial plexus anesthesia. *Anesthesiology* 1964; 25: 353–363.
- Burnham PJ: Regional block of the great nerves of the upper arm. *Anesthesiology* 1958, 19: 281–284.
- De Jong R: Axillary block of the brachial plexus. *Anesthesiology* 1961; 22: 215–225.
- Koscielniak-Nielsen Z: Multiple injections in axillary block: where and how many? *Reg Anesth Pain Med* 2006; 31: 192–195.
- Handoll HH, Koscielniak-Nielsen ZJ: Single, double or multiple injection techniques for axillary brachial plexus block for hand, wrist or forearm surgery. *Cochrane Database Syst Rev* 2006; (1):CD003842.
- Dupre LJ: Bloc du plexus brachial au canal humeral. *Can J Anesth* 1994; 42: 767–769.
- Gelfand HJ, Ouanes JP, Lesley MR et al.: Analgesic efficacy of ultrasound-guided regional anesthesia: a meta-analysis. *J Clin Anesth* 2011; 23: 90–96. doi: 10.1016/j.jclinane.2010.12.005.
- Neal JM, Gerancher JC, Hebl JR et al.: Upper extremity regional anesthesia: essentials of our current understanding. 2008. *Reg Anesth Pain Med* 2009; 34: 134–170. doi: 10.1097/AAP.0b013e31819624eb.
- O'Donnell B, Lohom G: An estimation of the minimum effective anesthetic volume of 2% lidocaine in ultrasound-guided axillary brachial plexus block. *Anesthesiology* 2009; 111: 25–29. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181a915c7.
- Bochenek A, Reicher M: *Splot ramienny*. In: Bochenek A, Reicher M (ed.): *Anatomia człowieka*. v. 5. PZWL 1989: 36–89.
- Meier G, Buettner J: Upper limb. *Anatomy*. In: Meier G, Buettner J (ed): *Peripheral regional anesthesia*. An atlas of anatomy and techniques. Georg Thieme Verlag 2006: 4–9.
- Hadzic A: Anatomiczne podstawy anestezji regionalnej. In: Hadzic A, Nowakowski P (ed. pol): *Blokady nerwów obwodowych i anatomiczne podstawy anestezji regionalnej z wykorzystaniem ultrasonografii*. Warszawa 2013: 12–15.
- Nowakowski P: *Podstawy wykorzystania ultrasonografii w anestezji regionalnej i innych procedurach interwencyjnych*. Opieka okołoooperacyjna 2013; 3: 14–24.
- Schafhalter-Zoppoth I, Gray AT: The musculocutaneous nerve: ultrasound appearance for peripheral nerve block. *Reg Anesth Pain Med* 2005; 30: 385–390.
- Remerand F, Laulan J, Couvret C et al.: Is the musculocutaneous nerve really in the coracobrachialis muscle when performing an axillary block? An ultrasound study. *Anesth Analg* 2010; 110: 1729–1734. doi: 10.1213/ANE.0b013e318181dc25c8.
- Saranteas T, Lampas T: Axillary vessels and musculocutaneous nerve anatomic variation during ultrasound-guided regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2010; 35: 566–567. doi: 10.1097/AAP.0b013e3181fa6bba.
- Dibiane Ch, Derudder S, Zeltaoui PJ: A musculocutaneous nerve variation described during ultrasound-guided axillary nerve block. *Reg Anesth Pain Med* 2009; 34: 617–618. doi: 10.1097/AAP.0b013e3181b615a6.
- Wong DM, Gledhill S, Thomas R, Barrington MJ: Sonographic location of the radial nerve confirmed by nerve stimulation during axillary brachial plexus blockade. *Reg Anesth Pain Med* 2009; 34: 503–507. doi: 10.1097/AAP.0b013e3181ae7323.
- Gray AT: The conjoint tendon of the latissimus dorsi and teres major: an important landmark for ultrasound-guided axillary block. *Reg Anesth Pain Med* 2009; 34: 178–179. doi: 10.1097/AAP.0b013e31819a2753.

Adres do korespondencji:

Piotr Nowakowski
 Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii
 Szpital Czerniakowski, Warszawa
 ul. Stępińska 19/25, 00–739 Warszawa
 e-mail: piotr.nowakowski@wum.edu.pl

Otrzymano: 17.06.2014 r.

Zaakceptowano: 6.03.2015 r.