

Submitted: 03.08.2014

Accepted: 17.12.2014

Standardy badań ultrasonograficznych Polskiego Towarzystwa Ultrasonograficznego – aktualizacja. Ocena tętnic trzewnych

Standards of the Polish Ultrasound Society – update. Ultrasound examination of the visceral arteries

Michał Elwertowski¹, Robert Lechowicz²

¹ Department of General Surgery and Chest Diseases, Medical University of Warsaw, Poland

² Department of General and Transplantation Surgery, Medical University of Warsaw, Poland

Correspondence: Michał Elwertowski, MD, PhD, Miła Medical Center, Miła 6, 00-180 Warsaw, Poland, e-mail: elwertowski.michal@gmail.com, tel.: +48 600 330 511

DOI: 10.15557/JoU.2015.0007

Słowa kluczowe

tętnice trzewne,
pień trzewny, zespół
więzadła łukowatego,
zwężenia naczyń
trzewnych

Key words

mesenteric arteries,
celiac trunk, arcuate
ligament syndrome,
mesenteric ischemia

Streszczenie

Badanie USG jest cenną metodą służącą do rozpoznawania zwężeń naczyń trzewnych – zarówno pochodzenia miażdżycowego, jak i związanego z uciskiem na pień trzewny. Przy stosowanych kryteriach rozpoznania zwężenia >70% dla pnia trzewnego wzrost prędkości szczytowo-skurczowej (PSV) do >200 cm/s oraz w tętnicy kręzkowej górnej PSV >275 cm/s i tętnicy kręzkowej dolnej PSV >250 cm/s prawdopodobieństwo postawienia prawidłowego rozpoznania wynosi powyżej 90%. W przypadku zwężeń spowodowanych uciskiem na pień trzewny przez krzyżujące się w okolicy jego odejścia od aorty odnogi przepony – więzadła łukowate – cennym uzupełnieniem badania potwierdzającym rozpoznanie jest normalizacja prędkości przepływu w naczyniu, tj. jej spadek w zakresie prędkości szczytowo-skurczowej poniżej 200 cm/s oraz końcowo-rozkurczowej poniżej 55 cm/s. W przypadku zwężeń pnia trzewnego przekraczających 70–80% dodatkowe informacje na temat stopnia rozwoju krążenia obocznego można uzyskać, mierząc przepływy w tętnicy wątrobowej i śledzionowej – oceniając zarówno prędkości przepływu, wskaźniki oporności oraz pulsacyjności (obniżające się poniżej 0,65 i poniżej 1,0 w przypadkach zwężenia pnia trzewnego bez rozwiniętego krążenia obocznego), jak zmiany powyższych parametrów w czasie normalnego oddychania oraz wdechu. Omówiono szczegółowo technikę badania pnia trzewnego i tętnic kręzkowych, a także dodatkowe elementy potwierdzające rozpoznanie oraz patologie mogące zmieniać prędkości przepływu w naczyniach trzewnych – marskość wątroby, hipersplenizm. Publikacja stanowi aktualizację standardów Polskiego Towarzystwa Ultrasonograficznego wydanych w roku 2011.

Abstract

Ultrasound examination is a valuable method in diagnosing visceral vasoconstriction of atherosclerotic origin, as well as constriction related to the compression of the celiac trunk. Given the standard stenosis recognition criteria of >70%, the increase in peak systolic velocity (PSV) over 200 cm/s in the celiac trunk; of PSV > 275 cm/s in the superior mesenteric artery, and of PSV > 250 cm/s in the inferior mesenteric artery, the

■ likelihood of correct diagnosis is above 90%. In the case of stenosis due to compression of the celiac trunk by median arcuate ligament of the diaphragm, a valuable addition to the regular examination procedure is to normalize the flow velocity in the vessel, i.e. the reduction in peak systolic velocity levels below 200 cm/s, and in end-diastolic velocity (EDV) levels below 55 cm/s during deep inspiration. In the case of celiac trunk stenosis exceeding 70–80%, additional information on the level of collateral circulation can be obtained by measuring the flow in the hepatic and splenic arteries – assessing the flow velocity, resistance, and pulsatility indices (which fall below 0.65 and below 1.0 in cases of stenosis of the celiac trunk with a reduced capacity of collateral circulation), as well as assessing the changes in these parameters during normal respiration and during inspiration. This paper discusses in detail the examination methods for the celiac trunk and mesenteric arteries, as well as additional procedures used to confirm the diagnosis and pathologies affecting visceral blood flow velocity, i.e.: cirrhosis and hypersplenism. The publication is an update of the Polish Ultrasound Society guidelines published in 2011.

Wprowadzenie

Zrozumienie skomplikowanego krążenia w obrębie pnia trzewnego i tętnic kręzkowych oraz ich wzajemnych oddziaływań jest podstawą prowadzenia wiarygodnej diagnostyki, jak również postawienia prawidłowego rozpoznania. Tętnice trzewne to: pień trzewny (*celiac trunk*) i tętnica kręzkowa górna (*superior mesenteric artery*, SMA), odchodzące od przedniej ściany górnego odcinka aorty brzusznej powyżej odejścia tętnic nerkowych, oraz tętnica kręzkowa dolna (*inferior mesenteric artery*, IMA), odchodząca od przedniej/lewej przednio-bocznej ściany aorty kilka centymetrów poniżej odejścia naczyń nerkowych. Naczynia te odchodzą w niewielkiej odległości od siebie i są połączone obwodowo, co umożliwia przepływ krwi pomiędzy nimi, który w różnym stopniu zmienia się z wiekiem oraz wraz ze stopniem nasilenia zmian patologicznych.

Pień trzewny zaopatruje w krew narządy nadbrzusza: wątrobę, pęcherzyk żółciowy (i drogi żółciowe), trzustkę, śledzionę oraz struktury jelitowe nadbrzusza: żołądek, dwunastnicę i proksymalną część jelita czczego. Tętnica kręzkowa górna dostarcza krew do jelita grubego od kątnicy do zagięcia śledzionowego; dalsza część jelita grubego jest zaopatrywana w krew przez tętnicę kręzkową dolną (ryc. 1). Pień trzewny i SMA łączą się bezpośrednio przez tętnicę żołądkowo-dwunastniczą. Obie tętnice kręzkowe – SMA i IMA – są połączone poprzez łuk Riolana i tętnicę brzezną Drummonda. Istnieją również połączenia pomiędzy IMA a tętnicami biodrowymi wewnętrznymi⁽¹⁾.

Aparatura

Badanie ultrasonograficzne wykonuje się przy pomocy standardowej sondy konweksowej o częstotliwości 2–5 MHz. Ze względu na konieczność rejestrowania szybkich przepływów (2,5–2,75 m/s u osób zdrowych oraz niekiedy powyżej 4 m/s w przypadku zmian patologicznych) wskazane jest użycie wysokiej klasy aparatów pozwalających na ich pomiary w trybie *triplex*. Z uwagi na większą stabilność odejścia od aorty i położenia SMA oraz zwykle duży kąt pomiaru badanie tętnic kręzkowych można wykonywać w trybie *duplex* przy zamrożonym obrazie B.

Introduction

The correct understanding of complex circulation within the celiac trunk and mesenteric arteries and their interactions serves as the foundation for reliable diagnostics, as well as the basis for accurate diagnosis. The visceral arteries include: celiac trunk, the superior mesenteric artery (SMA), extending from the upper part of the front wall of the abdominal aorta above the renal arteries, and the inferior mesenteric artery (IMA), departing from the front-left anterolateral wall of the aorta a few centimeters below renal vessels. These vessels are separated by a short distance and are connected circumferentially to allow blood flow between them, the levels of which – to varying degrees – change with age and with the degree and severity of pathological changes.

The celiac trunk supplies blood to abdominal organs: liver, gallbladder (and bile ducts), pancreas, spleen, and the abdominal intestinal structures: the stomach, duodenum, and the proximal part of the jejunum. The superior mesenteric artery delivers blood to the large intestine from the cecum to the splenic flexure, while the distal part of the colon is supplied with blood by the superior mesenteric artery (Fig. 1). The visceral trunk and SMA connect directly to the gastro-duodenal artery. Both mesenteric arteries – SMA and IMA – are connected by meandering mesenteric artery (arc of Riola) the marginal artery of the colon (artery of Drummond). There is also a connection between the IMA and the internal iliac arteries⁽¹⁾.

Equipment

Ultrasound imaging is performed using a standard 2–5 MHz probe. Due to the need to record high-speed flows (2.5–2.75 m/s in healthy subjects, and – in some cases – of more than 4 m/s in the case of lesions), high-end units using triplex mode are recommended. Due to the greater stability in examining the position of the aorta and the SMA, and usually a large measurement angle, the examination of the mesenteric artery can be performed in duplex, where the B-mode image is frozen.

Przygotowanie do badania

Pacjent powinien pozostawać bez posiłku co najmniej 6–8 godzin przed badaniem. Ze względu na ocenę struktur naczyniowych nadbrzusza nie należy również przyjmować płynów przez 2 godziny poprzedzające badanie.

Technika badania

Badanie jest wykonywane przy ułożeniu pacjenta w pozycji na wznak, podczas swobodnego oddychania, w ustawieniu sondy w miejscu, gdzie znajduje się pień trzewny w trakcie wydechu, z rejestrowaniem prędkości w trybie *triplex*. Z powodu zmian napływu krwi do pnia trzewnego w czasie głębokiego wdechu ocena zwężenia jest przy wdechu niemożliwa.

Badanie wykonuje się najczęściej w płaszczyźnie podłużnej – wzdłuż osi środkowo-górnego odcinka naczynia – co jest konieczne dla prawidłowego określenia kąta pomiędzy osią strumienia płynącej krwi oraz osią wiązki fali dopplerowskiej (ryc. 2 A, B). W przypadku braku wyraźniejszego morfologicznego zwężenia oraz poststenotycznego poszerzenia wskazane jest przesunięcie bramki rejestrującej przepływ nad całą długością naczynia i sprawdzenie, czy istnieją

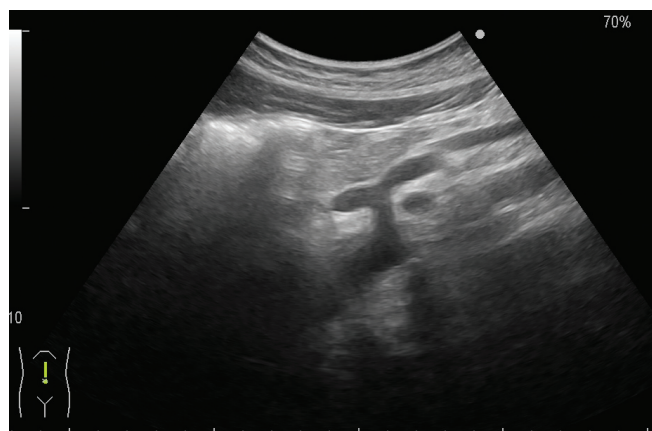
Examination preparation

The patient should refrain from eating for 6–8 hours before the examination. Due to the nature of evaluation of abdominal vascular structures, the patients should also abstain from taking any fluids for at least 2 hours prior to the examination.

Examination procedure

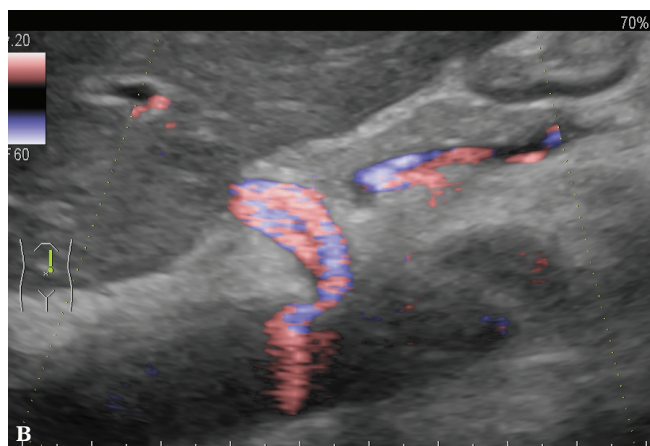
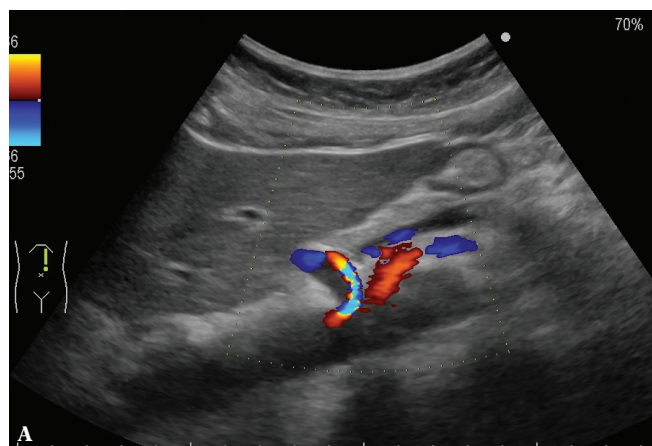
The examination is performed by positioning the patient in the supine position, with the patient breathing freely; the probe is positioned over the celiac trunk during exhalation, the recording speed is set to triplex mode. Due to changes in blood flow to the celiac trunk during deep breathing, the assessment of stenosis during inspiration is impossible.

The examination is typically carried out in the longitudinal plane – along the axis of the middle-upper section of the vessel – which is necessary for the proper determination of the angle between the axis of the blood stream and the direction of the Doppler wave (Fig. 2 A, B). In the absence of clearly identifiable stenosis or a post-stenotic dilation, the scanning probe should also be positioned over the entire length of the vessel in order to check for significant



Ryc. 1. Wspólne odejście pnia trzewnego i tętnicy kręzkowej górnej

Fig. 1. Common origin of coeliac artery and superior mesenteric artery



Ryc. 2 A. Morfologiczny obraz zwężenia. **B.** Morfologiczny obraz zwężenia PD

Fig. 2 A. Morphological image – stenosis. **B.** Morphological image – stenosis PD

istotne zmiany prędkości przepływu w jego obrębie. Przy zwężeniach widocznych w prezentacji B bramkę pomiarową należy ustawiać przy górnej krawędzi zwężenia, przed poststenotycznym poszerzeniem, lub w przypadku widocznego ucisku – sprawdzić całość zagięcia naczynia pod kątem zmian prędkości. Następnie trzeba powtórzyć pomiary na szczycie głębokiego wdechu. W zwężeniu związanym z uciskiem przez więzadła łukowate wdech spowoduje ich wyższe ustawienie i „odblokowanie” pnia trzewnego oraz istotny spadek prędkości przepływu w jego obrębie, w większości przypadków do wartości prawidłowych (ryc. 3 A–G). Przy istniejących wyraźnych zwężeniach wskazane jest uzupełnienie badania o wykonanie pomiarów przepływów w tętnicy wątrobowej i śledzionowej, najlepiej podczas swobodnego oddychania oraz maksymalnego wdechu.

Techniczne aspekty badania

Właściwe przygotowanie do badania ma podstawowe znaczenie dla interpretacji uzyskanych pomiarów prędkości. Spożycie posiłku znacząco zmienia przepływy zarówno w pniu trzewnym, jak i tętnicach kręzkowych. W pniu trzewnym notuje się wówczas różnego stopnia wzrost prędkości przepływu, natomiast w tętnicach kręzkowych poza wyraźniejszym zwykle wzrostem prędkości obserwowane jest obniżenie oporów przepływu (co jest spowodowane ponad dwukrotnym wzrostem prędkości końcowo-rozkurczkowej – EDV). Ze względu na zróżnicowaną osobniczo reakcję na posiłek obecnie nie porównuje się zmian prędkości przepływu przed posiłkiem i po nim⁽²⁾.

Przy ocenie zespołu więzadła łukowatego **konieczne** jest wykonywanie badania podczas swobodnego oddychania. Bramkę pomiarową należy umieścić w miejscu najwyższego położenia pnia trzewnego podczas wydechu i dopiero wtedy dokonywać rejestracji. Nie stanowi to problemu w trybie *triplex*, natomiast w sytuacji, kiedy aparatura nie pozwala na pomiary wysokich prędkości w trybie *live*, należy ustawić bramkę (i kąt pomiaru) we właściwej pozycji w prezentacji B z opcją koloru, a następnie włączyć funkcję doppler i „zamrozić” obraz B, dokonując ewentualnych drobnych korekt położenia bez kontroli obrazu.

Obrazy prawidłowe

Ze względu na zmiany prędkości przepływu związane ze spożyciem posiłku pomiary muszą być wykonywane u pacjentów pozostających na czczo. W przypadku pnia trzewnego przy braku ucisku przebieg naczynia jest zwykle prosty, a odejście od aorty pod kątem przekraczającym najczęściej 30° pozwala na uzyskanie korzystnych interpretacyjnie obrazów.

Tętnica kręzkowa górna poza początkowym, zagiętym odcinkiem w środkowo-górnej części przebiega równolegle do przedniej ściany aorty, co powoduje trudności w uzyskaniu odpowiedniego kąta pomiaru, nieprzekraczającego 60°. W większości przypadków na uzyskanie korzystnych interpretacyjnie obrazów pozwalają silniejszy ucisk i ugięcie sondy.

changes in the flow velocity within. In cases of stenosis identified in B-mode, the probe should be placed in the upper edge of the stenosis, before the post-stenotic dilation, or – in the case of visible pressure – the entire bend should be examined for changes in flow velocity. This should be followed by examination performed during the end-inspiratory pause. Stenosis associated with the pressure by the arched ligaments during inhalation will move them to a higher position and cause the “unblocking” of the celiac trunk, as well as a significant decrease in flow velocity within, in most cases reaching normal levels (Fig. 3 A–G). In the case of clearly visible stenosis, it is recommended to supplement the study of flow measurements in the hepatic and splenic arteries, preferably during free breathing and maximal inspiration.

Technical aspects of the examination

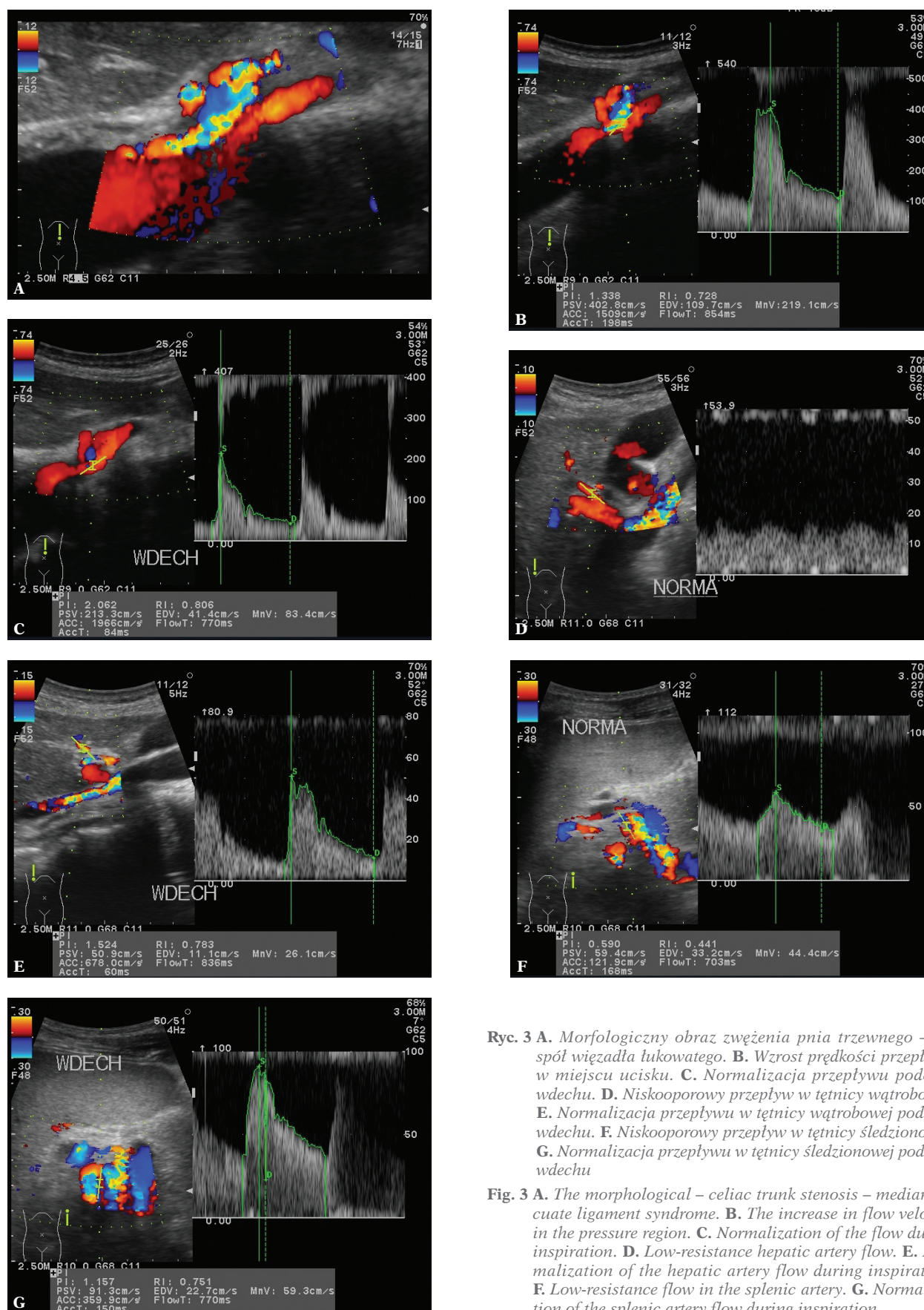
Correct preparation for the examination is essential for the analysis of the measured velocity levels. Any food intake can significantly alter the flows in both – the celiac trunk, and the mesenteric arteries. In the case of the celiac trunk a varying increase in the flow rate can be observed; in the case of the mesenteric arteries, a clearly observed increase in flow velocity is complemented by a reduction in the flow resistance (which is caused by the increase – by a factor of 2 or more – in end-diastolic velocity, EDV). Due to the differences between individuals’ responses to food, the current guidelines do not recommend comparing flow velocities before and after a meal⁽²⁾.

When assessing the arcuate ligament syndrome, it is **essential** to perform the examination with the patient breathing freely. The probe should be positioned over the celiac trunk, and – when the patient exhales – the recording should be performed. This is not a problem in the triplex mode; however, in a situation where the equipment does not allow for live high-speed measurements, the probe must be placed (and the angle set) in the correct position in the B-mode with color coding, and then the Doppler mode should be enabled, thus freezing the B-frame image, and making minor adjustments in the position of the probe without changing the image controls.

Normal images

Due to changes in the flow velocity caused by the consumption of food, measurements must be performed with patients remaining on an empty stomach. In the case of celiac trunk – in the absence of pressure – the artery is usually straight, and the aorta joint lies at an angle greater than 30°, leading to normal images being registered.

Beyond its initial, curved segment in the middle-upper part, the superior mesenteric artery runs parallel to the front wall of the aorta, causing difficulties in obtaining adequate recording angle not exceeding 60°. In most cases, in order to record images that can be properly assessed, a stronger pressure and deflection of the probe is necessary.



Ryc. 3 A. Morfologiczny obraz zwężenia pnia trzewnego – zespół wężadła łukowego. **B.** Wzrost prędkości przepływu w miejscu ucisku. **C.** Normalizacja przepływu podczas wdechu. **D.** Niskooporowy przepływ w tętnicy wątrobowej. **E.** Normalizacja przepływu w tętnicy wątrobowej podczas wdechu. **F.** Niskooporowy przepływ w tętnicy śledzionowej. **G.** Normalizacja przepływu w tętnicy śledzionowej podczas wdechu

Fig. 3 A. The morphological – celiac trunk stenosis – median arcuate ligament syndrome. **B.** The increase in flow velocity in the pressure region. **C.** Normalization of the flow during inspiration. **D.** Low-resistance hepatic artery flow. **E.** Normalization of the hepatic artery flow during inspiration. **F.** Low-resistance flow in the splenic artery. **G.** Normalization of the splenic artery flow during inspiration

Tętnica krezkowa dolna w warunkach prawidłowych jest cienkim, niekiedy trudnym do uwidocznienia naczyniem, które przy braku patologii w pozostałych dwóch tętnicach nie wymaga dokładniejszej oceny.

Prędkości przepływu w prawidłowych naczyniach trzewnych według danych literaturowych są następujące⁽³⁾:

- pień trzewny: PSV – 98–105 cm/s;
- SMA: PSV – 97–142 cm/s;
- IMA: PSV – 93–189 cm/s.

Zgodnie z obserwacjami własnymi PSV w pniu trzewnym u młodych, szczupłych pacjentów bez zespołu więzadła łukowatego wynosi do 150 cm/s.

Wraz z wiekiem prędkości przepływu w naczyniach trzewnych ulegają zmniejszeniu. Należy pamiętać, że współistniejące schorzenia mogą modyfikować przepływy w naczyniach trzewnych. W przypadku pnia trzewnego dotyczy to przede wszystkim marskości pozapalnej z redukcją przepływu wrotnego i kompensacyjnym wzrostem przepływu w tętnicy wątrobowej oraz śledzionowej (spowodowanym splenomegalią). Większość patologii przebiegających z wyraźniejszym powiększeniem śledziony (powyżej 15 cm) oraz hipersplenizm powodują wyraźny wzrost przepływu w tętnicy śledzionowej (osiągający niekiedy ponad 2 l/min), w istotny sposób modyfikując przepływy w pniu trzewnym. Podobny efekt obserwowany jest w przypadkach wzrostu przepływu w tętnicy wątrobowej u chorych z unaczynionymi przerzutami do wątroby.

Ocena zmian patologicznych

Ze względu na liczne połączenia pomiędzy naczyniami trzewnymi pacjenci mogą nie wykazywać objawów niedokrwienia narządów mimo obecności istotnych zwężeń. Generalnie uważa się, że do wystąpienia dolegliwości potrzebne jest zwężenie co najmniej dwóch z trzech naczyń⁽⁴⁾, jednak to twierdzenie stanowi znaczne uproszczenie często skomplikowanego problemu klinicznego⁽⁵⁾.

Należy również pamiętać, że przewlekłe niedokrwienie krezki jelita spowodowane zmianami miażdżycowymi, widocznymi zwykle w początkowych odcinkach naczyń trzewnych, jest jedną z kilku przyczyn niedokrwienia. Pozostałe to: zator/ostra zakrzepica, wstrząs hipotensyjny i sepsa oraz zaburzenia odpływu żylnego aż do zakrzepicy naczyń krezkowych. We wszystkich tych przypadkach ultrasonografia ma niewielką wartość diagnostyczną.

Wartość diagnostyczną badanie USG ma natomiast w ocenie przewlekłego niedokrwienia jelit spowodowanego zmianami miażdżycowymi w głównych naczyniach trzewnych oraz w zespole więzadła łukowatego (*median arcuate ligament syndrome*, MALS).

Klinicznie możliwość przewlekłego niedokrwienia spowodowanego miażdżycowym zwężeniem naczyń trzewnych należy rozpatrywać u starszych pacjentów z niewyjaśnionymi

The inferior mesenteric artery normally is a thin vessel, sometimes difficult to visualize; in the absence of pathological changes in the other two arteries it does not require a more detailed assessment.

According to the literature review, the normal levels of flow velocities in visceral vessels are as follows⁽³⁾:

- celiac trunk: PSV – 98–105 cm/s;
- SMA: PSV – 97–142 cm/s;
- IMA: PSV – 93–189 cm/s.

Based on the observations of the celiac trunk performed by the authors on young, slim patients without the arcuate ligament syndrome, PSV can reach levels up to 150 cm/s.

With age, the visceral vessels flow velocity decreases. It should be noted that any comorbidities may affect the flow in the visceral vessels. In the case of the celiac trunk, this means mainly post-inflammatory cirrhosis with reduced portal flow and a compensatory increase in hepatic and splenic arteries (caused by splenomegaly). Most pathological changes occurring with strongly pronounced splenomegaly (above 15 cm) and hypersplenism cause a marked increase in splenic artery (sometimes reaching more than 2 l/min), significantly altering the flow in the celiac trunk. A similar effect is observed in the case of increasing the flow in the hepatic artery in patients with vascularized metastases to the liver.

Assessment of pathological changes

Due to the numerous connections between the visceral vessels, patients may not show signs of organ ischemia despite the presence of significant stenosis. Generally it is considered that in order for the pathological changes to occur, the narrowing of at least two of the three vessels must take place⁽⁴⁾; this assertion, however, constitutes a considerable simplification of a (quite often very complex) clinical problem⁽⁵⁾.

It should also be noted that chronic mesenteric ischemia caused by atherosclerosis usually detectable in the initial section of visceral vessels, is just one of several causes of ischemia. Other causes include: congestion/acute thrombosis, hypotensive shock and sepsis, venous outflow obstruction, and mesenteric vascular thrombosis. In all these cases, ultrasound examination provides negligible diagnostic usefulness.

In contrast, ultrasound examination offers considerable diagnostic value in the assessment of chronic intestinal ischemia caused by atherosclerosis in major vessels of the visceral, as well as in the cases of the median arcuate ligament syndrome (MALS).

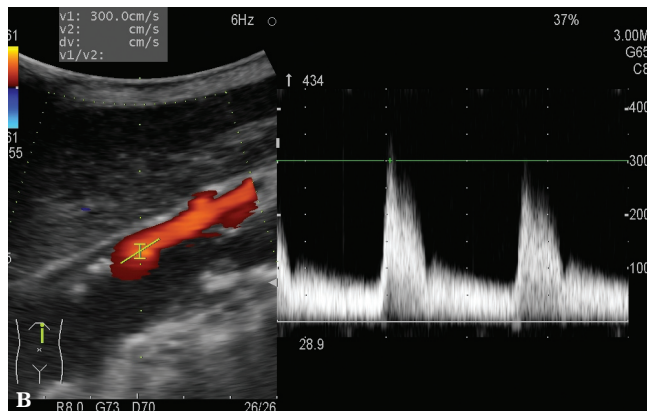
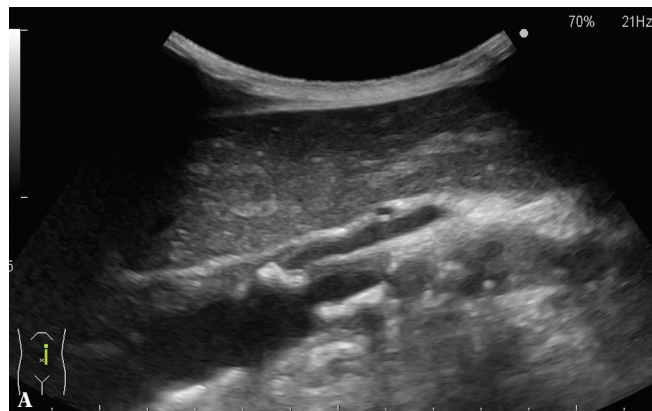
From the clinical perspective, the possibility of chronic ischemia caused by atherosclerotic narrowing of the visceral vessels should be considered in elderly patients with unexplained abdominal pain and loss of body

bólami brzucha i utratą wagi ciała (ryc. 4 A, B). Takie zmiany dotyczące przynajmniej jednego z naczyń trzewnych występują u kilkunastu procent pacjentów po 65. roku życia, trzykrotnie częściej u kobiet (ryc. 5 A–C).

Diagnostyka zwężeń tętnic trzewnych opiera się na pomiarach PSV. Za kryterium zwężenia pnia trzewnego i tętnicy kręzkowej górnej przekraczającego 70% przyjmuje się wzrost prędkości szczytowo-skurczowej PSV w naczyniach >200 cm/s w TC i PSV >275 cm/s w SMA.

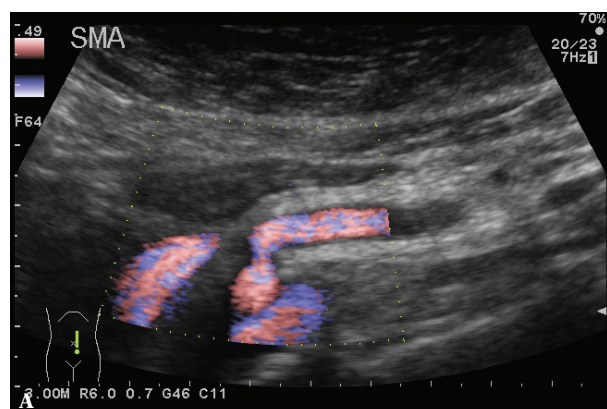
weight (Fig. 4 A, B). Such changes on at least one of the visceral vessels occur in several percent of patients over 65 years of age, and are three times more common in women (Fig. 5 A–C).

Diagnostics of celiac artery stenosis is based on PSV measurements. The criterion of stenosis of the celiac and superior mesenteric artery exceeding 70% is the increase in peak systolic velocity in the vessels: PSV >200 cm/s for CT, and PSV >275 cm/s for SMA.



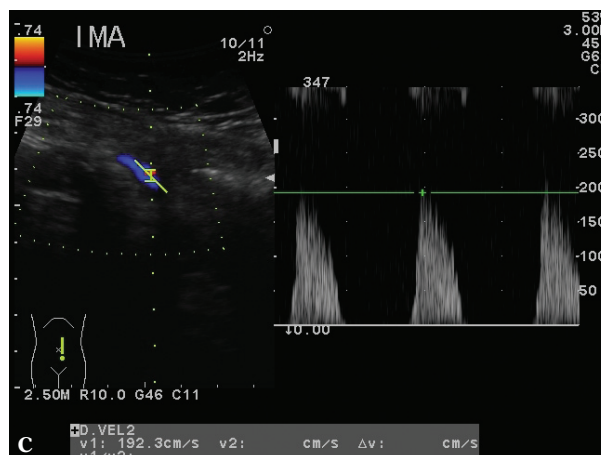
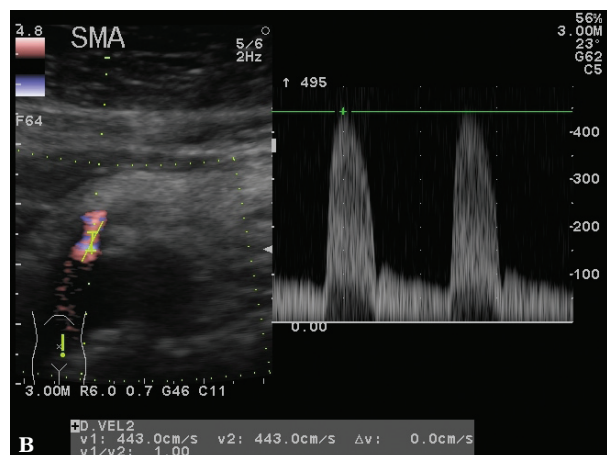
Ryc. 4 A. Miażdżycowe zwężenie pnia trzewnego. **B.** Miażdżycowe zwężenie pnia trzewnego – wzrost prędkości przepływu

Fig. 4 A. Atherosclerotic stenosis of the celiac trunk. **B.** Atherosclerotic stenosis of the celiac trunk – the increase in flow velocity



Ryc. 5 A. Zwężenie tętnicy kręzkowej górnej – obraz morfologiczny. **B.** Zwężenie tętnicy kręzkowej górnej – wzrost prędkości przepływu. **C.** Wysokooporowy przepływ w tętnicy kręzkowej dolnej – zwężenie w dystalnym odcinku

Fig. 5 A. Superior mesenteric artery stenosis – morphological picture. **B.** Superior mesenteric artery stenosis – the increase in flow velocity. **C.** High-resistance flow in the inferior mesenteric artery – narrowing in the distal section



W odniesieniu do pnia trzewnego czułość, specyficzność i wskaźnik pozytywnego rozpoznania (PPV) według tego kryterium wynoszą: 75–100%, 87–89% i 85%. Cennym uzupełnieniem badania jest ocena wskaźników oporności i pulsacyjności RI oraz PI (*resistant index, pulsatility index*) w tętnicach wątrobowej właściwej i śledzionowej. Spadek RI poniżej 0,65 oraz PI poniżej 1,0 wskazuje na istotne zwężenie. U osób z długotrwałymi zmianami z rozwiniętym krążeniem obocznym przepływy w tych naczyniach (lub jednym z nich) mogą pozostać niezmienione pomimo zwężenia pnia trzewnego powyżej 80%.

W przypadku tętnicy krezkowej górnej przy wzroście prędkości przepływu powyżej 275 cm/s czułość, specyficzność i wskaźnik pozytywnego rozpoznania (PPV) wynoszą 89–100%, 92–100% i 80%.

W przypadku IMA kryterium istotnego hemodynamicznie zwężenia (>50%) jest wzrost PSV >250 cm/s, ze wskaźnikami czułości i specyficzności odpowiednio 90% i 96% oraz całkowitą dokładnością 95%. Przy ilorazie prędkości w IMA i aorcie powyżej 4,0 wskaźnik całkowitej dokładności wynosi 93%⁽⁶⁾.

Ponadto należy pamiętać, że zwężenie jednego z naczyń trzewnych powoduje zwykle wzrost przepływu w pozostałych naczyniach, przy czym o ile wzrost przepływu w sąsiedztwie zwężenia zmienia się szybko za zwężeniem w wolny przepływ o zaburzonym spektrum, o tyle przy kompensacyjnym wzroście przepływu jest on widoczny na całym jego odcinku dostępnym w badaniu.

W diagnostyce zwężeń naczyń trzewnych o etiologii miażdżycowej trzeba pamiętać, że przepływ przez te naczynia, wynoszący około 20% objętości wyrzutowej serca, może się podwajać po obfitym posiłku oraz przeciwnie – ulegać dwukrotnej redukcji w przypadku zmian chorobowych (szok, hipowolemia) czy przy submaksymalnym wysiłku wykonywanym na czczo⁽⁷⁾.

Niedrożność dolnego odcinka aorty (zespół Leriche'a) jest często związana z niedrożnością IMA.

Ocena morfologiczna stopnia zwężenia pnia trzewnego przy podejrzeniu zespołu więzadła łukowatego (*median arcuate ligament syndrome, MALS*) obejmuje zmiany kształtu górnego odcinka naczynia, uciskanego przez odnogi przepony, co utrudnia niekiedy uzyskanie właściwego kąta do pomiarów prędkości, oraz przede wszystkim związane z uciskiem poststenotyczne poszerzenie tętnicy, w którego obrębie widoczne są wyraźne zawirowania krwi (rejestrowane również w obrazie spektralnym).

Morfologicznie ucisk o różnym stopniu jest widoczny u 20–70% osób kierowanych na badanie z powodu dolegliwości brzusznych, głównie młodych i szczupłych. U 1% z nich ucisk jest na tyle duży, że powoduje bóle brzucha, nudności, wymioty po spożyciu posiłku oraz utratę wagi ciała. Objawy mogą występować w trakcie wysiłku fizycznego i po nim. Kryteria rozpoznania to wzrost prędkości przepływu PSV >250 cm/s i EDV >55 cm/s. Prędkości przepływu istotnie się

According to this criterion, with respect to the visceral trunk, the sensitivity, specificity, and positive predictive value (PPV) are as follows: 75–100%, 87–89% and 85%. A valuable addition to the examination procedure is the evaluation of resistance and pulsatility indices (RI and PI) in the proper hepatic artery and spleen. A decrease in RI below, and in PI below 1.0 are symptoms of significant stenosis. In patients with long-term changes in the developed collateral circulation flow in these vessels (or one of them) the flows may remain unchanged despite celiac trunk stenosis above 80%.

In the case of the superior mesenteric artery, with the flow velocity increasing above 275 cm/s, sensitivity, specificity and PPV are at: 89–100%, 92–100% and 80%.

In the case of IMA, the criterion for hemodynamically significant stenoses (>50%) is the increase in PSV >250 cm/s, with sensitivity and specificity at 90% and 96%, and the overall accuracy of 95%. When the velocity quotient in IMA and aorta is above 4.0, the overall accuracy is 93%⁽⁶⁾.

It should also be underscored that a stenosis in one of the visceral vessels will usually increase the flow in other vessels; and whereas the increased flow in the vicinity of stenosis quickly changes to free flow with a distorted spectrum, the compensating increase in flow is visible throughout the entire section being examined.

In the study and diagnostics of visceral vasoconstriction of atherosclerotic it is crucial the flow through these vessels, amounting to about 20% of stroke volume, may double after a heavy meal, and – in contrast – is also subject to double reduction in the cases of pathological changes (shock, hypovolemia) or during a submaximal effort performed on an empty stomach⁽⁷⁾.

Occlusion of the lower aorta (Leriche syndrome) is often associated with the occlusion of the IMA.

Morphological evaluation of the degree of stenosis of the celiac trunk in cases where median arcuate ligament syndrome (MALS) is anticipated involves changes in the shape of the upper section of the vessel, oppressed by a branch of the diaphragm, which sometimes makes it difficult to obtain a proper angle for velocity estimation, mainly due to the widening of the post-stenotic artery compression, within which there are clear turbulence of blood (also recorded in the spectral image).

Morphologically, varying degrees of pressure can be observed in 20–70% of people referred for examination due to abdominal pain, mostly young and slim. In 1% of this group, the occlusion is severe enough to cause abdominal pain, nausea, vomiting after a meal, and weight loss. The symptoms may occur during and after physical workout. Diagnostic criteria include the increase in PSV above 250 cm/s and EDV >55 cm/s. The velocities drop significantly (often to normal levels) with the examination performed during maximal inspiration⁽⁷⁾. The diagnosis may be reached more easily by assessing

zmniejszają (często do wartości prawidłowych) przy pomiarach wykonywanych na szczycie wdechu⁽⁷⁾. W ustaleniu rozpoznania pomagają ocena przepływów w tętnicy wątrobowej i śledzionowej – w których widoczne są zmiany RI i PI poniżej 0,65 oraz 1,0; wzrost oporów i prędkości przepływu podczas wdechu potwierdza diagnozę (materiał własny).

Należy pamiętać, że zespół więzadła łukowatego jest obecnie najczęstszą przyczyną operacji pnia trzewnego w przebiegu zespołu przewlekłego niedokrwienia.

Badanie USG jest również przydatne w ocenie pooperacyjnej stanu naczyń trzewnych oraz po zabiegach stentowania. W takich przypadkach kryteria rozpoznawania restenozy to wzrost PSV >300 cm/s i EDV >50–70 cm/s⁽⁸⁾, a przy zaawansowanych zwężeniach spadek PSV <40 cm/s (ryc. 6 i 7).

Opis badania

Opis badania pnia trzewnego obejmuje ocenę morfologiczną naczyń: średnica prawidłowa/nierówna z zwężeniem/poststenotyczne poszerzenie. Kolejnym elementem jest podanie prędkości skurczowej i rozkurczowej przepływu w miejscu zwężenia podczas normalnego oddychania i w czasie wdechu. Przy wykonywaniu pomiarów w tętnicy wątrobowej oraz śledzionowej należy podać, czy występują w nich zaburzenia przepływu związane z obecnym powyżej zwężeniem – zmiany prędkości przepływu, obniżenie wskaźnika oporności RI.

W przypadku zwężenia miażdżycowego naczyń trzewnych w opisie trzeba ponadto uwzględnić stan aorty brzusznej, w tym wielkość i echogeniczność blaszek miażdżycowych oraz ich stosunek do odchodzących naczyń.

Opis tętnic krezkowych obejmuje ocenę ich drożności oraz rejestrację prędkości przepływu i ewentualnie wzrostu/obniżenia oporów przepływu w ich świetle.

W przypadku zwężeń tętnic krezkowych należy ocenić wszystkie trzy naczynia trzewne. Przy zwężeniach pnia

the flow in the hepatic and splenic arteries – in which changes in RI and PI are visible, reaching levels below 0.65 and 1.0; the increase in resistance and flow rate during inspiration further validates the diagnosis (own material).

It should be noted that the arcuate ligament syndrome is now the leading reason for celiac trunk surgery in the course of chronic ischemia.

Ultrasound examination is also useful in assessing the postoperative state of vascular vessels, also after stenting. In such cases, the criteria for identifying restenosis are: the increase of PSV above 300 cm/s and EDV above 50–70 cm/s⁽⁸⁾, and – in more severe cases – a decrease in PSV below 40 cm/s (Fig. 6 and 7).

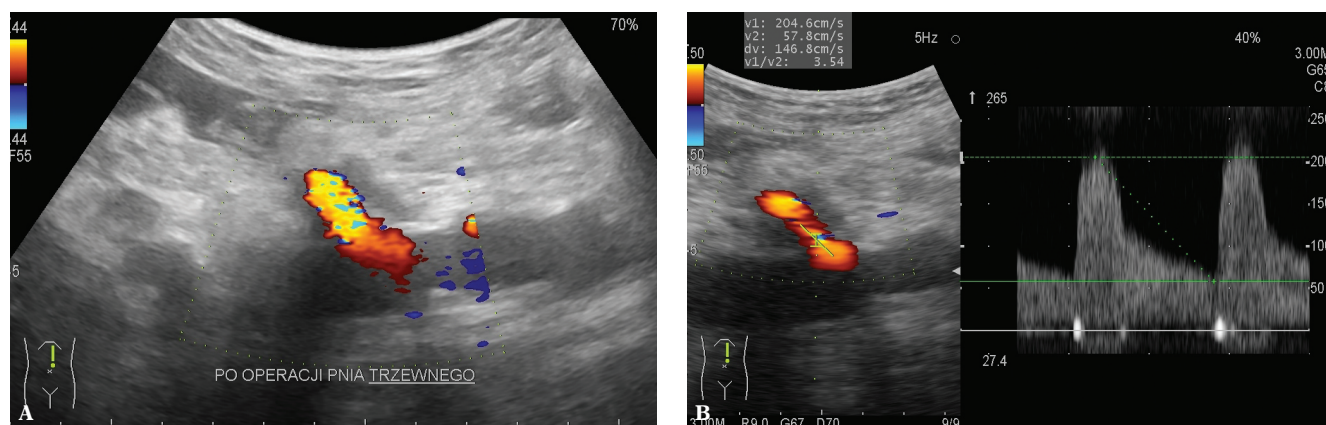
Impression

Description of the celiac trunk examination includes morphological assessment of vessel: correct/incorrect diameter with narrowing/post-stenotic widening. Another aspect is the velocity of systolic and diastolic flow in the stenosis during normal breathing and during inspiration. While checking the hepatic and splenic arteries the description should state whether any disorder associated with the current above stenosis occur, including: changes in flow rate, and the reduction of RI.

In the case of atherosclerotic vascular stenosis, the report should also take into account the state of the abdominal aorta, including the size and echogenicity of atherosclerotic plaques, and their relationship to the outgoing vessels.

The description of the mesenteric arteries includes the assessment and recording of flow velocity and possibly an increase/reduction in the flow resistance.

In the case of mesenteric artery stenosis the report impression should evaluate all three visceral vessels. In cases of



Ryc. 6 A. Stan po operacji zwężenia pnia trzewnego – obraz morfologiczny. **B.** Prędkości przepływu w pniu trzewnym – wartości na porównanie z normą

Fig. 6 A. Celiac trunk after surgical treatment of stenosis – morphological picture. **B.** Flow velocity in the visceral trunk – borderline values

trzewnego wskazane jest sprawdzenie przepływu w tętnicy krezkowej górnej.

Dokumentacja

Dokumentacja badania pnia trzewnego w przypadku braku patologii obejmuje jedynie rejestrację przepływu podczas normalnego oddychania.

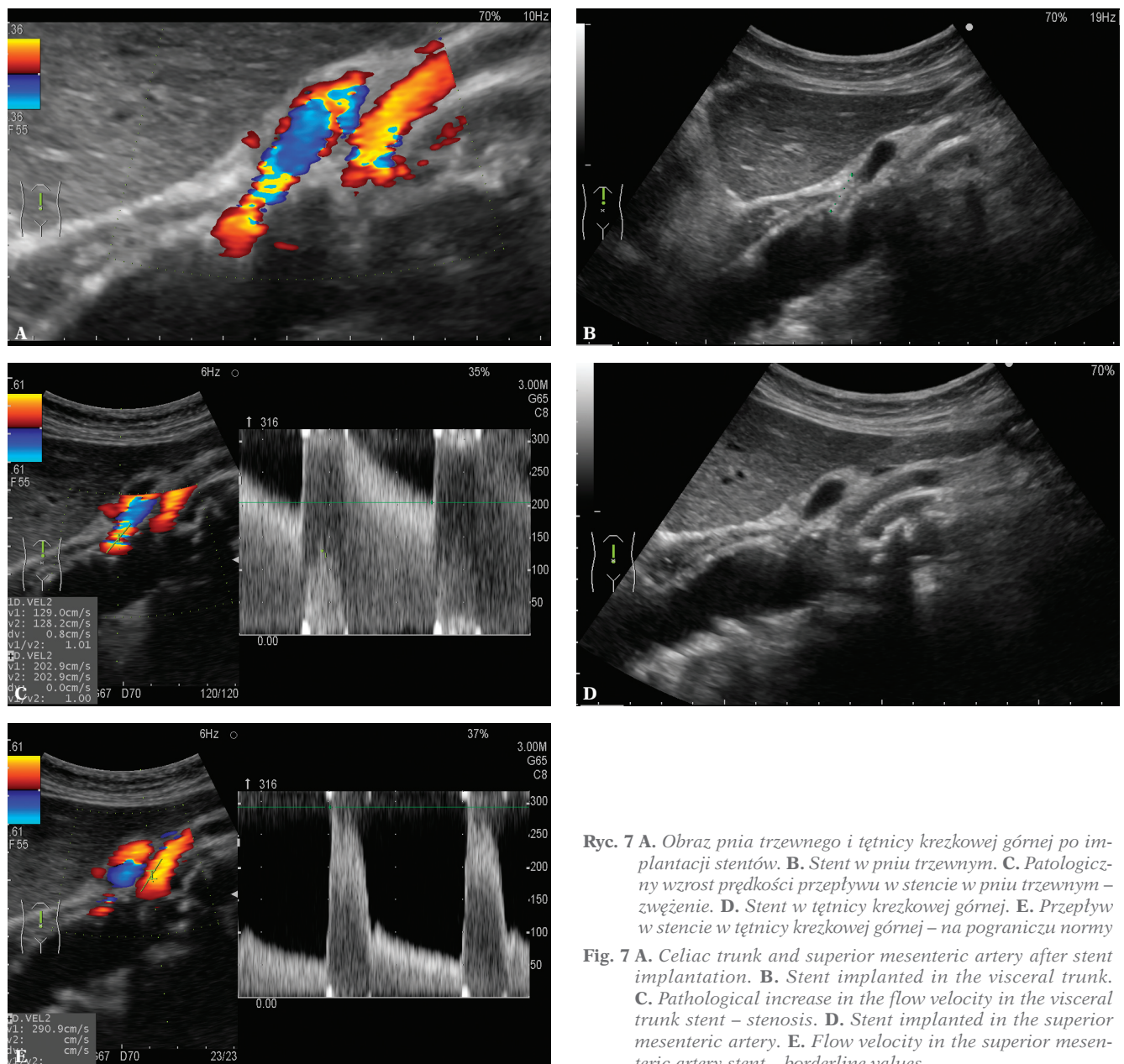
Przy istniejących zwężeniach należy udokumentować morfologiczny obraz pnia trzewnego i tętnic krezkowych, widmo przepływu w miejscu maksymalnego zwężenia/ucisku wraz z oceną prędkości w czasie spokojnego oddychania, pomiar prędkości w tym samym miejscu podczas maksymalnego wdechu oraz opcjonalnie ocenę prędkości

a narrowing of the celiac trunk is advisable to check the flow in the superior mesenteric artery.

Documentation

Documentation of celiac trunk examination in the absence of pathological changes covers only the recording of blood flow during normal breathing.

In cases when stenosis is identified, the morphological image of the celiac trunk and mesenteric arteries should be recorded, together with the flow spectrum in the point of maximum constriction/pressure with the assessment of velocity during quiet breathing, and during maximum inspiration; and – optionally – with the assessment of flow



Ryc. 7 A. Obraz pnia trzewnego i tętnicy krezkowej górnej po implantacji stentów. B. Stent w pniu trzewnym. C. Patologiczny wzrost prędkości przepływu w stencie w pniu trzewnym – zwężenie. D. Stent w tętnicy krezkowej górnej. E. Przepływ w stencie w tętnicy krezkowej górnej – na pograniczu normy

Fig. 7 A. Celiac trunk and superior mesenteric artery after stent implantation. B. Stent implanted in the visceral trunk. C. Pathological increase in the flow velocity in the visceral trunk stent – stenosis. D. Stent implanted in the superior mesenteric artery. E. Flow velocity in the superior mesenteric artery stent – borderline values

przepływu w tętnicy wątrobowej i śledzionowej w trakcie normalnego oddychania i wdechu. Stwierdzenie zwężenia w jednym z naczyń wymaga oceny pozostałych.

W zwężeniach miażdżycowych wskazane jest wykonanie dokumentacji zmian w aorcie brzusznej.

Podsumowanie

Badanie dopplerowskie naczyń trzewnych jest w stanie określić znaczenie hemodynamiczne uwidocznionych zwężeń poprzez ocenę zmian przepływów powyżej, w miejscu oraz poniżej zwężenia z charakterystycznymi zaburzeniami spektrum. Badanie jest szczególnie przydatne w ocenie zmian związanych z uciskiem pnia trzewnego przez odnogi przepony – więzadła łukowate, umożliwia bowiem zarówno określenie stopnia zwężenia, jak i rozwoju krążenia obocznego. Pozwala to na szybkie wdrożenie właściwego dalszego postępowania diagnostycznego i terapeutycznego.

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie prawo do tej publikacji.

velocity in the hepatic and splenic arteries during normal respiration and during inspiration. The detection of stenosis in one of the vessels requires the evaluation of others.

In the cases of atherosclerotic, the changes in the abdominal aorta should be recorded.

Summary

Visceral Doppler ultrasound examination enables the evaluation of the hemodynamic significance of stenoses by assessing the changes in blood flow above and below stenosis with distinctive spectrum disorders. This approach is particularly useful in assessing changes associated with compression of the celiac trunk by branches of the diaphragm – the arcuate ligament, as it makes it possible to determine the degree of stenosis, as well as the development of collateral circulation. This allows for rapid implementation of additional diagnostic approaches and therapeutic procedures.

Conflict of interest

The authors of this paper do not claim any financial or personal relationships with other individuals or organizations which could adversely affect the content of this publication, and/or claim any rights to this publication.

Piśmiennictwo / References

1. Pellerito J, Polak JF: Introduction to vascular sonography. Elsevier, Philadelphia 2012.
2. Moneta GL, Taylor DC, Helton WS, Mulholland MW, Strandness DE Jr *et al.*: Duplex ultrasound measurement of postprandial intestinal blood flow: effect of meal composition. *Gastroenterology* 1988; 95: 1294–1301.
3. Jäger K, Bollinger A, Valli C, Ammann R: Measurements of mesenteric blood flow by duplex scan. *J Vasc Surg* 1986; 3: 462–469.
4. Baxter BT, Pearce H: Diagnosis and surgical management of chronic mesenteric ischemia. In: Strandness DE, van Breda A (eds.): *Vascular Diseases: Surgical and Interventional Therapy*. Churchill Livingstone, New York 1994.
5. Cronenwett JL, Johnston KW: *Rutherford's Vascular Surgery*. Saunders Elsevier, Philadelphia 2010.
6. Pellerito JS, Revzin MV, Tsang JC, Greben CR, Naidich JB: Doppler sonographic criteria for the diagnosis of inferior mesenteric artery stenosis. *J Ultrasound Med* 2009; 28: 641–650.
7. Cronenwett JL, Johnston KW: *Rutherford's Vascular Surgery*. Saunders Elsevier, Philadelphia 2014.
8. Armstrong PA: Visceral duplex scanning: evaluation before and after artery intervention for chronic mesenteric ischemia. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther* 2007; 19: 386–392.