

Submitted: 09.09.2013

Accepted: 02.10.2013

Zastosowanie ultrasonografii wysokich częstotliwości w zamykaniu drobnych naczyń krwionośnych

Application of high-frequency ultrasonography in closing small blood vessels

Robert Krzysztof Mlosek¹, Sylwia Malinowska²

¹ Department of Medical Imaging, Second Faculty of Medicine, Medical University of Warsaw, Warsaw, Poland

² Life-Beauty private partnership, Grodzisk Mazowiecki, Poland

Correspondence: Department of Medical Imaging, Second Faculty of Medicine, Medical University of Warsaw, Kondratowicza 8, 03-242 Warsaw, Poland, e-mail: zdo@usgptu.waw.pl, tel. +48 22 326 58 10

DOI: 10.15557/JoU.2014.0032

Słowa kluczowe

flebologia, laserowe zamykanie naczyń, medycyna estetyczna, skleroterapia, ultrasonografia, ultrasonografia skóry, ultrasonografia wysokich częstotliwości

Key words

phlebology, laser closing of vessels, aesthetic medicine, sclerotherapy, ultrasonography, skin ultrasound examination, high-frequency ultrasonography

Streszczenie

Jednym z najczęściej wykonywanych zabiegów w gabinetach flebologicznych lub medycyny estetycznej jest zamykanie drobnych naczyń krwionośnych na kończynach dolnych, tj. teleangiektazji i naczyń siatkowatych. Obecnie dysponujemy kilkoma metodami, które pozwalają na zamknięcie poszerzonych naczyń krwionośnych i uzyskanie pożądanego efektu zarówno terapeutycznego, jak i estetycznego. Niestety, mimo stosowania różnych metod i urządzeń bardzo często efekty prowadzonych zabiegów nie są zadowalające. Czynnikiem, który w dużym stopniu przyczynia się do obniżenia skuteczności zabiegów, jest skomplikowana anatomia układu żylnego i brak metody pozwalającej na dokładne określenie przebiegu naczynia, jego średnicy, położenia w skórze etc. Metodą umożliwiającą precyzyjne określenie przebiegu naczyń, a także pomiar podstawowych parametrów, takich jak średnica naczynia, głębokość położenia w skórze, brak lub obecność przepływu w naczyniu, jest ultrasonografia wysokich częstotliwości. Dzięki ultrasonograficznemu obrazowaniu naczyń za pomocą głowic wysokich częstotliwości można dobrać odpowiednią metodę leczenia, parametry zabiegowe, a tym samym zwiększyć jego skuteczność. Ultrasonografia służy również do monitorowania wykonywanych zabiegów.

Abstract

One of the most common treatments performed in phlebological and aesthetic medicine clinics is closing small blood vessels in the lower extremities, so-called telangiectasias and reticular vessels. Currently, there are several methods that allow for closing the dilated vessels and obtaining desirable effects, both therapeutic and aesthetic. Unfortunately, despite applying various methods and instruments, the effects of treatments are frequently not satisfactory. The factor that largely contributes to decreasing the efficacy of such procedures is complicated anatomy of the venous system and the lack of a method to precisely specify the vessel's course, its diameter, location in the skin etc. High-frequency ultrasonography is a method enabling accurate determination of the vessels' course as well as the measurement of their basic parameters, such as diameter, depth in the skin and presence or absence of perfusion. Thanks to ultrasound imaging with the use of high-frequency transducers, an adequate treatment method and procedure parameters may be selected, which entails enhancing the efficacy of the procedure itself. Ultrasonography may be also used for monitoring the performed procedures.

Problemy naczyniowe kończyn dolnych występują bardzo często. Szacuje się, że z problemami w obrębie układu żylnego kończyn dolnych boryka się około 40–50% populacji⁽¹⁾. Nieestetyczny wygląd nóg, z licznymi teleangiektazjami i poszerzonymi żyłami siatkowatymi, nie tylko stanowi problem estetyczny, ale także może prowadzić do poważnych problemów zdrowotnych. Zabiegi polegające na zamykaniu drobnych naczyń krwionośnych popularnie zwanych „pajęczkami” należą do najczęściej wykonywanych zabiegów w gabinetach flebologicznych i medycyny estetycznej. Większość zgłaszających się na zabieg pacjentów, głównie kobiet, nie akceptuje zmian naczyniowych pojawiających się na kończynach dolnych i powodem poddania się terapii jest poprawa ich wyglądu⁽²⁾.

Zmiany naczyniowe występujące na nogach związane są z nieprawidłowościami w układzie żylnym powierzchownym położonym nadpowięziowo. Etiologia tych zaburzeń jest złożona. Jako najczęstsze przyczyny zaburzeń żylnych wskazuje się czynniki genetyczne, hormonalne, otyłość, tryb życia, ciążę. W wyniku działania tych czynników dochodzi do niewydolności zastawek żylnych i perforatorów, co powoduje zaleganie krwi w naczyniach oraz nadciśnienie żyłne i skutkuje poszerzeniem naczyń. W układzie żylnym powierzchownym wyróżniamy dwie żyły główne: odpiszczelową i odstrzałkową oraz liczne żyły łączące (perforatory) i drobne naczynia krwionośne⁽³⁾. W celu usystematyzowania naczyń tworzących powierzchowny układ żylny zasadne wydaje się posługiwanie klasyfikacją, która wyróżnia pięć typów naczyń⁽⁴⁾. Typ I stanowią czerwone naczynia o średnicy do 1 mm, czyli teleangiektazje. Do typu IA zaliczamy bardzo małe, czerwone naczynia, których średnica jest mniejsza niż 0,2 mm. Naczynia te mają charakter wtórny (pojawiają się u części pacjentów po wykonywanych zabiegach) i określane są zgodnie z ich angielską nazwą jako *matting*. Typ II to fioletowe naczynia o średnicy 1–2 mm, które wystają nad powierzchnię skóry. Do typu III zaliczamy naczynia siatkowate, inaczej nazywane naczyniami retikulumnymi, o zabarwieniu zielono-niebieskim i średnicy 2–4 mm. Typ IV stanowią żyłki niezwiązane z żyłą odpiszczelową o średnicy 3–8 mm. Typ V to żyłki żyły odpiszczelowej i odstrzałkowej o kolorze niebieskim lub niebiesko-zielonym i średnicy powyżej 8 mm.

Poszerzone naczynia krwionośne na nogach możemy zlikwidować za pomocą skleroterapii lub różnego typu zabiegów laserowych. Niestety, skuteczność zabiegów nie zawsze jest zadowalająca^(2,5), co wynika z dość skomplikowanej budowy układu żylnego, ograniczeń metod stosowanych do zamykania naczyń żylnych, jak również braku metody pozwalającej na dokładne obrazowanie przebiegu naczyń poddawanych zabiegowi. Szczególnie brakuje narzędzi umożliwiających obrazowanie przebiegu drobnych naczyń krwionośnych. W tej sytuacji zasadne jest poszukiwanie metody, która pozwoliłaby na dokładne obrazowanie układu żylnego, a tym samym przyczyniała się do poprawy skuteczności wykonywanych zabiegów. Użytecznym narzędziem do obrazowania drobnych naczyń krwionośnych ma szansę stać się ultrasonografia wysokich częstotliwości (*high frequency ultrasound*, HFU).

Na potrzeby niniejszej pracy zdjęcia ultrasonograficzne zostały wykonane przy użyciu aparatów wysokich

Vascular problems in the lower limbs occur very frequently. It is estimated that problems with the venous system of the lower extremities concern approximately 40–50% of the population⁽¹⁾. Unsightly appearance of the legs with multiple telangiectasias and dilated reticular vessels not only constitutes an aesthetic problem, but may also lead to severe health conditions. The procedures consisting in closing small vessels, commonly known as “spider veins,” belong to the most popular treatments performed in phlebological and aesthetic medicine clinics. The majority of patients, mainly women, do not accept the developing vascular changes appearing in the lower extremities and thus, the main reason for treatment is the improvement of their appearance⁽²⁾.

Vascular changes occurring in the legs are associated with anomalies in the superficial, epifascial venous system. The etiology of these disorders is complex. It is indicated that the most common causes of venous disorders encompass genetic and hormonal factors as well as obesity, lifestyle and pregnancy. These factors lead to the insufficiency of the venous valves and perforators, which makes the blood collect in the vessels as well as causes venous hypertension and results in dilatation of the vessels. We distinguish two main veins in the superficial venous system: great and small saphenous veins as well as multiple perforator veins and small blood vessels⁽³⁾. In order to systematize the vessels that make up the superficial venous system, it appears to be appropriate to use a classification which distinguishes five types of vessels⁽⁴⁾. Type I comprises red vessels with the diameter of 1 mm, i.e. telangiectasias. Type IA includes very small red vessels whose diameter is lower than 0.2 mm. These vessels have a “secondary” character (they appear in patients following treatments) and are referred to as *matting*. Type II encompasses purple vessels with the diameter of 1–2 mm which are raised above the skin surface. Type III includes reticular vessels with green and blue coloring and the diameter of 2–4 mm. Type IV comprises varicose veins with 3–8 mm in diameter, unrelated to the vena saphena magna. Finally, type V includes varicose veins of the vena saphena magna and parva with blue or blue-green color and diameter above 8 mm.

The dilated blood vessels in the legs may be eliminated by means of sclerotherapy or various laser treatments. Unfortunately, the efficacy of such procedures is not always satisfactory^(2,5), which is a consequence of a complex structure of the venous system, constraints of the methods used to close venous vessels and the lack of a method which would enable accurate imaging of the course of the vessels to be treated. In particular, we lack tools enabling imaging of the course of the small blood vessels. In such a situation, it is desirable to search for a method that would allow for accurate imaging of the venous system and thereby, contribute to the efficacy of the performed procedures. High-frequency ultrasound (HFU) has a chance to become a useful tool in imaging of small blood vessels.

For the purposes of this paper, the ultrasound images have been obtained by means of high-frequency equipment,

częstotliwości, tj. Episcan z głowicą mechaniczną 50 MHz (Longport International, Wielka Brytania, USA), DermaView z głowicą mechaniczną 48 MHz (Dramiński, Polska), Sonix z elektroniczną głowicą typu *linear array* 40 MHz (Ultrasonix, Kanada).

Obrazowanie powierzchownego układu żylnego

Zabiegi polegające na likwidowaniu drobnych naczyń krwionośnych na kończynach dolnych nie są łatwe do wykonania i osiągnięcie rezultatów satysfakcjonujących pacjentów bywa bardzo trudne. W tej sytuacji konieczna jest właściwa diagnostyka, zlokalizowanie problemu oraz dobranie właściwej metody likwidowania naczyń.

W przypadku pacjentów oczekujących likwidacji drobnych naczyń krwionośnych konieczne jest przeprowadzenie wyczerpującego wywiadu, w wyniku którego należy zdobyć informacje dotyczące występowania problemów naczyniowych w rodzinie, stylu życia, przebytych chorób oraz ewentualnych objawów i dolegliwości, które mogą wskazywać na istnienie przewlekłej niewydolności żylniej. Kolejnym etapem jest wykonanie klasycznego badania ultrasonograficznego (USG) metodą Dopplera przy zastosowaniu szerokopasmowych głowic liniowych o częstotliwości 5–12 MHz. Badanie dopplerowskie odgrywa bardzo ważną rolę w ustalaniu właściwego rozpoznania i zaplanowaniu dalszego leczenia. Zdaniem Weissa wykonanie USG dopplerowskiego jest tak samo niezbędne, jak używanie stetoskopu w rutynowym badaniu lekarskim⁽⁶⁾. USG metodą Dopplera pozwala ocenić drożność i wydolność żyły odpiszczelowej i strzałkowej oraz zlokalizować niewydolne żyły i perforatory. W sytuacji gdy badanie wykaże niewydolność żyły odpiszczelowej lub odstrzałkowej, pacjent w pierwszej kolejności musi wyleczyć niewydolność – dopiero później można zająć się likwidowaniem drobnych naczyń krwionośnych. Zamykanie teleangiektazji i żył siatkowatych przy niewydolnych głównych żyłach układu powierzchownego nie ma sensu, gdyż zabieg może okazać się zupełnie nieskuteczny.

Ultrasonografia dopplerowska pozwala na zobrazowanie dużych naczyń i perforatorów, które zazwyczaj położone są w głębszych partiach tkanki podskórnej (ryc. 1). Niestety, za pomocą ultrasonografii klasycznej nie jesteśmy w stanie obrazować mniejszych naczyń. Do obrazowania mniejszych naczyń, położonych płytko pod naskórkiem i w górnej części tkanki podskórnej wykorzystuje się HFU (ryc. 1). Dzięki zastosowaniu głowic o częstotliwości wyższej niż 20 MHz uzyskujemy obraz ultrasonograficzny o wysokiej rozdzielczości, na którym można różnicować obiekty mniejsze niż 0,1 mm. Wraz ze wzrostem rozdzielczości dochodzi jednak do zmniejszenia głębokości penetracji wiązki ultradźwiękowej w głąb skóry. W związku z tym, w zależności od zastosowanej głowicy i aparatu, uzyskujemy penetrację w głąb skóry maksymalnie do około 20–30 mm. Taka penetracja przy jednoczesnej wysokiej rozdzielczości obrazu umożliwia ocenę nawet bardzo drobnych naczyń (ryc. 2). W trakcie badania z zastosowaniem głowicy wysokiej częstotliwości można dokładnie ocenić przebieg i położenie drobnych naczyń w skórze. Ma to ogromne znaczenie dla wyboru metody zamykania naczyń i planowania

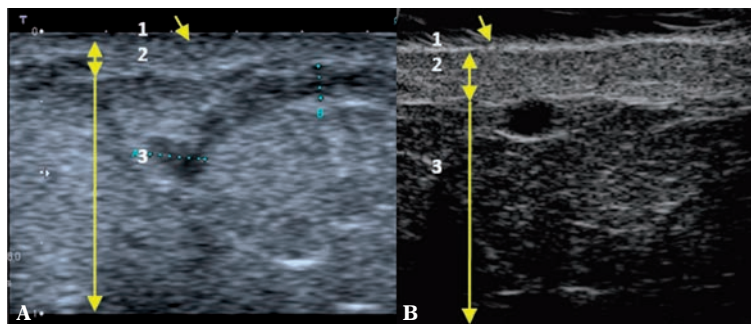
i.e. Episcan with a mechanical transducer of 50 MHz (Longport International, Great Britain, USA), DermaView with a mechanical transducer of 48 MHz (Dramiński, Poland) and Sonix with an electronic linear array transducer with the frequency of 40 MHz (Ultrasonix, Canada).

Imaging of the superficial venous system

The procedures aiming at eliminating small blood vessels in the lower limbs are not easy and obtaining the outcomes satisfactory for patients may be difficult. In such a situation, an adequate diagnostic process, localizing the problem and selecting an appropriate treatment method are essential.

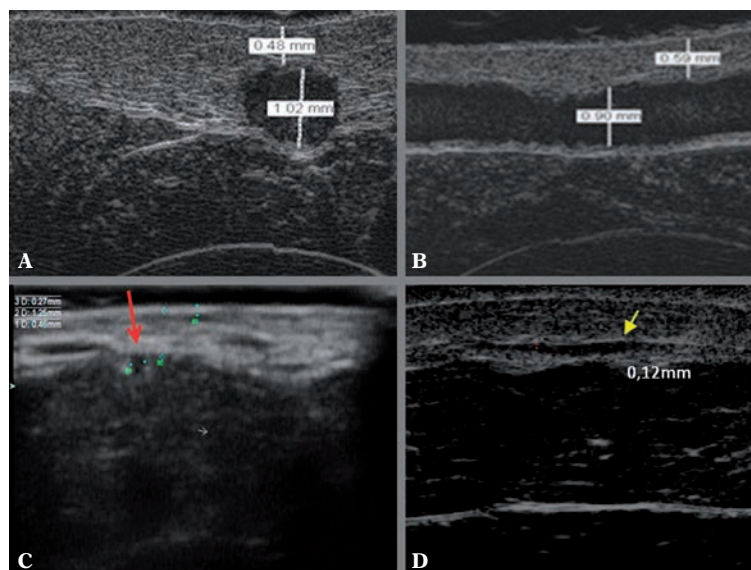
In the case of patients awaiting the elimination of small blood vessels, it is necessary to perform an exhaustive interview and obtain information concerning the incidence of vascular problems in the family, patient's lifestyle, history of diseases and possible symptoms and ailments which may indicate the presence of chronic venous insufficiency. Another step is Doppler ultrasound (US) examination with the use of broadband linear array transducers with the frequency of 5–12 MHz. Doppler examination plays a vital role in establishing a correct diagnosis and planning further treatment. According to Weiss, Doppler US is as essential as using a stethoscope in a routine physical examination⁽⁶⁾. Such an examination enables to assess the patency and sufficiency of the great and small saphenous veins as well as allows for a localization of incompetent veins and perforators. If the examination reveals insufficiency of the great and small saphenous veins, it must be first treated and only then the small vessels may be eliminated. Closing of telangiectasias and reticular veins with concomitant insufficiency of the main veins of the superficial system is useless because the procedure may occur completely ineffective.

Doppler sonography enables imaging of large vessels and perforators which are usually located in the deeper layers of the subcutaneous tissue (fig. 1). Unfortunately, conventional sonography is not capable of imaging smaller vessels. In order to visualize smaller vessels located near the surface of the epidermis and in the upper layer of the subcutaneous tissue, HFU is used (fig. 1). Thanks to the usage of transducers with frequencies higher than 20 MHz, a high resolution ultrasound image is obtained in which we may differentiate between structures that are smaller than 0.1 mm. However, the higher the resolution, the shallower the penetration of the ultrasound beam into the skin layers. Therefore, depending on the transducer and apparatus, it is possible to penetrate the skin to the depth of max. 20–30 mm. Such a penetration, together with high image resolution, enables the assessment of even very small blood vessels (fig. 2). During the examination with the use of high-frequency transducers, one may precisely assess the course and location of the small vessels in the skin. This is particularly relevant for the selection of the vessel closing method and planning the procedure since in practice, the surface of the skin very often shows solely



Ryc. 1. Ultrasonograficzny obraz powierzchniowego układu żylnego. Na obrazach oznaczono warstwy skóry: 1 – echo od naskórka, 2 – skóra właściwa, 3 – tkanka podskórna. **A.** Ultrasonografia klasyczna – ultrasonograf Toshiba Aplio z głowicą liniową 18 MHz. **B.** Ultrasonografia wysokich częstotliwości – DermaView z głowicą mechaniczną 48 MHz

Fig. 1. Ultrasound presentation of the superficial venous system. The images present the skin layers: 1 – epidermal echo, 2 – dermis, 3 – subcutaneous tissue. **A.** Conventional sonography – Toshiba Aplio apparatus with a linear transducer of 18 MHz. **B.** High-frequency ultrasound – DermaView with a mechanical transducer of 48 MHz



Ryc. 2. Ultrasonograficzny obraz wysokich częstotliwości drobnych naczyń krwionośnych: **A.** telangiektazja w przekroju poprzecznym – ultrasonograf Episcan z głowicą 50 MHz; **B.** telangiektazja w przekroju podłużnym – ultrasonograf Episcan z głowicą 50 MHz; **C.** telangiektazje – ultrasonograf Sonix z głowicą elektroniczną typu linear array 40 MHz; **D.** telangiektazja matting – aparat DermaView z głowicą 48 MHz

Fig. 2. High-frequency ultrasound examination of small blood vessels: **A.** telangiectasias in a transverse view – Episcan apparatus with a transducer of 50 MHz; **B.** telangiectasias in a longitudinal view – Episcan apparatus with a transducer of 50 MHz; **C.** telangiectasias – Sonix apparatus with an electronic linear array transducer of 40 MHz; **D.** telangiectatic matting – DermaView apparatus with a transducer of 48 MHz

zabiegu, gdyż w praktyce bardzo często na powierzchni skóry widać tylko nieliczne naczynia lub niewielki fragment naczynia – dopiero po wykonaniu badania USG można ocenić ich rzeczywistą ilość i przebieg. W celu skutecznego zamknięcia naczynia konieczne jest jego wyłączenie na całej długości – nie można ograniczać się do fragmentu widocznego „gołym okiem” na skórze, gdyż zamknięcie tylko niewielkiego fragmentu naczynia będzie skutkowało jego szybką rekanalizacją⁽⁷⁾. Bardzo często naczynie widoczne na skórze zmienia swój przebieg, staje się bardziej kręte i schodzi do głębszych partii skóry⁽⁸⁾, dlatego przystępując do zabiegu, należy rzetelnie poznać jego przebieg, a także określić perforatory. HFU umożliwia również obrazowanie perforatorów pomiędzy

a small number of vessels or a slight fragment of a vessel – only after US examination may we determine their actual number and course. For an effective closing of the vessel, it is necessary to do it on its entire length. It must not be limited to the fragment seen “with the naked eye” on the surface of the skin since closing of the fragment will cause its swift recanalization⁽⁷⁾. Frequently, the vessel visible on the surface of the skin changes its course, becomes more tortuous and travels to the deeper layers of the skin⁽⁸⁾. Therefore, the vein’s course and the perforators should be well-known and determined prior to the procedure. HFU also enables imaging of the perforators between small vessels. Furthermore, apart from the

niedużymi naczyniami. Na ultrasonograficznym obrazie drobnych naczyń krwionośnych oprócz oceny przebiegu i anatomii można także wyznaczyć, korzystając z oprogramowania aparatu, podstawowe parametry, tj. średnicę naczynia, grubość ściany naczynia, głębokość położenia w skórze, występowanie lub brak przepływu w świetle naczynia⁽⁶⁾ (ryc. 3). Dzięki wprowadzeniu na rynek przez firmę Ultrasonix wieloelementowej, elektronicznej głowicy o częstotliwości 40 MHz możliwe jest również obrazowanie przepływu w naczyniach z opcją kolorowego dopplera (ryc. 4).

Zabiegi likwidujące drobne naczynia

Obecnie drobne naczynia krwionośne zamykane są za pomocą mikroskleroterapii, zabiegów laserowych przezskórnych, jak również zabiegów mikroendowaskularnych⁽⁷⁾.

Zabiegi laserowe

Zabiegi laserowe polegające na przezskórnym zamykaniu naczyń stają się coraz popularniejsze. Istotą tych zabiegów jest działanie na naczynie energią świetlną, która wychwytywana jest przez hemoglobinę zawartą w erytrocytach i zamieniana w energię ciepłą, co prowadzi do przegrzania ściany naczynia i jego koagulacji. O ile w przypadku drobnych teleangiektazji efekt może być widoczny natychmiast, o tyle w przypadku żył siatkowatych do zamknięcia naczynia

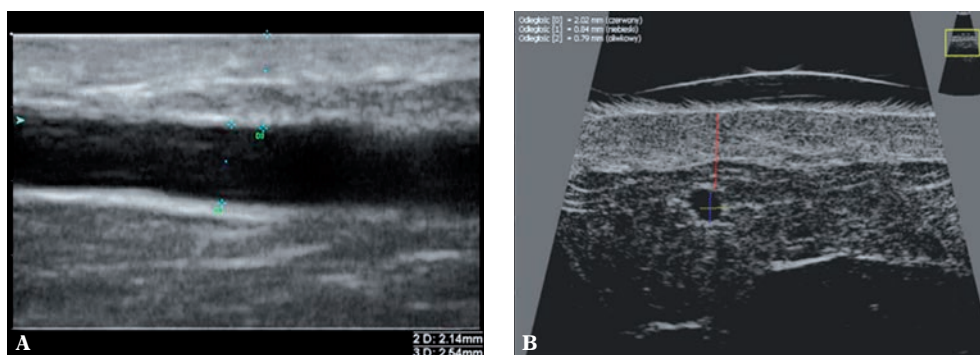
assessment of the course and anatomy, ultrasound image, thanks to the ultrasound software, also enables to determine the basic parameters such as the vessel's diameter, thickness of its wall, depth in the skin as well as presence or absence of perfusion inside the vessel⁽⁶⁾ (fig. 3). Thanks to the multi-element electronic transducer with the frequency of 40 MHz introduced to the market by Ultrasonix, it is also possible to visualize perfusion in the vessels in the color Doppler mode (fig. 4).

Treatments eliminating small blood vessels

Currently, small blood vessels are closed by means of microsclerotherapy, surface laser treatments as well as micro-endovascular procedures⁽⁷⁾.

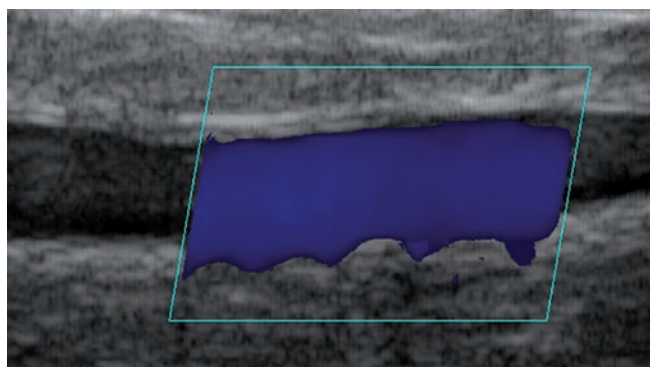
Laser therapy

Laser treatments consisting in a transcutaneous closing of the vessels are becoming more and more popular. The essence of these treatments lies in sending a light beam onto the vessel, which is absorbed by hemoglobin contained in erythrocytes and transformed into heat energy. This leads to heating of the vessel wall and its coagulation. Whereas in slight telangiectasias, the effect is obtained immediately, in reticular veins, the closing occurs several weeks following the procedure⁽⁹⁾.



Ryc. 3. Pomiar głębokości położenia naczynia w skórze oraz średnicy naczynia na ultrasonograficznym obrazie wysokich częstotliwości: **A.** Sonix z głowicą elektroniczną typu linear array 40 MHz; **B.** aparat DermaView z głowicą 48 MHz

Fig. 3. Measuring the depth of the vessel in the skin and its diameter in high-frequency ultrasound image: **A.** Sonix apparatus with an electronic linear array transducer of 40 MHz; **B.** DermaView apparatus with a transducer of 48 MHz



Ryc. 4. Obrazowanie przepływu z opcją kolorowego dopplera w naczyniu siatkowatym – ultrasonograf Sonix z głowicą elektroniczną typu linear array 40 MHz

Fig. 4. Perfusion imaging in a color Doppler mode in a reticular vessel – Sonix apparatus with an electronic linear array transducer of 40 MHz

dochodzi w kilka tygodni po zabiegu⁽⁹⁾. Skuteczność zabiegu uwarunkowana jest odpowiednim doбором parametrów zabiegowych. Ogromne znaczenie ma określenie głębokości położenia naczynia w skórze oraz jego średnicy. Te dwa parametry mogą być dokładnie wyznaczone przez HFU i w oparciu o uzyskane z badania USG dane dobierany jest typ lasera, a także – co się z tym wiąże – długość fali, czas trwania impulsu, średnica plamki zabiegowej oraz gęstość energii⁽⁷⁾. HFU w przypadku zabiegów laserowych jest również użyteczna jako metoda monitorująca poprawność wykonania zabiegu i jego skuteczność. Już w trakcie zabiegu za pomocą USG można sprawdzić, czy energia laserowa jest dostarczana do naczynia – jego średnica od razu powinna się zmniejszać (ryc. 5). W sytuacji gdy taki efekt nie następuje, należy zweryfikować parametry zabiegowe i sprawdzić, czy głowica laserowa jest właściwie ułożona na skórze. HFU służy również do oceny skuteczności wykonanych zabiegów. Parametrami użytecznymi w tym zakresie są występowanie lub brak przepływu w naczyniu, obecność lub brak skrzepliny w świetle naczynia, średnica naczynia, grubość ściany naczynia.

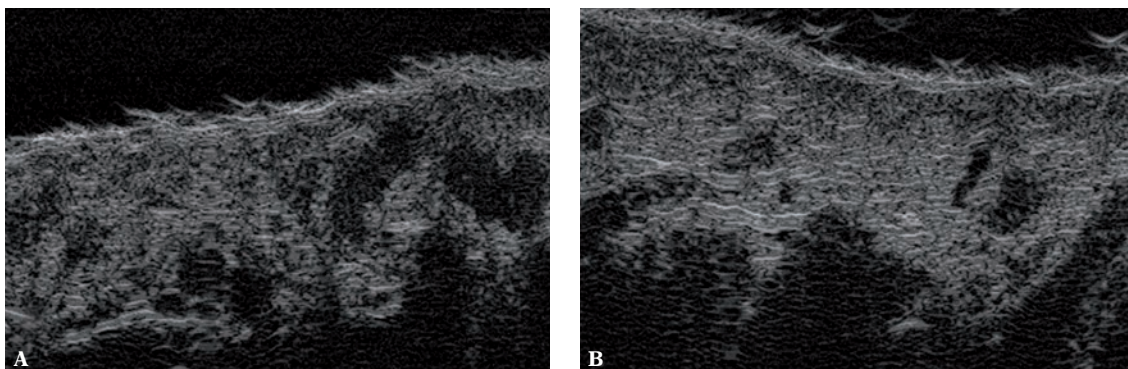
Skleroterapia

Skleroterapia to metoda zamykania naczyń w wyniku podania do światła naczynia chemicznego środka obliterującego. Obecnie skleroterapia jest powszechnie stosowana, cechują ją przede wszystkim niskie koszty oraz stosunkowa łatwość wykonania. Skleroterapia dedykowana jest przede wszystkim do zamykania żył siatkowatych o średnicy powyżej 3 mm, ale może być również stosowana do mniejszych naczyń⁽¹⁰⁾. Jest utrudniona w przypadku naczyń o średnicy mniejszej niż 3 mm – ciężko wkłuć się do światła naczynia, co zwiększa ryzyko powstania powikłań⁽⁷⁾. W tej sytuacji pomocna okazuje się HFU, która pozwala na dokładne zobrazowanie przebiegu naczynia, które ma być poddane zabiegowi, a następnie wykonanie zabiegu pod jej kontrolą (ryc. 6). W tym przypadku ryzyko podania środka obliterującego poza światło naczynia, a tym samym martwicy, zostało dzięki ultrasonografii wyeliminowane. Badania ultrasonograficzne wysokich częstotliwości służą również do monitorowania skuteczności zabiegu.

The efficacy of the therapy depends on adequate selection of the treatment parameters. Determining the location of the vessels in the skin layers and their diameters are of great significance. These two parameters may be accurately specified in HFU. Based on US findings, the type of laser is selected, which entails the selection of wave length, pulse width, diameter of the spot size and pulse energy⁽⁷⁾. In laser therapy, HFU is also useful as a method for monitoring the correctness of the treatment and its effectiveness. During the procedure, US may help to ensure that the laser energy reaches the vessel – its diameter should decrease at once (fig. 5). When such an effect is not detected, the treatment parameters should be verified. Additionally, it should be checked whether the laser head is adequately applied to the skin. HFU is also used for assessing the effectiveness of performed procedures. The useful parameters in such an assessment are: presence or lack of perfusion in the vessel, presence or absence of a thrombus in the vessel's lumen, diameter of the vessel and thickness of its wall.

Sclerotherapy

Sclerotherapy is a technique of closing vessels as a result of injecting them with a chemical sclerosant. At present, it is commonly applied and is characterized by, above all, low costs and the fact that it is relatively easy to perform. Sclerotherapy is primarily indicated for closing reticular veins that are greater than 3 mm but may also be applied if the vessels are smaller⁽¹⁰⁾. In the case of vessels smaller than 3 mm, it is more difficult to insert a needle to their lumina, which increases the risk of complications⁽⁷⁾. In such a situation, HFU occurs to be helpful. It allows for accurate visualization of the vessel's course and, subsequently, facilitates the performance of the procedure with US-guidance (fig. 6). Thus, thanks to ultrasonography, the risk of administering the sclerosant beyond the vessel's lumen, which entails necrosis, has been eliminated. High-frequency ultrasound imaging may also be used to monitor the efficacy of the procedure.



Ryc. 5. Ultrasonograficzne monitorowanie przezskórne zamykania naczyń laserem: **A.** naczynia przed rozpoczęciem zabiegu; **B.** naczynia po wykonanym zabiegu z widocznie zmniejszoną średnicą

Fig. 5. Ultrasound guidance of transcutaneous laser closing of the vessel: **A.** before the procedure; **B.** after the procedure – visibly decreased diameter of the vessels

Zabieg mikroendowaskularny

Zabieg mikroendowaskularny stanowi przeniesienie technik wewnątrzżylnych stosowanych w leczeniu niewydolności dużych żył układu powierzchownego do skali mikro; metodę tę stosuje się w zamykaniu żył siatkowatych i teleangiektazji. Istota zabiegu polega na wkluciu do światła naczynia sterylnego światłowodu laserowego i koagulacji naczynia w wyniku podania energii laserowej^(7,11). Prawidłowe wykonanie zabiegu wymaga jego ultrasonograficznego monitorowania w wysokich częstotliwościach. Dzięki ultrasonograficznemu obrazowaniu możliwa jest ocena przebiegu i anatomii naczynia, poprawności wprowadzenia włókna światłowodowego do naczynia (ryc. 7), przebiegu koagulacji naczynia oraz skuteczności wykonania zabiegu.

Podsumowanie

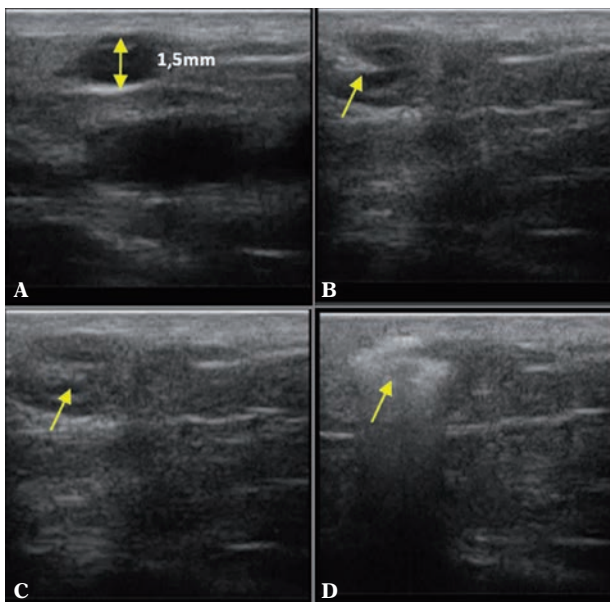
W niniejszej pracy przedstawiono problematykę dotyczącą zastosowania HFU w obrazowaniu i zamykaniu drobnych naczyń żylnych, tj. teleangiektazji i żył siatkowatych. Wprowadzenie głowic o częstotliwościach powyżej 20 MHz stworzyło możliwość ultrasonograficznego obrazowania naczyń położonych w skórze właściwej i tkance podskórnej, niedostępnego przy zastosowaniu głowic klasycznych, jak również innych metod. Ultrasonografia jako metoda obrazowania drobnych naczyń spełnia oczekiwania chirurgów i flebologów, którzy do tej pory pozbawieni byli możliwości oceny drobnych naczyń krwionośnych. Stosowane diafanoskopy – podświetlacze miały ograniczone zastosowanie, gdyż

Micro-endovascular procedure

Micro-endovascular procedure is an endovenous technique which was primarily used for the treatment of insufficiency of large veins in the superficial system and which has been adapted for smaller veins. It is currently used in closing reticular veins and telangiectasias. The procedure consists in inserting a sterile laser optical fiber and inducing coagulation of the vessels as a result of laser energy^(7,11). It requires high-frequency ultrasound-guidance. Owing to ultrasound imaging, it is possible to assess the vessel's course and anatomy, accurate insertion of the optical fiber to the vessels (fig. 7), coagulation of the vessel and efficacy of the procedure.

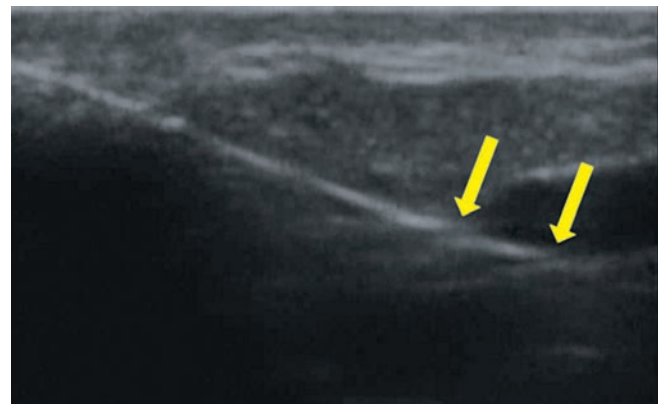
Conclusion

This paper has presented the subject-matter related to the application of HFU in imaging and closing of small venous vessels, i.e. telangiectasias and reticular veins. The introduction of high-frequency transducers of above 20 MHz made it possible to visualize the vessels located in the dermis and subcutaneous tissue, which is not feasible with the use of conventional probes or other methods. Sonography as a method of small vessel imaging fulfills the expectations of surgeons and phlebologists who, until now, have been deprived of the possibility to evaluate small blood vessels. Diaphanosopes (transilluminators) had limitations since they only enabled to assess the course of shallow vessels⁽¹²⁾ without the possibility to



Ryc. 6. Ultrasonograficzne monitorowanie skleroterapii: **A.** naczynia przed skleroterapią; **B.** wprowadzenie igły do światła naczynia; **C.** podawanie środka obliterującego; **D.** naczynie wypełnione środkiem obliterującym

Fig. 6. Ultrasound guidance in sclerotherapy: **A.** before sclerotherapy; **B.** introducing the needle to the lumen; **C.** administering a sclerosant; **D.** vessel filled with the sclerosant



Ryc. 7. Ultrasonograficzne monitorowanie poprawności wprowadzenia włókna laserowego do światła naczynia w trakcie wykonywania zabiegu mikroendowaskularnego

Fig. 7. Micro-endovascular procedure. Ultrasound guidance during the introduction of a laser optical fiber into the vessel's lumen

pozwalają jedynie na ocenę przebiegu płytko położonych naczyń⁽¹²⁾, bez możliwości oceny głębokości umiejscowienia naczyń oraz jego średnicy. Tymczasem możliwość oceny przebiegu naczyń oraz pomiar ich średnicy i głębokość położenia w skórze warunkują wybór metody terapeutycznej, a tym samym przyczyniają się do poprawy skuteczności wykonywanych zabiegów i zmniejszają ryzyko powikłań. W przypadku zabiegów laserowych obraz ultrasonograficzny warunkuje wybór lasera, który zostanie użyty do zabiegu, jak również parametry zabiegowe⁽⁷⁾. Ultrasonografia jest również niezwykle użyteczna jako metoda służąca do monitorowania przebiegu zabiegów likwidujących naczynia. W przypadku niektórych zabiegów, np. mikroendowaskularnego, ich wykonanie bez ultrasonograficznego monitorowania byłoby praktycznie niemożliwe, podobnie jak przeprowadzenie mikroskleroterapii bez ultrasonograficznego obrazowania małych naczyń. Wykonywanie mikroskleroterapii bez kontroli ultrasonograficznej obarczone jest dużym ryzykiem powstania powikłań w postaci martwicy spowodowanej podaniem środka obliterującego poza światło naczynia.

Ultrasonografia wysokich częstotliwości, jak wykazano powyżej, jest użyteczną metodą w obrazowaniu drobnych naczyń krwionośnych. Ze względu na stosunkowo niewielki koszt badania i aparatury wysokich częstotliwości w porównaniu z innymi metodami, tj. tomografią czy rezonansem magnetycznym, bezinwazyjność, mobilność, łatwość wykonania oraz możliwość powtarzania badań przy zachowanym bezpieczeństwie pacjenta HFU ma szansę się upowszechnić i wejść do codziennego użycia.

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.

Piśmiennictwo/References

- Munavalli GS, Weiss RA: Objawy chorób żył. In: Alam M, Nguyen TH (eds.): Leczenie chorób żył kończyn dolnych. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2009: 11–25.
- Rohrer TE, Geronemus RG, Berlin AL: Zmiany naczyniowe. In: Goldberg DJ (ed.): Lasery i światło. Vol. 1, Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2009: 1–16.
- Somjen GM: Anatomy of the superficial venous system. *Dermatol Surg* 1995; 21: 35–45.
- Weiss AR, Weiss MA: Painful telangiectasias: diagnosis and treatment. In: Bergan JJ, Goldman MP (eds.): Varicose Veins and Telangiectasias: Diagnosis and Treatment. Quality Medical Publishing, Inc., St. Louis 1993: 389–406.
- McCoppin HH, Hovenic WW, Wheeland RG: Laser treatment of superficial leg veins: a review. *Dermatol Surg* 2011; 37: 729–741.
- Weiss RA: Badanie pacjenta: wywiad i badanie przedmiotowe. In: Alam M, Nguyen TH (eds.): Leczenie chorób żył kończyn dolnych. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2009: 27–41.
- Młosek R: Przydatność badań ultrasonograficznych w zamykaniu drobnych naczyń krwionośnych. In: Młosek R: Obrazowanie skóry i tkanki podskórnej za pomocą ultrasonografii klasycznej oraz ultrasonografii wysokich częstotliwości i jego przydatność w kosmetologii i medycynie estetycznej. Oficyna Wydawnicza Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Warszawa 2012: 133–154.
- Hsu J, Bhatia A, Weiss R: Naczynia żyłne kończyn dolnych. In: Goldberg DJ (ed.): Lasery i światło. Vol. 1, Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2009.
- Bogle M, Sadick N: Zabiegi laserowe. In: Alam M, Nguyen TH (eds.): Leczenie chorób żył kończyn dolnych. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2006: 101–118.
- Duffy DM: Skleroterapia. In: Alam M, Nguyen TH (eds.): Leczenie chorób żył kończyn dolnych. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2006: 67–99.
- Sznelowski P, Rybak W: Światłoterapia wysokoenergetyczna we flebologii. In: Rybak Z (ed.): Flebologia – co nowego? Cornetis, Wrocław 2012: 191–197.
- Pszenny C: Problemy naczyniowe kończyn dolnych. In: Mamcarz B, Prandecka D (eds.): Medycyna estetyczna w praktyce. Vol. 1, Medical Education Sp. z o.o., Warszawa 2010: 133–142.

specify their exact location or diameter. However, the possibility to assess the course of vessels, measure their diameters and specify their location in the skin contributes to the selection of a therapeutic method. Thereby, these factors enhance the efficacy of the selected procedure and reduce the risk of complications. In the case of laser treatments, ultrasound images facilitate the selection the laser for a procedure and enable to determine the treatment parameters⁽⁷⁾. Sonography is also useful as a method of monitoring the procedures that aim at elimination of the vessels. Without ultrasound imaging, the performance of certain procedures would not be feasible, for instance, micro-endovascular procedures without ultrasound guidance or microsclerotherapy without ultrasound imaging of the small vessels. The latter procedure performed without ultrasound guidance is burdened with a large risk of complications in the form of necrosis caused by administering the sclerosant beyond the vessel's lumen.

As has been shown above, high-frequency ultrasonography is a useful method in imaging of small blood vessels. Due to a relative low cost of the examination or of high-frequency equipment as compared with other methods, such as computed tomography or magnetic resonance imaging, as well as because of its non-invasive character, mobility, relatively easy scanning technique and possibility to repeat examinations safely for the patients, HFU has a chance to become a more widely used routine examination.

Conflict of interest

Authors do not report any financial or personal links with other persons or organizations, which might affect negatively the content of this publication and/or claim authorship rights to this publication.