

Otrzymano:
27.09.2020
Zaakceptowano:
07.10.2020
Opublikowano:
18.12.2020

Użyteczność badania dopplerowskiego w medycynie estetycznej

Usefulness of Doppler sonography in aesthetic medicine

Dominika Jaguś¹, Ewa Skrzypek², Bartosz Migda¹, Witold Woźniak³, Robert Krzysztof Mlosek¹

¹ Zakład Diagnostyki Ultrasonograficznej Wydziału Medycznego, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska

² Studium Historii Medycyny, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska

³ I Katedra i Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyniowej Wydziału Lekarskiego, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska

Adres do korespondencji: Robert Krzysztof Mlosek, Zakład Diagnostyki Ultrasonograficznej Wydziału Medycznego, Warszawski Uniwersytet Medyczny, ul. Kondratowicza 8, 03-242 Warszawa; tel.: +48 601 355 236, e-mail: mdchris@poczta.onet.pl

DOI: 10.15557/JoU.2020.0047

Słowa kluczowe

doppler,
ultrasonografia,
skóra,
medycyna estetyczna,
powikłania

Keywords

doppler,
ultrasonography,
skin,
aesthetic medicine,
complications

Abstract

Introduction: In recent years, ultrasonography has been used in an increasing number of fields, such as dermatology, aesthetic medicine and cosmetology. For skin imaging, research has shown the usefulness of both classic scanners equipped with linear transducers, and high-frequency scanners with mechanical transducers. An increasing number of reports indicating high usefulness of Doppler sonography have been published recently. The aim of this study was to assess the usefulness of high-frequency Doppler imaging in the diagnosis of vascular complications after aesthetic procedures using tissue fillers. **Materials and methods:** A total of 12 women aged 19–48 years (mean age 36.08 years) who had undergone hyaluronic acid treatment were included in the study group. Ultrasound scans were performed using standard ultrasound scanners, i.e. Philips Epiq 5 with a linear transducer and Samsung RS85 with linear transducers and Doppler Microflow Imaging option. Ultrasound scans were performed to assess the presence of blood flow using Color Power Doppler (CPA). Pulsed-Wave Doppler was used only for arteries. If no blood flow was recorded with Color Power Doppler, Microflow Imaging was used. **Results:** Doppler ultrasound showed normal blood flow despite reported symptoms in 3 cases. Vascular stenosis was found in 2 patients. In the other 7 patients, Doppler ultrasound showed no blood flow at the sites where complications developed. **Conclusions:** Skin ultrasound with Doppler options is a useful tool in the diagnosis of aesthetic medicine complications.

Wstęp

Obrazowanie skóry jest stosunkowo nową, prężnie rozwijającą się dziedziną ultrasonografii. Jej rozwój jest skorelowany z rozwojem technologii obrazowania. Nie mniejszą rolę odgrywają również rozwój medycyny estetycznej i potrzeba przeprowadzania zabiegów w sposób bezpieczny i efektywny dla pacjenta, jak również diagnozowania i leczenia ewentualnych powikłań. W ostatnich latach pojawiało się coraz więcej prac na temat zastosowania ultrasonografii na gruncie dermatologii, jaki również w medycynie estetycznej⁽¹⁾. Autorzy niniejszych prac wykazali w badaniach skóry użyteczność zarówno aparatów klasycznych wyposażonych w głowice liniowe, jak i aparatów wysokich częstotliwości z głowicami mechanicznymi^(1,2). Badania z zastosowaniem opcji dopplerowskich stwarzają nowe możliwości diagnostyczne w badaniach skóry zdrowej oraz w przypadku patologii^(3,4). W badaniu przepływów naczyniowych w skórze i tkance podskórnej zastosowanie znajdują: doppler kolorowy (*color Doppler*, CD), doppler mocy (*color power angio*, CPA), doppler pulsacyjny (*pulsed wave*, PW) oraz doppler mikroprzepływów (*microflow imaging*, MFI). Najnowszą opcją, która poszerza możliwości diagnostyczne, służącą badaniu naczyń, jest obrazowanie MFI. Jest ona dostępna tylko w wysokiej klasy ultrasonografach klasycznych. MFI to oprogramowanie do obrazowania dopplerowskiego na bazie CPA w trybie detekcji bardzo drobnych przepływów o małej energii (mikroprzepływów), o prędkości przepływu poniżej 2 cm/s. Umożliwia ono detekcję przepływów w naczyniach o średnicy poniżej 1 mm. W trybie obrazowania MFI oprócz standardowego widoku obrazu 2D i dopplera jednocześnie istnieje możliwość wycięcia obrazu 2D w bramce dopplera i pozostawienia tylko widoku naczyń na ciemnym tle, co dodatkowo wpływa na lepszą wizualizację naczyń kapilarnych^(5,6).

Celem niniejszej pracy jest ocena użyteczności badań wysokich częstotliwości z opcjami dopplerowskimi w diagnozowaniu powikłań naczyniowych po zabiegach medycyny estetycznej z wykorzystaniem wypełniaczy tkankowych.

Materiał i metoda

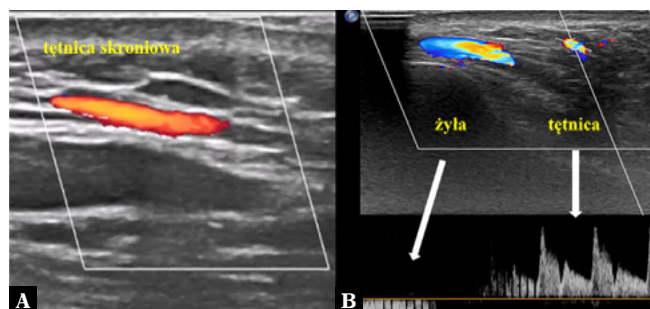
Badanie zostało przeprowadzone retrospektywnie na materiale i danych zebranych w latach 2018–2020 wśród pacjentów zgłaszających się na ultrasonograficzne badanie skóry z powodu dolegliwości po procedurach z zakresu medycyny estetycznej, polegających na podawaniu wypełniaczy tkankowych. Łącznie przeanalizowano 46 badań, jednak w pracy nie uwzględniono pacjentów, którzy zgłaszali się z widocznymi lub wyczuwalnymi grudkami bądź guzkami po zabiegu albo z przyczyn ewidentnie związanych z niewłaściwie podanym preparatem (np. asymetria ust, policzków). Ponadto u pacjentek występowały zaczerwienienia lub błądź skóry, obrzęk, suchość. W tej sytuacji do próby badawczej włączono 12 kobiet w wieku 19–48 lat (średnia wieku 36,08 roku). W badanej próbie znalazło się 5 kobiet, które poddały się zabiegowi powiększania ust, 3 po wypełnieniu doliny łez, 2 po wypełnieniu dłoni, 1 po korekcji dołu skroniowego, 1 po korekcji nosa (Tab. 1). U wszystkich pacjentek zastosowano wypełnienia usieciowanym kwasem hialuronowym (*hyaluronic acid*, HA).

Badania ultrasonograficzne wykonano klasycznymi ultrasonografami, tj. Philips Epiq 5 z głowicą liniową L18–5 MHz, a także aparatem Samsung RS85 z głowicami L 4–18 i L3–12, która pozwala obrazować z opcją MFI. W badaniach ultrasonograficznych ocenie poddano obecność lub brak przepływu w naczyniu przy użyciu CD oraz CPA. Oceniano CD i CPA w naczyniach żylnych i tętnicznych. Przepływ sprawdzano za pomocą PW w naczyniach tętnicznych i żylnych. Z racji braku wzorców przepływu spektralnego (PW) w obrębie drobnych tętnic i żył twarzy porównywano spektrum przepływu w tożsamych naczyniach zlokalizowanych po drugiej stronie twarzy, wargi lub w obrębie drugiej dłoni. W sytuacji, gdy nie zarejestrowano przepływu w CD albo CPA, stosowano MFI. Przepływ uznawano za prawidłowy, kiedy jego spektrum było porównywalne do spektrum przepływu po drugiej stronie.

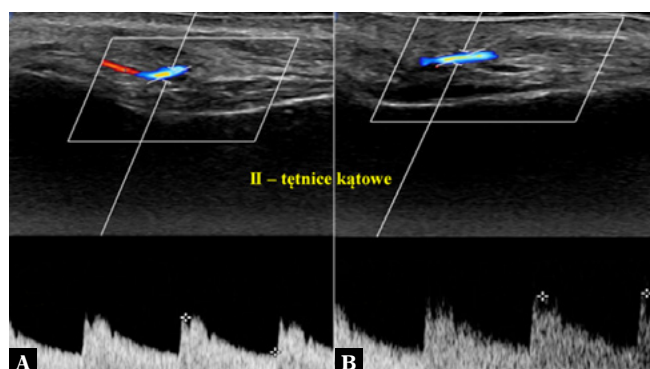
Tab. 1. Charakterystyka próby badawczej wraz w wynikami badań ultrasonograficznych z opcjami dopplerowskimi

Pacjent	Wiek	Okolica, w której wystąpiło powikłanie	Objawy	Typ naczynia	CPA	CD	PW	MFI	PW w jednoimiennej lokalizacji
1	46	dłoń	zaczerwienienie, obrzęk	żyła	0	0	0	0	1
2	48	dłoń	zaczerwienienie, obrzęk	żyła	0	0	0	0	1
3	37	dolina łez	obrzęk	tętnica	1	1	1	–	1
4	41	dolina łez	ból	tętnica	1	1	1 – zwiększony opór	1	1
5	43	dolina łez	obrzęk	żyła	0	0	0	0	1
6	38	nos	obrzęk, ból	tętnica	1	1	1	–	1
7	43	skroń	błądź skóry	tętnica	1	1	1	–	1
8	19	usta, dolna warga	obrzęk	żyła	0	0	0	0	1
9	22	usta, warga górna	obrzęk, suchość	tętnica	0	0	0	0	1
10	25	usta, warga górna	obrzęk	żyła	0	0	0	0	1
11	31	usta, warga górna	ból, pofałdowana powierzchnia	tętnica	1	1	1 – zwiększony opór	1	1
12	40	usta, warga górna	obrzęk, ból, suchość	tętnica	0	0	0	0	1

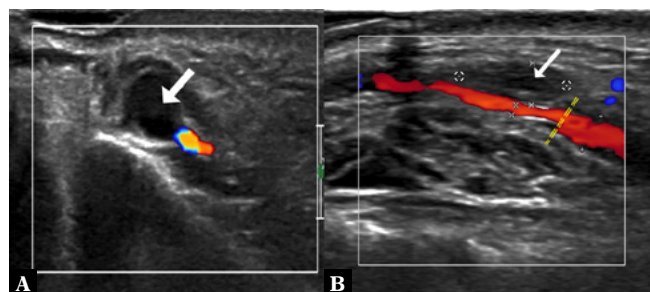
0 – brak przepływu, 1 – przepływ obecny, „–” – nie oznaczano



Ryc. 1. Ocena przepływów za pomocą badania ultrasonograficznego z opcjami dopplerowskimi. **A.** Przepływ w tętnicy skroniowej powierzchownej, kolor doppler. **B.** Przepływ w żyłę i tętnicy kątovej w dopplerze kolorowym i spektrum przepływu w dopplerze pulsacyjnym.



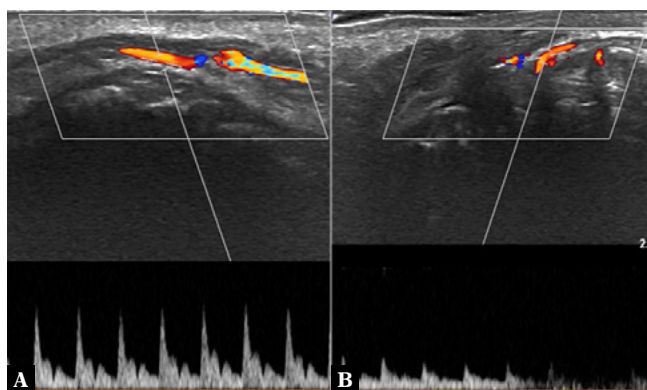
Ryc. 2. Tętnice kątovej, kolor doppler i doppler pulsacyjny. **A.** Tętnica kątovej prawa (po tej stronie wystąpił u pacjentki po HA obrzęk i ból), jednak porównanie w jednoimiennej lokalizacji wykazało, że przepływ jest prawidłowy. **B.** Tętnica kątovej po stronie lewej



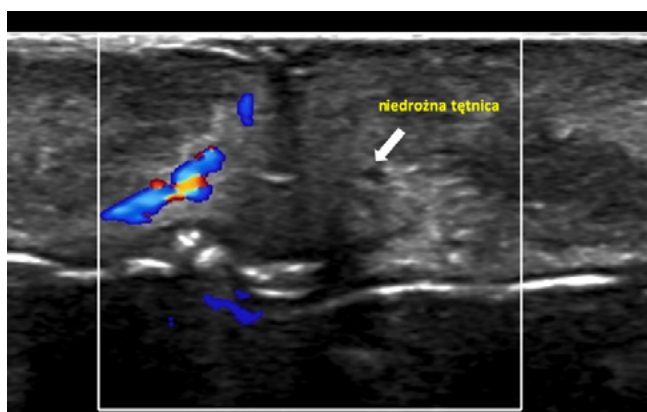
Ryc. 3. Ucisk depozytu HA (biała strzałka) na światło naczynia tętniczego w okolicy jarzmowej. **A.** Przekrój poprzeczny. **B.** Przekrój podłużny (żółta linia pokazuje granice między zwężonym naczyniem a naczyniem o pełnym świetle)

Wyniki

Wyniki badań dopplerowskich pokazały, że w 3 przypadkach poddanych badaniu przepływ był prawidłowy mimo występujących u pacjentów dolegliwości. Prawidłowy przepływ odnotowano u 3 pacjentek, u których dolegliwości wystąpiły w okolicy doliny łez, nosa i dołu skroniowego (Tab. 1, Ryc. 1, Ryc. 2). U jednej pacjentki, która miała wykonane wypełnienie doliny łez, a po kilku tygodniach od zabiegu nadal odczuwała ból w okolicy poddanej zabiegowi, po zastosowaniu CD zaobserwowano ucisk depozytu HA na światło naczynia (Ryc. 3). Ucisk depozytu został potwierdzony w PW, gdyż po



Ryc. 4. Ultrasonograficzna ocena tętnic wargowych z wykorzystaniem dopplera kolorowego i pulsacyjnego. **A.** Warga górna, strona lewa, widoczne zwężenie tętnicy w dopplerze kolorowym oraz spektrum wysokooporowe przed zwężeniem (po tej stronie u pacjentki wystąpił ból i zaobserwowano pofalowaną powierzchnię skóry). **B.** Jednoimienna lokalizacja – warga górna, strona prawa, z prawidłowym spektrum



Ryc. 5. Ultrasonograficzna ocena powikłań z wykorzystaniem kolorowego dopplera: warga górna z widocznym drożnym naczyniem po stronie prawej i brakiem przepływu po stronie lewej

porównaniu wykresów spektrum przepływu przed miejscem ucisku depozytu i w jednoimiennej lokalizacji zaobserwowano zwiększenie oporu przepływu krwi w tętnicy uciśniętej przez depozyt (Tab. 1). U kolejnej kobiety, która miała podany wypełniacz w usta, również zaobserwowano zwężenie naczynia tętniczego i w PW także uzyskano przed zwężeniem spektrum wysokooporowe (Ryc. 4). U pozostałych pacjentek badania ultrasonograficzne z opcjami dopplerowskimi wykazały – w okolicach, gdzie pojawiły się powikłania – brak przepływu w naczyniach (Tab. 1, Ryc. 5).

Omówienie

W niniejszym artykule przedstawiono powikłania naczyniowe powstałe po podaniu kwasu hialuronowego. Opisane w pracy powikłania dotyczą okolic twarzy i części ciała, które najczęściej są poddawane różnego typu zabiegom odmładzającym i w których dość często dochodzi do powikłań. Przyczyną większości powikłań naczyniowych, jak wykazano powyżej, jest niewłaściwe podanie wypełniacza, dlatego poniżej omówiono każdą okolicę.

Okolica skroniowa

Częstym miejscem interwencji medycyny estetycznej jest zagłębienie okolicy skroniowej. Wraz z wiekiem dochodzi do zaniku tkanki tłuszczowej oraz mięśni skroniowych wspomnianego regionu górnej części twarzy. Przez estetów jest to uznawane za jeden z najgorszych objawów starzenia. Medycyna estetyczna, wychodząc naprzeciw potrzebom, umożliwia wypełnienie opisanych ubytków poprzez iniekcje wypełniaczy. W celu zachowania bezpieczeństwa należy wziąć pod uwagę strukturę anatomiczną przebiegającą przez okolicę skroniową, w szczególności tętnicę skroniową powierzchowną, a dokładnie jej gałąź czołową. Standardowo wyznaczenia punktu bezpiecznego do nakłucia jest przeprowadzane empirycznie poprzez pomiar odpowiedniej odległości od łuku jarzmowego. Niestety zawsze można mieć do czynienia z innym niż standardowy przebiegiem naczynia. W dobie ultrasonografii dopplerowskiej autorzy niniejszej pracy proponują precyzyjniejsze rozwiązanie i oznaczenie dokładnego przebiegu wymienionych naczyń. Oznaczenie gałęzi czołowej tętnicy skroniowej za pomocą ultrasonografu nie jest trudne. Uwidacznia się ją poprzez podłużne przyłożenie głowicy liniowej w okolicy skroniowej, 1–2 cm od linii owłosionej skóry głowy⁽⁷⁾.

Dolina łąz, bruzdy nosowo-wargowe

W przypadku interwencji w okolicy doliny łąz i bruzd nosowo-wargowych należy zwrócić uwagę na jednoimiennie naczynia kątowe oraz tętnice podoczodołowe. Tętnica kąтова, stanowiąc przedłużenie i tym samym zakończenie tętnicy twarzowej, biegnie wraz z jednoimienną żyłą wzdłuż brzegu bocznego nosa, oddając po drodze drobne gałązki na twarz i w przyśrodkowym kącie oka zespalaając się z tętnicą grzbietową nosa⁽⁸⁾.

Tętnica podoczodołowa, silna gałąź tętnicy szczękowej, przez szczylinę oczodołową dolną kieruje się do przodu przez bruzdę i kanał podoczodołowy. Otwór podoczodołowy jest wyczuwalny 1 cm pod dolnym brzegiem oczodołu w osi źrenicy. Jego ustawienie jest osobniczo zmienne, a odległość od krawędzi oczodołu może wynosić od 6,9 do 10,9 mm. Zaburzenia przepływu w naczyniach kątowych zobrazowano w badaniach własnych w oparciu o przypadek kliniczny.

Nos

Tętnica grzbietowa nosa, druga gałąź końcowa tętnicy ocznej, przebiega od otworu czołowego ku dołowi i na brzegu bocznym nosa zspala się z tętnicą kątową. Zaopatruje grzbiet i powierzchnię boczną nosa. W przypadku 43-letniej pacjentki w 5. godzinie po podaniu HA w grzbiet i nasadę nosa zaobserwowano zaczerwienie oraz postępujące zasinienia okolicy nosa oraz czoła. Kobieta zgłosiła się do lekarza. Podano jej łącznie 1300 j. hialuronidazy, włączono witaminę C, deksametazon, cyprofloksacynę oraz masaż. Uzyskano poprawę wyglądu skóry i zalecono kontrolne jej USG. W czasie badania nie uwidoczono depozytów HA, co wskazywało na ich skuteczne rozpuszczenie. Przepływ w tętnicach grzbietowych nosa był zachowany.

Usta

Najważniejsze naczynia jednoimiennie okolicy ust to tętnice i żyły wargowe dolne i górne. Obie tętnice odchodzą zazwyczaj wspólnym pniem w pobliżu kąta ust. Tętnica wargowa dolna biegnie poprzecznie i przyśrodkowo w wardze dolnej, w tkance mięśnia okrężnego ust i zspala się z tętnicą drugostronną. Analogicznie przebiega tętnica wargowa górna w wardze górnej.

Możliwym powikłaniem dotyczącym tej okolicy twarzy jest ucisk, a w konsekwencji – zator tętnic wargowych wywołany nagromadzeniem depozytu wypełniacza w okolicy naczyń. W celu zobrazowania posłużono się przypadkiem 43-letniej kobiety, u której wykonano zabieg powiększania ust poprzez iniekcje kwasu hialuronowego. Po zabiegu pacjentka w stanie ogólnym dobrym odczuwała suchość ust – ich struktura była pomarszczona, z wyczuwalnymi grudkami, przez 4 miesiące utrzymywał się ich obrzęk. Po ustąpieniu obrzęku nie uzyskano zadowalającego efektu estetycznego.

Dłonie

Podawanie wypełniaczy w dłonie jest dobrą metodą ich odmładzania. Należy jednak pamiętać, że między skórą a powięzią grzbietową powierzchowną leży rozbudowana sieć powierzchownych naczyń żylnych, które otacza cienka warstwa tkanki podskórnej⁽⁸⁾. Bezpieczne punkty wstrzyknięć znajdują się w przestrzeniach pomiędzy ścięgnami, dystalnie od nadgarstka⁽⁹⁾. W przypadku dłoni bardzo istotna jest technika podawania preparatu (zalecana igła z tępą końcówką i podawanie niewielkich ilości preparatu), gdyż – mając na uwadze delikatną sieć naczyń żylnych – bardzo łatwo je uszkodzić i podać preparat do światła naczynia, co skutkuje powikłaniami. W badaniu autorów brały udział 2 pacjentki, u których badanie dopplerowskie wykazało brak przepływu w naczyniach żylnych.

W niniejszym artykule przedstawiono powikłania naczyniowe mające miejsce po zabiegach wykonanych na gruncie medycyny estetycznej, a związanych z wcześniejszym podawaniem wypełniaczy. Podjęcie tego tematu nabiera szczególnego znaczenia, gdyż liczba wykonywanych zabiegów z wypełniaczami stale wzrasta, co przekłada się również na wzrost liczby powikłań. Ponadto medycyna estetyczna jest bardzo młodą dziedziną i niestety nie dysponuje własnymi metodami diagnostycznymi, które pozwalałyby rzetelnie diagnozować skórę w celu unikania i leczenia ewentualnych powikłań. Metodą diagnostyczną, która może wypełnić tę lukę, jest ultrasonografia, której zalety i możliwości zostały już potwierdzone. Z najnowszych prac dostępnych w literaturze światowej wynika, że identyfikacja naczyń twarzy oraz ocena przepływu krwi za pomocą opcji dopplerowskich nabiera coraz większego znaczenia. Niestety opcje dopplerowskie nie są dostępne w aparatach dedykowanych do badań skóry wyposażonych w głowice jednosektorowe o wysokich częstotliwościach rzędu 30–70 MHz. Dlatego obecnie ocenę naczyń w obrębie twarzy wykonuje się klasycznymi aparatami klasy premium, które mogą być wyposażone w opcje dopplerowskie z głowicami od 15–22 MHz. Zastosowanie tych aparatów pozwala obrazować drobne

naczynia w obrębie twarzy, położone w odległości kilku milimetrów od powierzchni naskórka. Jednym z najważniejszych naczyń twarzy, które może ulec uszkodzeniu przy powszechnym podawaniu wypełniaczy w fałdy nosowo-wargowe, jest tętnica twarzowa, która przechodzi w tętnicę kątową. Przebieg jej w obrębie fałdów nosowo-wargowych jest zmienny. Jednakże, jak wykazali Lee i wsp., identyfikacja przebiegu tych tętnic za pomocą ultrasonografii dopplerowskiej jest możliwa i ułatwia właściwe podanie wypełniacza, tak by można było ominąć tę tętnicę⁽¹⁰⁾. Iwayama i wsp.⁽¹¹⁾ w swojej pracy porównali podawanie wypełniacza w fałdy nosowo-wargowe za pomocą kaniuli metodą konwencjonalną z metodą podawania kaniulą z identyfikacją przebiegu naczynia i monitorowaniem kaniuli pod kontrolą obrazu ultrasonograficznego. Oceniali również ukrwienie skóry przed podaniem wypełniacza obiema metodami i po nim. Wykazali oni, że zdecydowanie łatwiej jest ominąć naczynie krwionośne, monitorując położenie kaniuli względem naczyń za pomocą obrazu ultrasonograficznego. Jednocześnie pokazali, że w obu przypadkach doszło do zmniejszenia ukrwienia skóry po podaniu wypełniacza, jednak mniejsze zmiany były w okolicy, gdzie podawano wypełniacz z jednoczesnym monitorowaniem kaniul obrazem ultrasonograficznym⁽¹²⁾. Podobną zmiennością dotyczącą przebiegu charakteryzuje się tętnica nadbłoczkowa, której przebieg można również zlokalizować za pomocą ultrasonografii dopplerowskiej. Dzięki temu korygowanie wypełniaczami zmarszczek czoła jest bezpieczne⁽¹²⁾. Identyfikacja tętnicy nadbłoczkowej i nadoczodołowej w przypadku podawania wypełniaczy w obrębie czoła jest niezwykle istotna, gdyż, jak wykazali Tansatit i wsp.⁽¹³⁾, są to odgałęzienia tętnicy ocznej. Stąd przypadkowe podanie preparatu do tych tętnic przy zabiegu może spowodować embolizację tętnicy ocznej i ślepotę⁽¹³⁾. Jak podają Phumyoo i wsp., ultrasonografia dopplerowska pozwala obrazować tętnice o średnicy nie mniejszej niż 0,3 mm. W swojej pracy stosowali oni jednak głowicę liniową o częstotliwości do 12 MHz⁽¹⁴⁾. Wydaje się, że użycie głowicy o wyższej częstotliwości 18–22 MHz pozwala obrazować naczynia o średnicy ok. 0,1 mm. Dlatego obrazowanie tętnicy nadbłoczkowej czy

nadoczodołowej, których średnice wynoszą 0,71 mm i 0,8 mm ± 0,38 mm przy zastosowaniu takich głowic u większości osób powinno być możliwe⁽¹³⁾.

Obrazowanie igieł czy kaniuli również w większości przypadków nie powinno stwarzać problemów. W światowej literaturze wykazano ponadto, że za pomocą ultrasonografii można uwiarygodnić podane depozyty wypełniacza⁽¹⁴⁾. Stąd ultrasonografia staje się przydatna także w leczeniu powikłań naczyniowych po podaniu wypełniaczy tkankowych. Umożliwia ona lokalizację depozytu wypełniacza, który uciska na naczynie tętnicze. Następnie umożliwia dokładne wprowadzenie igły w tę okolicę i podanie hialuronidazy w celu rozpuszczenia tego depozytu⁽¹⁵⁾. Wykorzystanie opcji dopplerowskich pozwala jednocześnie ocenić pozytywny efekt zabiegu polegający na przywróceniu przepływu we wcześniej uciśniętym naczyniu⁽¹⁶⁾.

Wnioski

Zainteresowanie ultrasonografią skóry rośnie wśród lekarzy specjalności takich jak dermatologia, medycyna estetyczna, a także wśród ich pacjentów. Stwarza to potrzebę ciągłego uzupełniania badania ultrasonograficznego skóry o nowe techniki obrazowania i funkcje, jakimi dysponują nowoczesne ultrasonografy. Oprócz standardowej oceny naskórka, skóry właściwej i tkanki podskórnej niezwykle istotnym elementem każdego badania powinno stać się obrazowanie unaczynienia badanego obszaru. Obecnie obrazowanie naczyń skóry to rzadkość, choć jest ono, jak pokazano, niezwykle użyteczne. Niewielka liczba publikacji na ten temat skłania do podejmowania dalszych badań.

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

- Polańska A, Dańczak-Pazdrowska A, Jałowska M, Żaba R, Adamski Z: Current applications of high-frequency ultrasonography in dermatology. *Postepy Dermatol Alergol* 2017; 34: 535–542.
- Młosek RK: Ultrasonograficzny obraz skóry zdrowej. *Ultrasonogr* 2014; 47: 63–66.
- di Santolo MS, Sagnelli M, Mancini M, Scalvenzi M, Delfino M, Schonauer F *et al.*: High-resolution color-Doppler ultrasound for the study of skin growths. *Arch Dermatol Res* 2015; 307: 559–566.
- Barcaui E, Carvalho A, Lopes F, Piñeiro-Maceira J, Barcaui C: High frequency ultrasound with color Doppler in dermatology. *An Bras Dermatol* 2016; 91: 262–273.
- MicroFlow Imaging [online], <https://www.usa.philips.com/healthcare/resources/feature-detail/ultrasound-microflow-imaging>, dostęp: 20.10.2020.
- Bae JS, Lee JM, Jeon SK, Jang S: Comparison of MicroFlow Imaging with color and power Doppler imaging for detecting and characterizing blood flow signals in hepatocellular carcinoma. *Ultrasonography* 2020; 39: 85–93.
- Alessandrini A: Anatomia twarzy dla lekarzy praktykujących medycynę estetyczną. 2017: Wydawnictwo Medycyna Estetyczna.
- Bochenek A, Reicher M: Anatomia człowieka. T. 3 Układ naczyniowy. VIII ed. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2007.
- Goisis M, Di Petrillo: Ręce. In: Goisis M: Iniekcje w medycynie estetycznej. Atlas pełnych zabiegów w rejonie twarzy i ciała. Medipage 2020: 153–162.
- Lee W, Kim JS, Moon HJ, Yang EJ: A safe Doppler ultrasound-guided method for nasolabial fold correction with hyaluronic acid filler. *Aesthet Surg J* 2020; sjaa153. Online ahead of print.
- Iwayama T, Hashikawa K, Osaki T, Yamashiro K, Horita N, Fukumoto T: Ultrasonography-guided Cannula Method for Hyaluronic Acid Filler Injection with Evaluation using Laser Speckle Flowgraphy. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2018; 6: e1776.
- Lee W, Moon HJ, Kim JS, Yang EJ: Safe glabellar wrinkle correction with soft tissue filler using Doppler ultrasound. *Aesthet Surg J* 2020; sjaa197. Online ahead of print.
- Tansatit T, Phumyoo T, Jitree B, Sawatwong W, Rungsawang C, Jirasutat N *et al.*: Ultrasound evaluation of arterial anastomosis of the forehead. *J Cosmet Dermatol* 2018; 17: 1031–1036.
- Phumyoo T, Jirasutat N, Jitree B, Rungsawang C, Uruwan S, Tansatit T: Anatomical and ultrasonography-based investigation to localize the arteries on the central forehead region during the glabellar augmentation procedure. *Clin Anat* 2020; 33: 370–382.
- Schelke LW, Decates TS, Velthuis PJ: Ultrasound to improve the safety of hyaluronic acid filler treatments. *J Cosmet Dermatol* 2018; 17: 1019–1024.
- Habib SM, Schelke LW, Velthuis PJ: Management of dermal filler (vascular) complications using duplex ultrasound. *Dermatol Ther* 2020; e13461. Online ahead of print.