

# Zespół kręgowo-podstawny i inne patologie tętnic kręgowych w ocenie dopplerowskiej

Vertebrobasilar insufficiency and other abnormalities of vertebral arteries in duplex-doppler examination

**Andrzej T. Dorobisz, Wojciech Herfurt**

Katedra i Klinika Chirurgii Naczyniowej, Ogólnej i Transplantacyjnej Akademii Medycznej we Wrocławiu

## Streszczenie

Leczenie zachowawcze oraz operacyjne niedokrwienia tyłomózgowia przyjęto jako sposób postępowania w przypadkach zmian w zakresie zewnątrzczaszkowych odcinków tętnic kręgowych — zmian miażdżycowych w ich początkowych odcinkach (V1) lub w niewydolności kręgowo-podstawnej (zespoleńa dystalne). W pracy autorzy przedstawiają problemy diagnostyki ultrasonograficznej u leczonych pacjentów z tym rozpoznaniem.

*Słowa kluczowe:* niewydolność kręgowo-podstawna, dopplerowska diagnostyka ultrasonograficzna

## Abstract

Conservative and operative treatment of hindbrain ischaemia has become a routine method in the cases of lesions in extracranial parts of vertebral arteries i.e. arteriosclerotic plaques in their proximal parts (V1) or vertebrobasilar insufficiency. The authors present ultrasonographical diagnostic problems in patients with the above diagnosis.

*Key words:* vertebrobasilar insufficiency, doppler ultrasound

## Wstęp

Pomimo ciągłego postępu diagnostyki i terapii, nadal zbyt rzadko rozpoznaje się objawy niedokrwienia mózgowia spowodowane zmianami w tętnicach kręgowych i podstawnej. Zaburzenia te są obecnie coraz bardziej istotne, zwłaszcza że odsetek udarów z tak zwanego obszaru tylnego dołu czaszki wynosi około 15% wszystkich zmian niedokrwieniowych mózgowia i wciąż wzrasta [1–5]. Niewątpliwie za taki stan rzeczy odpowiadają trudności związane z badaniem tego regionu (również w badaniach autopsyjnych) [2, 6]. Pierwsze doniesienia na temat zaburzeń ukrwienia w obszarze kręgowo-podstawnym pojawiły się pod koniec XIX wieku i dotyczyły zakrzepicy tętnic kręgowych. Przeprowadzono kolejne badania i przedstawiono objawy już w latach 20. ubiegłego stulecia. Wówczas w 1925 roku Barre, a 1928 roku Lieou, opisali zespół, którego nazwę utworzono od ich nazwisk. Według tej teorii za powstawanie objawów odpo-

wiedzialny jest spadek przepływu krwi przez tętnice kręgowie, który spowodowany jest z jednej strony przez mechaniczny ucisk naczyń, a z drugiej — przez kurcz tętnicy wywołany podrażnieniem włókien współczulnych. Na skutek działania tych czynników dochodzi do niedokrwienia pnia mózgu, mózdzku, płatów potylicznych oraz ucha wewnętrznego. W tym samym czasie Taptas ogłosił inną teorię. Jej istotą było stwierdzenie, że na skutek drażnienia włókien przywspółczulnych dochodzi do poszerzenia tętnic i objawów obrzęku tkanki mózgowej [2]. Ostateczną nazwę: zespół niewydolności kręgowo-podstawnej (*vertebrobasilar insufficiency*), nadali Kubik i Adams, którzy w 1946 roku opublikowali pracę na temat zamknięcia tętnic kręgowych i podstawnej.

Obraz kliniczny zespołu jest bardzo bogaty, co wiąże się z funkcjami obszaru zaopatrywanego przez te tętnice. Zaburzenia przepływu krwi w tętnicach kręgowych i podstawnej powodują niedokrwienie i zaburzenie funkcji szyjnego odcinka rdzenia kręgowego, pnia mózgu, mózdzku, ucha wewnętrznego, wzgórza płatów potylicznych i przyśrodkowych części płatów skroniowych; rzadko dochodzi do uszkodzenia nerwów czaszkowych. Najczęściej jednak spotyka się zespoły, w których występują zarówno objawy opuszkowe,

Adres do korespondencji:  
Dr hab. med. Andrzej T. Dorobisz  
ul. Poniatowskiego 2, 50–326 Wrocław  
tel.: +48 (0 71) 321 51 70, faks: +48 (0 71) 322 32 12  
Praca wpłynęła do Redakcji: 25 listopada 2001 r.  
Zaakceptowano do druku: 14 grudnia 2001 r.

jak i objawy przeciwstronnego uszkodzenia dłu-gich skrzyżowanych dróg. Najbardziej zauważal-ne są specyficzne objawy ze strony pnia mózgu oraz korowe zaburzenia widzenia. Najczęstszym z zespołów uszkodzenia w obszarze unaczynienia tętnic kręgowych jest zespół Wallenberga oraz ostre porażenie opuszkowe [7–10].

Zespół kręgowo-podstawny często występuje u mężczyzn jeszcze w wieku aktywności zawodo-wej. Objawy początkowo niewielkie nasilają się i uniemożliwiają wykonywanie pracy zawodowej, a nawet samodzielnej egzystencję. W skrajnych przypadkach może nawet dojść do zgonu chorego. Dolegliwości podobne do powyższych coraz czę-ściej zmuszają pacjentów do szukania porady u specjalistów. Są też powodem przedwczesnego zaprzestania pracy, a co się z tym wiąże — wypła-ty świadczeń rentowych.

Skomplikowaną anatomię tętnic kręgowych, tętnicy podstawnej i krążenia w tyłomózgowiu oraz tworzenia krążenia obocznego poznawano przez wiele lat. Znaczną rolę odegrały coraz bardziej roz-wijające się metody obrazowania.

Tętnice kręgowe są zwykle odgałęzieniami tętnic podobojczykowych (pierwszymi i o najwięk-szym kalibrze). W obszarze ich unaczynienia, na poziomie szyi, znajdują się rdzeń kręgowy (odga-łęzenia rdzeniowe), jego opony i trzony kręgów oraz mięśnie głębokie szyi i karku (gałęzie mię-śniowe). Na poziomie głowy zaopatrują one w krew kości, oponę twardą i część mózgowia. Granicę pomiędzy obszarem ukrwienia tętnic szyj-nych a kręgowych stanowi linia przebiegająca przez bruzdy ciemieniowe. W obszarze zaopatrze-nia tętnic kręgowych znajduje się całe tyłomózgo-wie, śródmózgowie, tylna część wzgórza z ciała-mi suteczkowymi, a z kresomózgowia — część to-rebki wewnętrznej, płat ciała modzelowatego oraz płaty potyliczne i podstawna część płatów skro-niowych. Tętnice kręgowe odchodzą od tętnic pod-obojczykowych na ich dogłowowej i nieco grzbie-towej części obwodu. W początkowym odcinku leżą one pomiędzy przyśrodkowym brzegiem mię-śnia pochylego przedniego a pniem współczul-nym, pokryte blaszką przedkręgową powięzi szyi oraz mięśniem długim szyi. Następnie wnikają do otworu wyrostka poprzecznego zwykle 6 kręgu szyjnego i biegną dalej w kanale utworzonym przez otwory wyrostków poprzecznych sześciu kręgów szyjnych, a na wysokości C1–C2 zaginają się, tworząc niewielki łuk, i wyginając się esowa-to wnikają poprzez błonę szczytowo-potyliczną oraz oponę twardą do kanału kręgowego i przez otwór wielki dostają się do jamy czaszki. Tam po odejściu tętnicy mózdkowej tylnej dolnej (PICA,

*postero-inferior cerebellar artery*) na dolnym brze-gu mostu łączą się ze sobą, tworząc tętnicę pod-stawną, która przebiega w bruździe podstawnej mostu. Brak na angiogramach PICA jest równo-znaczne z jej niedrożnością lub aplazją [3, 11]. Tętnica podstawna po oddaniu kilku gałęzi, mię-dzy innymi tętnic mózdzku przednich i górnych, dzieli się ponownie, tworząc dwie tętnice tylne mózgu.

Ze względów praktycznych przebieg tętnic kręgowych podzielono na cztery odcinki określa-ne literą V z dodaniem odpowiedniej liczby. Pierw-szy odcinek stanowi początkowa część tętnicy do wysokości 6 kręgu szyjnego. Następny fragment przebiega w kanale wyrostków poprzecznych, część trzecia obejmuje dystalny, zewnątrzczaszko-wo fragment naczynia w okolicy C1–C2. Ostatni czwarty odcinek położony jest wewnątrzczaszko-wo. Niektórzy autorzy dodają jeszcze jeden, nazy-wany V0, który oznacza miejsce odejścia tętnicy kręgowej [12].

Tętnice kręgowe i podstawna nie są naczynia-mi anatomicznie końcowymi. Wprost przeciwnie, połączenie z naczyniem jednoimiennym strony przeciwnej oraz poprzez tętnice koła Willisa umoż-liwiają w różnym stopniu kompensację ewentual-nych zaburzeń przepływu w pojedynczym naczy-niu. Przy spadku przepływu krwi w naczyniu spo-wodowanym istotnym hemodynamicznie zwęże-niem uruchomione zostają liczne mechanizmy wyrównawcze. Najważniejsze z nich to miejscowo działające regulacje krążenia mózgowego, ogólno-ustrojowy wzrost ciśnienia tętniczego, a w przy-padkach długotrwałego ograniczenia dopływu krwi — utworzenie krążenia obocznego.

Obecnie na podstawie badań Krayenbuehla i Yasargila wyróżnia się 9 istotnych kręgów tętni-czych tworzących połączenia tętnic wewnątrz-i zewnątrzczaszkowych. Część z nich dotyczy tyl-nej części koła tętniczego. Poza kołem Willisa inne drogi łączące są zazwyczaj wąskie i najczęściej powstaje kilka połączeń. W badaniach radiologicz-nych opisuje się wiele dróg krążenia dotyczących tylnej części kręgu tętniczego. Do najważniejszych zalicza się:

1. Połączenie tętnicy kręgowej z tętnicą mózgu tylną poprzez tętnicę mózdzku tylną dolną, tętnicę mózdzku górną i tętnicę podstawną.
2. Połączenie tętnicy kręgowej z tętnicą pod-stawną poprzez tętnicę rdzeniową przednią.
3. Połączenie tętnicy szyjnej wewnętrznej z tętnicą tylną mózgu poprzez tętnicę łączącą tylną (element koła Willisa).
4. Połączenie tętnicy szyjnej zewnętrznej z tętnicą kręgową przez tętnicę potyliczną.

5. Połączenie tętnic oponowych z tętnicą mózgu przednią środkową i tylną; w wyniku tych połączeń niekiedy może powstać wewnątrzczaszkowy „zespół podkradania”.
6. Krąg mózdkowy — zespolenia między poszczególnymi tętnicami mózdku w obrębie jednej półkuli lub też przechodzące na drugą stronę.

Oprócz zwężeń nabytych do zaburzeń ukrwienia dochodzi także w wyniku zmian wrodzonych (anomalii rozwojowych). Zalicza się do nich cztery typy zmian w zakresie kręgu Willisa:

- niedorozwój tętnicy podstawnej — zaopatrzenie w krew odbywa się poprzez tętnice szyjne i tętnice łączące tylne;
- brak tętnic łączących tylnych (całkowity rozdział obszaru zaopatrzenia tętnic szyjnych i kręgowych);
- jednakowa średnica tętnic łączących tylnych i tętnic tylnych mózgu;
- kompilacja powyższych odmian (rzadko spotykana) [3].

Do anomalii tętnic kręgowych należą niedorozwój (hipoplazja) jednej tętnicy kręgowej, przy kompensacyjnym poszerzeniu naczynia po stronie przeciwnej. Na ogół tętnice kręgowe różnią się między sobą średnicą, w takiej sytuacji zwykle szersza jest tętnica kręgowa lewa. Inną zmianą wrodzoną jest całkowity brak jednej z tętnic kręgowych lub jednej z tętnic tylnych mózgu. Kolejnym wariantem jest odejście tętnic kręgowych od łuku aorty (częściej odchodzi lewa pomiędzy tętnicą szyjną wspólną a podobojczykową) lub od tętnicy szyjnej wspólnej. Innym jest podwójne odejście jednej tętnicy kręgowej, która potem łączy się we wspólny pień wnikały w otwory wyrostków poprzecznych. Niekiedy ujście do kanału wyrostków poprzecznych znajduje się nie na poziomie C6, ale na poziomie C5 lub C4, a nawet C7. Bardzo rzadko występuje zdwojenie tętnicy kręgowej, wówczas naczynie to o typowym przebiegu jest znacznie węższe, a w kanale wyrostków poprzecznych towarzyszy mu tętnica o nieprawidłowym przebiegu.

Najczęściej jednak obserwuje się zmiany nabyte, zwykle dotyczące odcinka V2, gdzie naczynia kręgowe narażone są na ucisk wywołany ruchami kręgosłupa. Ucisk ten zwiększa się wraz z rozwojem zmian zwyrodnieniowych kręgów i krążków międzykręgowych. Początkowo tętnica ulega zwężeniu jedynie okresowo, dodatkowo drażnione są nerwy współczulne ją oplatające. Następnie ciągły ucisk doprowadza do powstania zmian w ścianie naczynia początkowo rozplemowych, potem miażdżycowych. Najbardziej typową loka-

lizacją zmian miażdżycowych jest odcinek V2, ale występują one także w odcinkach V0 i V3. Na podstawie obrazów angiograficznych wykazano również, że w przypadkach niedrożności jednej tętnicy kręgowej często spotyka się zmiany w drugiej lub też zwężenia współistnieją obustronnie [2, 8, 10, 13–16].

Stosunkowo dokładnie przedstawiona prawidłowa anatomia i patologia przebiegu tętnic kręgowych świadczy o dużych możliwościach kompensacyjnych w tym obszarze ukrwienia, jednak dla badającego oznacza znaczne utrudnienia w ocenie zarówno stanu prawidłowego, jak i zaburzeń.

Opracowano wiele metod leczenia zaburzeń ukrwienia w obszarze podstawno-kręgowym: od metod zachowawczych, aż po terapię zabiegową. Operacje przeprowadza się poprzez wykonanie dystalnych połączeń tętnicy kręgowej i tętnicy szyjnej lub połączeń proksymalnych tętnicy kręgowej i tętnicy podobojczykowej lub szyjnej wspólnej. W pierwszym przypadku zabieg operacyjny wykonuje się z dostępu pomiędzy C1–C2, w drugim — w miejscu z odejścia tętnicy kręgowej od podobojczykowej [10, 13, 15]. Dlatego coraz ważniejsza jest odpowiednia diagnostyka pozwalająca wcześniej rozpoznać i określić rodzaj oraz wielkość zaburzeń. Osobny problem stanowi diagnostyka i leczenie operacyjne zespołu podkradania tętnicy podobojczykowej — nie został on omówiony w tej pracy ponieważ dotyczy patologii tętnicy podobojczykowej, a nie kręgowej.

Badaniem podstawowym w ocenie morfologii jest wciąż angiografia, natomiast metodą wzorcową w określaniu przepływu jest badanie z użyciem przepływomierza elektromagnetycznego [17]. Obie metody są inwazyjne i wiążą się nie tylko z niedogodnościami dla pacjenta, ale także z ryzykiem powikłań. Mniej inwazyjnymi są angiografia tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego. Jednak koszt jednostkowy wszystkich tych metod badawczych uniemożliwia ich powszechne wykorzystanie, dlatego stosuje się je przede wszystkim jako badanie kontrolne. Najtańszym i jednocześnie uniwersalnym sposobem badania tętnic kręgowych jest ultrasonografia. Aparatura jest coraz bardziej dostępna, mimo wysokich kosztów, a wiarygodność badania zależy od dużego doświadczenia badającego [12, 18, 19]. Nie bez znaczenia są pojawiające się podczas badania artefakty obrazowe, które lekarz powinien uwzględnić podczas badania, gdyż w niektórych wypadkach uniemożliwiają dokładną ocenę. Wyeliminować je można przede wszystkim, zmieniając ustawienie głowicy, obniżając jej częstotliwość lub stosując zmiany ustawienia parametrów aparatu [20–22].

Problematyczna jest porównywalność uzyskanych wyników — należałoby standaryzować aparaturę i sposób przeprowadzenia badania. Ponieważ pierwsze z zadań wydaje się niemożliwe (wiele firm, różnice jakościowe aparatów, różne programy obliczeniowe), jedynym sposobem jest przeprowadzanie badań w różnych pracowniach w podobny lub zbliżony sposób. Takiego zadania podjęło się Polskie Towarzystwo Ultrasonograficzne, które w publikacji „Standardy Badań USG” przedstawiło wszelkie ustalenia. Uwzględniono tam tylko wartości prawidłowe, bez dokładnego określenia wartości patologicznych, a zwłaszcza sposobów oceny nie tylko charakteru, ale i wielkości przepływu. Zaletą publikacji jest dokładne określenie wymagań sprzętowych, co ułatwia dobór aparatury [23].

Współczesne aparaty pozwalają prześledzić w całości tętnice kręgowie, w ich odcinku zewnątrzczaszkowym (V0–V3), chociaż nie w każdym przypadku są dostępne wszystkie odcinki. Według pracy Trattniga z 1990 roku i późniejszych publikacji uwidocznienie odcinków V0 i V3 jest najtrudniejsze i udaje się w 67–88% [12, 24]. Obecnie należy stwierdzić, że jakość aparatów znacznie się poprawiła, a metody badania pozwalają uzyskać lepsze wyniki [25].

### Technika badania

Obrazowanie naczynia typu *B-mode* znacząco ułatwia zwrot głowy w przeciwną stronę. Należy jednak pamiętać, że przy ocenie przepływu skręt szyi może powodować zaburzenia hemodynamiczne, dlatego w ten sposób ocenia się tylko morfologię. Badanie należy rozpocząć od odcinka V2, względnie V1, jako najlepiej widocznych — zmiany w zakresie kręgosłupa szyjnego czasami uniemożliwiają lub znacznie utrudniają ocenę tętnic kręgowych w kanale wyrostków poprzecznych. Poszukując naczynia, najpierw obrazuje się tętnicę szyjną wspólną wraz z opuszką, potem, przesuważąc głowicę bocznie i jednocześnie przekręcając dośrodkowo, uwidacznia się kręgi, ich wyrostki poprzeczne, a pomiędzy nimi — naczynia. Następnie przesuważąc głowicę w górę i w dół szyi, należy uwidocznić ich przebieg. Ważne jest także właściwe ustawienie aparatu: punkty ogniskowania powinny znajdować się na głębokości tętnic kręgowych, wzmocnienie i moc sygnału optymalizuje się w ten sposób, aby widzieć jak najwięcej, nie tracąc jednak szczegółów. Ważne jest także właściwe ustawienie zasięgowej regulacji wzmocnienia (TGC, *time gain control*). W opcji dopplerowskiej należy obniżyć (w porównaniu z badaniem tętnic

szyjnych) częstotliwość powstawania impulsów (PRF, *pulse repetition frequency*), wzmocnić natomiast czułość (Gain). Wielkość okna kodowania kolorem (ROI, *region of interest*) nie powinna być zbyt duża, gdyż ogranicza to istotnie częstotliwość odświeżania obrazu (*frame rate*). Należy także uzyskać możliwie prawidłowy kąt insonacji, wykorzystując funkcję sterowania wiązki dopplerowskiej, czyli jej pochylenia względem głównej osi obrazu (*beam-steering*). Opcja ta jest pomocna w obrazowaniu odcinków V1 tętnic kręgowych, używa się ją rutynowo przy obrazowaniu tętnic szyjnych, powinna być ostrożnie stosowana w odcinkach V2 ze względu na spadek mocy sygnału dopplerowskiego (dłuższa droga od głowicy) oraz utrudniony dostęp do naczyń kręgowych w tych odcinkach (przesłanianie przez wyrostki poprzeczne). W badaniu *duplex* bardzo ważne jest odpowiednie poszerzenie bramki próbkującej, najlepiej jeżeli obejmuje całą średnicę tętnicy, a najistotniejsze jest właściwe ustawienie kąta pomiędzy wiązką ultradźwięków a kierunkiem przepływu krwi w naczyniu. Szczególnie ustawienie kąta powyżej 60° istotnie wpływa na wynik; nawet niewielkie przekroczenie granicy 60° powoduje znaczne zmiany prędkości (w tym wypadku pochylenie linii próbkowania *duplex-doppler*, czyli *steer beam* może się okazać niezbędne). Wynika to z faktu, że różnica pomiędzy częstotliwościami wysyłaną a odbieraną przez głowicę (zwana też przesunięciem dopplerowskim — *doppler shift*) zależy w sposób wprost proporcjonalny od *cosinusa* kąta padania wiązki ultradźwiękowej [12, 18, 19, 26, 27].

W standardach badań USG Polskiego Towarzystwa Ultrasonograficznego za prawidłową prędkość skurczową w tętnicach kręgowych (PSV, *peak systolic velocity*) uznano przedział 0,3–0,6 m/s, prędkość końcoworozkurczową (EDV, *end diastolic velocity*) oznaczono pomiędzy 0,1–0,26 m/s. Indeksy pulsacji (PI, *pulsatility index*) i oporu (RI, *resistance index*) według tych samych zaleceń wynoszą odpowiednio: 0,7–1,2 i 0,47–0,68 [21], natomiast według innych autorów te same wartości wynoszą: PSV 0,35–0,65 m/s, natomiast EDV 0,09–0,21 m/s; nie podano danych odnoszących się do indeksów pulsacji i oporu [12, 23, 26]. Przyjmuje się także, że różnice w prędkościach pomiędzy stroną prawą a lewą nie powinny być większe niż 0,27 m/s. Podobne dane przedstawiono w innych publikacjach, chociaż nie zawsze określono szczegółowe dane liczbowe. Powyższe informacje, a zwłaszcza różnice w podawanych prędkościach, świadczą o braku jednoznacznych kryteriów oceny, tak jak w przypadku badań tętnic szyjnych. Należy wspomnieć też o sposobach oceny przepływu z użyciem

metod dopplerowskich, które pozwalają określić ilość krwi dopływającej do mózgu (ich dokładne przedstawienie przekracza ramy niniejszego artykułu) [17, 28–30]. Omówione trudności jednolitego sposobu określania przepływu w obszarze podstawno-kręgowym nie wyczerpują w całości problemu, lecz ukazują jego złożoność i uzasadniają dalsze badania.

Typowymi patologiami powodującymi obniżenie przepływu w obszarze tylnego dołu czaszki są zwężenie i zamknięcie tętnic kręgowych w odcinkach zewnątrz- i wewnątrzczaszkowych, kręty przebieg (z którym wiążą się zwężenia z zagięcia), zespół podkradania tętnicy podobojczykowej i rozwarstwienia [7]. Spadek przepływu powodują także anomalie rozwojowe, na przykład hipoplazja jednej z tętnic kręgowych.

Do kryteriów pozwalających rozpoznać hipoplazję należą istotne ( $\leq 2$  mm) zmniejszenia średnicy jednej z tętnic mierzone w 2–3 odcinkach, najlepiej w kilku miejscach, przy przeważnie zwiększonej średnicy drugiego naczynia ( $> 3,5$  mm). Spektrum przepływu jest często prawidłowe lub wykazuje obniżenie prędkości maksymalnej oraz czasami wzrost oporu, to znaczy wartość PSV wynosi około 0,3 m/s i nieco mniej, PI wzrasta do 1,3–1,6, natomiast RI rzadko przyjmuje wartości powyżej 0,7. Należy przy tym pamiętać, że uwzględnianie przy pomiarze jedynie średnicy uzyskanej z dopplerowskiego badania przepływu metodą kodowania kolorem może prowadzić do niedoszacowania wyniku. Przy bardzo wolnym przepływie jak w zwężeniu istotnym hemodynamicznie i dość wysokim PRF nie nastąpi kodowanie kolorem całej średnicy naczynia — konieczne jest porównanie z wynikami uzyskanymi na podstawie pomiaru B-mode. Korzystna jest jednoczesna zmiana ustawienia głowicy, a nawet jeśli aparat jest w nią wyposażony użycie obrazowania kolorowego M-mode. Kliniczne rozpoznanie hipoplazji ustala się tylko w przypadku, gdy spełniono wszystkie powyższe kryteria, gdyż podobne obrazy (zwłaszcza w dopplerowskim badaniu przepływu metodą kodowania kolorem) mogą towarzyszyć rzadko spotykanym długoodcinkowym zwężeniom lub odwarstwieniu ściany, które może być następstwem urazu lub występować bez przyczyny [31].

Zwężenia i zamknięcia tętnic kręgowych mogą być wywołane zmianami miażdżycowymi (najczęściej w odcinku V0) lub wynikają z bezpośredniego ucisku naczynia, zwłaszcza w odcinku V2. Rodzaj, a zwłaszcza stopień zmian hemodynamicznych, zależy od obecności krążenia obocznego. Obecność zwężeń można oceniać na podstawie

kryteriów bezpośrednich, jak i pośrednich. Stosunkowo najłatwiej zwężenie można uwidocznic po prawej stronie w odcinku V0, często jest ono dobrze widoczne w opcji B-mode w postaci hiperchogennych blaszek rozpoczynających się w tętnicy podobojczykowej. Po włączeniu znakowania kolorem uwidacznia się najczęściej zjawisko odbicia (*aliasing*) za miejscem zwężenia, a przy większych zwężeniach — objaw widocznego szmeru naczyniowego (*flash*). Natomiast metoda *duplex-doppler* umożliwia dokładną analizę. Wzrost PSV w miejscu zwężenia powyżej 1 m/s wskazuje jednoznacznie na obecność zwężenia, można je rozpoznać także przy mniejszych wartościach (nie poniżej 0,8 m/s), jeżeli prędkość maksymalna przekracza ponad 1,6 razy prędkości stwierdzone w dalszych odcinkach, zwłaszcza w V1. Dystalnie za zwężeniem istotnym hemodynamicznie stwierdza się przepływ typu *pulsus parvus et tardus* z obniżeniem oporu i prędkości, wydłużeniu ulega czas akceleracji prędkości w skurczu.

Najczęściej zwężenia stwierdza się w odcinkach V2 i V3, można je zidentyfikować na podstawie tych samych kryteriów jak w odcinku V0. Zawsze jednak po wykazaniu wzrostu prędkości maksymalnej w pojedynczym odcinku naczynia należy ocenić w miarę możliwości stan tętnicy na całej jej długości. Jest to istotne, ponieważ wzrost PSV może wynikać z obecności malformacji naczyniowej, przetoki tętniczo-żylną (np. pourazowej) lub hiperperfuzji spowodowanej obecnością krążenia obocznego. Proksymalnie od zwężenia w naczyniu stwierdza się przepływ o podwyższonym oporze, który wynika głównie ze spadku EDV, prędkość skurczowa na ogół pozostaje prawidłowa. Dystalnie, jak przy zwężeniu w V0, stwierdza się przepływ o niewielkiej amplitudzie i obniżonych prędkościach.

Całkowite zamknięcie naczynia powoduje różnorodność obrazu zależną od miejsca. Trudności, które się wiążą z rozpoznaniem tej patologii, wiążą się z problemami uwidocznienia naczynia, zobrażowaniem wolnych przepływów (większe zwężenia proksymalne) oraz błędami w interpretacji. Dlatego istnieje konieczność różnicowania zamknięć w szczególności z aplazją, znacznego stopnia hipoplazją i rozwarstwieniem. Po wykluczeniu tych patologii można rozpoznać zamknięcie tętnicy kręgowej. Stwierdzenie braku przepływu w świetle tej tętnicy zawsze wymaga dalszego wnikliwego badania. W rozpoznaniu pomocne jest uwidocznienie przebiegającej równolegle żyły kręgowej oraz tętnic krążenia obocznego. Nieco inaczej wygląda obraz w niedrożnościach i znacznych zwężeniach w odcinkach wewnątrzczaszkowych.

Przeważnie zamknięcie przed odejściem tętnicy mózdkowej tylnej dolnej powoduje w odcinku proksymalnym obecność śladowego sygnału zwykle pulsującego powyżej i poniżej linii zerowej, identycznie jak w zamknięciu tętnicy szyjnej wewnętrznej. Zamknięcie powyżej odejścia tej tętnicy powoduje nieco lepszy kształt spektrum — zwykle stwierdza się ostrowierzchołkowy pik skurczowy i bardzo wolny lub z zerową prędkością przepływ w rozkurczu. Natomiast przy zwężeniu w odcinku śródczaszkowym spektrum jest wysokooporne, o nieco niższych prędkościach, przypomina kształtem widmo przepływu w tętnicy szyjnej zewnętrznej. Koniecznie należy uwzględnić wiek pacjenta (wzrost oporu, spadek prędkości), stan pozostałych naczyń (obecność miażdżycy), warunki przepływu wewnątrzczaszkowego (wpływ ciśnienia systemowego, jak również parcjalnego CO<sub>2</sub>). Wskazane jest uzupełnienie badania odcinków wewnątrzczaszkowych tętnic oceną transkranią.

Kręty przebieg, a co się z tym wiąże obecność zwężeń z zagięcia, często występuje w tętnicach kręgowych oraz w tętnicach szyjnych. Na tych obszarach można wyróżnić falisty przebieg (*tortuosity*), obecność pętli (*coiling*) oraz zagięcia (*kinking*). Najczęściej spotyka się tę patologię u chorych w starszym wieku i wynika ona ze zmian miażdżycowych oraz ze zmian zwyrodnieniowych kręgosłupa szyjnego, rzadziej występuje u pacjentów jako zmiany wrodzone. Przy zagięciach naczyń rzadko można obserwować zwężenia istotne hemodynamicznie, jeszcze rzadziej występują związane z nimi objawy kliniczne. Zwykle zależy to od wydolności krążenia. Zasadniczo ani krętość, ani zapętlenie naczyń nie powodują zwężeń, wiążą się one jedynie z obecnością zagięć. Bardzo ważna z punktu widzenia klinicznego jest zależność zwężeń z zagięcia od położenia głowy. Z uwagi na mechanikę kręgosłupa i przebieg tętnic kręgowych największe znaczenie mają zmiany w odcinkach V2 i V3. Wcześniejsze rozpoznanie krętego przebiegu naczyń kręgowych jest istotne w przypadku planowania zabiegów na odcinku szyjnym kręgosłupa. Informacje dotyczące lokalizacji oraz wielkości zmian pozwalają uniknąć ich jatrogennego uszkodzenia. Do rozpoznania wystarczy obrazowanie dopplerowskiego badania przepływu metodą kodowania kolorem, chociaż zmiany te są lepiej widoczne w opcji *power-doppler* z uwagi na mniejszą zależność od kąta insonacji. Rzadko u chorych ze względu na skomplikowany układ przestrzenny wskazane jest badanie 3D z użyciem metody *power-doppler*.

Ważnym zagadnieniem jest uzupełnienie badania wykonywanego u pacjenta znajdującego się

w podstawowym ułożeniu (na wznak z lekko odchyloną głową lub podobnie, ale w pozycji siedzącej) przez dodatkową ocenę przepływu przy różnych ułożeniach głowy, którą nazywa się próbami czynnościowymi. Przy ujawnieniu się powyższych zmian w przepływie krwi wynik próby określa się jako dodatni.

Podsumowując, ze względu na duże problemy techniczne w trakcie badania podstawą rozpoznania zespołów niedokrwienych tylnego dołu czaszki jest dobrze zebrany wywiad, dokładne przeprowadzenie badania fizykalnego oraz rozważna ocena badania ultrasonograficznego. Do najważniejszych objawów klinicznych zalicza się zaburzenia widzenia (ślepotą korową, podwójne widzenie), zaburzenia równowagi, upadki przy zachowanej świadomości (tzw. *drop attack*). Dodatkowo występują zaburzenia słuchu w postaci słyszalnych szmerów, pisków, a czasem tętnienia. Dopiero obraz kliniczny w połączeniu ze stwierdzanymi cechami zaburzeń przepływu, a zwłaszcza w trakcie badania czynnościowego (w trakcie wywołanych zaburzeń neurologicznych), pozwala rozpoznać zespół kręgowo-podstawny. Niewielka niedomoga jednego z naczyń może być istotna jedynie w określonych sytuacjach hemodynamicznych (np. spadku ciśnienia systemowego), a w pozostałych sytuacjach nie stwarzać zagrożenia. Na obecność patologii wpływa także tętnica strony przeciwnej, która w przypadkach choroby stanowi drogę krążenia obocznego. Im sprawniejszy jest w niej przepływ krwi, tym bardziej prawdopodobne się staje zmniejszenie niedoborów ukrwienia. Przy ocenie należy uwzględnić również wiek chorego, gdyż postępujące zmiany w naczyniach tętnicznych powodują wzrost oporu przy na ogół niewielkich spadkach PSV. Nie bez znaczenia jest także miejsce pomiaru, gdyż prędkości w tętnicach kręgowych są największe w odcinku V0, potem w V1, a najmniejsze w V2 (zaleca się pomiar w odcinku V2). Oprócz wartości bezwzględnych prędkości przyjmuje się, że różnice w prędkościach (PSV) pomiędzy stronami nie powinny wynosić więcej niż 0,27 m/s.

Należy zaznaczyć, że w przyjętych zaleceniach nie wymienia się jako niezbędnej funkcji *power-doppler* ani trójwymiarowej (3D), mimo że znacznie ułatwiają one określenie przebiegu naczyń, zwłaszcza w pętłach, czy też w skomplikowanych zagięciach. Pomimo że nie zaleca się sond mikrokonweksowych, wektorowych czy też sektorowych wydaje się, że ich zastosowanie ma duże znaczenie zwłaszcza przy ocenie naczyń w odcinkach V0, V1, w mniejszym stopniu V3. Natomiast z uwagi na stosunkowo niewielkie „okna kostne”

użycie głowic wektorowych lub sektorowych jest najkorzystniejsze do badań przezczaszkowych z wizualizacją przepływu. Naturalnie z uwagi na zmienione warunki badania ich częstotliwość nie powinna być wyższa niż 2–3 MHz. Za pomocą badania śródczaszkowego można ocenić jedynie charakter spektrum, natomiast nie pozwala ono na zbadanie ściany naczyń ani innych zmian morfologicznych (np. tętniaków).

### Piśmiennictwo

- Berguer R., Kieffer E.: Surgery of the arteries to the head. Springer-Verlag, New York 1992.
- Carney A.L.: Vertebral artery surgery: Historical development basic concepts of brain hemodynamics and clinical experiences of 102 cases: *Advances in Neurology*, tom 30, Diagnosis and Treatment of Brain Ischemia. Raven Press, New York 1981, 250.
- Dymecki J., Kozłowski J., Trzebiecki J.: Patologia układu tętnic kręgowych i tętnicy podstawnej. W: *Angiografia tętnicy kręgowej*. Zbiór Prac z IV konferencji Naukowej Neuroradiologów. Rzeszów 1973, 21.
- Milewska D., Świdorski W., Owczarek K.: Hospitalizacja z powodu chorób naczyń mózgowych w Polsce w latach 1979–1981 i 1998–1988. *Neur. Neurochir. Pol.* 1992, 26, 637.
- Milewska D.: Umieralność ludności Polski przewidywana do roku 2010 w zakresie chorób układu nerwowego. *Biul. Inst. Psych. i Neurol.* 1988, 3 (72), 47.
- Radkiewicz C., Centkowski J., Zajac S.: On the subclavian steal syndrome in vitro studies. *J. Biomechanical Eng.* 1992, 114, 527.
- Caplan L.R.: Vertebrobasilar system syndromes. W: Vinken P.J., Bruyn G.W., Klawans H.L. *Handbook of Clinical Neurology*, tom 53: Vascular Diseases, część I. Elsevier, Amsterdam 1988, 371–408.
- Hołyst J.: Niedostateczność krążenia krwi w mózgowiu. PZWL, Warszawa 1971.
- Udary naczyniowe mózgu diagnostyka i leczenie. Majkowski J. Red. PZWL, Warszawa 1998.
- Nielubowicz H., Nielubowicz J.: Niedrożność tętnic mózgowych pozaczaszkowych. W: Nielubowicz J. Red. *Zagadnienia chirurgii klinicznej*. PZWL, Warszawa 1981.
- Grądzki J.: Prawidłowe obrazy w angiografii kręgowej. W: *Angiografia tętnicy kręgowej*. Zbiór prac z IV Konferencji Naukowej Neuroradiologów. Rzeszów 1973, 9.
- Trattnig S., Hubsch P., Schuster H.: Color-coded Doppler imaging of normal vertebral arteries. *Stroke* 1990, 21, 1222–1225.
- Bakay L., Leslie E.V.: Surgical treatment of vertebral artery insufficiency caused by cervical spondylosis. *J. Neurosurg.* 1965, 23, 569.
- Buerger K., Luther B.: Zur operativen Behandlung extracranialer Verschlussprozesse der Arteria vertebralis durch Anlage eines subclaviovertebralen Bypass. *Zbl. Chir.* 1989, 114, 181.
- Dorobisz A.: Leczenie niewydolności tętniczej kręgowo-podstawnej. *Pol. Przegl. Chir.* 1995, 67, 462.
- Dorobisz A., Rybak Z., Wołyniec A.: Zespół kręgowo-podstawny — diagnostyka przedoperacyjna. *Wiad. Lek.* 1998, 51, 470.
- Seidel E., Eicke B.M., Tettenborn B.: Reference values for vertebral artery flow volume by duplex sonography in young and elderly adults. *Stroke* 1999, 30, 2692.
- Becker G., Lindner A., Bogdahn U.: Imaging of the vertebrobasilar system by transcranial color-coded real time sonography. *J. Ultrasound. Med.* 1993, 12, 395–401.
- Delcker A., Diener H.C.: Die verschiedenen Ultraschallmethoden zur Untersuchung der Arteria vertebralis — eine vergleichende Wertung. *Ultraschall in Med.* 1992, 13, 213–220.
- Kremkau F.W., Taylor K.J.W.: Artifacts in ultrasound imaging. *J. Ultrasound Med.* 1986, 5, 227–237.
- Middleton W.D., Melson G.L.: The carotid ghost. A color Doppler ultrasound duplication artifact. *J. Ultrasound Med.* 1990, 9, 487–493.
- Steiner E.: Ultraschallbildartefakte. *Radiologie* 1993, 33, 1–10.
- Standardy badań USG Polskiego Towarzystwa Ultrasonograficznego. Jakubowski W. Red. Makmed, Gdańsk 1998.
- Bartels E.: Farbkodierte Duplexsonographie der Vertebralarterien. Vergleich mit der konventionellen Duplexsonographie. *Ultraschall in Med.* 1989, 8, 729–735.
- Seidel G., Kaps M.: Harmonic imaging of the vertebrobasilar system. *Stroke* 1997, 28, 1610–1613.
- Krzyszowski M., Frołow M.: Ocena tętnic kręgowych w badaniu dopplerowskim, wartości prawidłowe. *Pol. Przegl. Radiol.* 1998, 63, 178–181.
- Merritt C.R.B.: Doppler color flow imaging. *J. Clin. Ultrasound* 1987, 15, 591–597.
- Boyajian R.A., Schwend R.B., Wolfe M.M.: Measurement of anterior and posterior circulation flow contributions to cerebral blood flow. An ultrasound-derived volumetric flow analysis. *J. Neuroimaging*. 1995, 5, 1–3.
- Boyajian R.A., Otis S.M.: The relative contributions of the anterior and posterior circulations to global cerebral blood flow. *Stroke* 2000, 31, 1194.
- Scheel P., Ruge C., Petrush U.: Color Duplex measurement of cerebral blood flow volume in healthy adults. *Stroke* 2000, 31, 147.
- Mokri B., Houser O.W., Sandok B.A.: Spontaneous dissections of the vertebral arteries. *Neurology* 1988, 38, 880–885.