

Zastosowanie badań ultrasonograficznych w profilaktyce udaru mózgu

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono aktualnie stosowane metody obrazowania ultrasonograficznego naczyń krążenia mózgowego oraz ich zastosowanie w warunkach opieki ambulatoryjnej.

Forum Medycyny Rodzinnej 2008, tom 2, nr 4, 267–276

słowa kluczowe: ultrasonografia, przezczaszkowa ultrasonografia dopplerowska, choroby naczyniowe układu nerwowego

Patologia krążenia mózgowego jest główną przyczyną trwałej niepełnosprawności oraz drugą w kolejności przyczyną zgonów w populacji osób dorosłych. W Polsce udar mózgu (niedokrwienny i krwotoczny) dotyka około 60 000 chorych rocznie, 20–30% z nich umiera, a znaczna część tych (> 30%), którzy przeżyli, pozostaje trwale niepełnosprawna psychofizycznie [1, 2]. Udary niedokrwienne stanowią około 80% wszystkich udarów mózgu. Do jednej z głównych przyczyn udarów niedokrwiennych mózgu należy patologia naczyń domózgowych i dużych naczyń na podstawie mózgu (*large artery disease*), która może być przyczyną 20–45% incydentów niedokrwiennych. Obciążenie najczęstszymi czynnikami ryzyka udaru niedokrwiennego mózgu, takimi jak nadciśnienie tętnicze, cukrzyca, hiperlipidemia, wiąże się także ze zwiększonym ryzykiem wystą-

pienia „choroby dużych naczyń”. Obecność istotnych zaburzeń przepływu w tętnicy szyjnej wewnętrznej zmniejsza skuteczność nowoczesnych form leczenia udaru niedokrwiennego mózgu (trombolizy z zastosowaniem rekombinowanego tkankowego aktywatora plazminogenu [rt-Pa]) [3].

Badanie ultrasonograficzne, jako metoda nieinwazyjna, szybka i tania (w porównaniu z innymi metodami obrazowania naczyniowego) jest cenną metodą diagnostyczną chorób naczyniowych mózgu, możliwą do wykonania w praktyce ambulatoryjnej. Dynamiczny rozwój metod obrazowania opartych na wykorzystaniu ultradźwięków sprawił, że obecnie z ich pomocą możliwe jest obrazowanie przepływu krwi zarówno w tętnicach zewnątrzczaszkowych (domózgowych), jak i naczyniach wewnątrzczaszkowych (naczyniach koła Willisa).

¹Grzegorz Kozera,
²Joanna Wojczal,
¹Walenty Michał Nyka

¹Katedra Neurologii,
Klinika Neurologii Dorosłych
Akademii Medycznej w Gdańsku
²Katedra Neurologii,
Klinika Neurologii Dorosłych
Akademii Medycznej w Lublinie



Badanie ultrasonograficzne, jako metoda nieinwazyjna, szybka i tania jest cenną metodą diagnostyczną chorób naczyniowych mózgu

Adres do korespondencji:
dr med. Grzegorz Kozera
Katedra Neurologii, Klinika Neurologii
Dorosłych AMG
ul. Dębinki 7, 80–211 Gdańsk
tel.: (0 58) 349–23–20
faks: (0 58) 349–15–76
e-mail: neuroamg@amg.gda.pl

Copyright © 2008 Via Medica
ISSN 1897–3590

OCENA KRAŻENIA MÓZGOWEGO METODAMI ULTRASONOGRAFICZNYMI

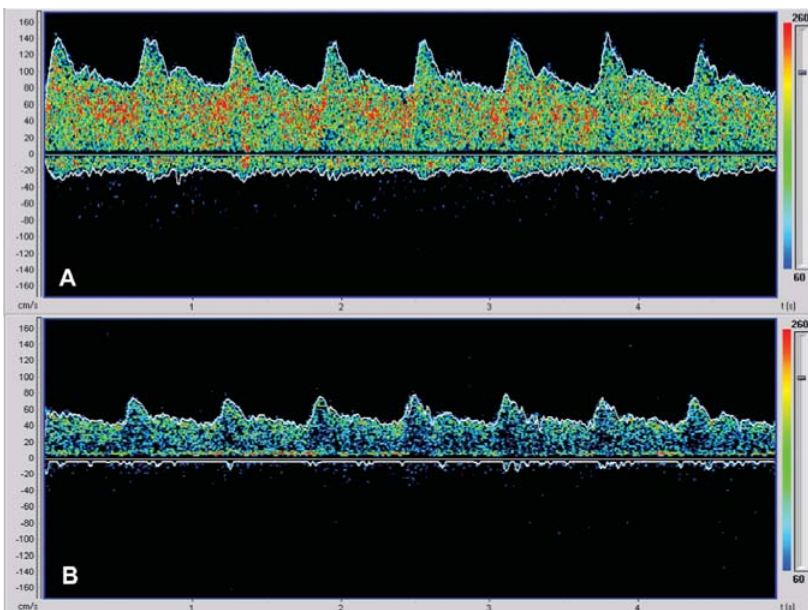
Metody ultrasonograficzne wykorzystywane w diagnostyce patologii krążenia mózgowego obejmują: spektralną ultrasonografię dopplerowską, ultrasonografię z obrazowaniem dwuwymiarowym, ultrasonografię z kolorowym kodowaniem przepływu oraz dopplera mocy [4].

Za pomocą **spektralnej ultrasonografii dopplerowskiej** (tzw. ślepego Dopplera) obrazuje się prędkość przepływu krwi w naczyniu, wykorzystując tak zwany efekt Dopplera. Zjawisko to polega na zmianie częstotliwości fali ultradźwiękowej odbitej od erytrocytów przemieszczających się w naczyniu krwionośnym. Stopień zmiany częstotliwości fali odbitej (w stosunku do wyemitowanej przez głowicę ultrasonografu) jest zależny od prędkości krwinki, co po matematycznym przetworzeniu umożliwia ocenę prędkości przepływu krwi w naczyniu. Ponieważ prędkości przemieszczania się krwinek w tętnicy w ciągu cyklu pracy serca oraz w obrębie światła

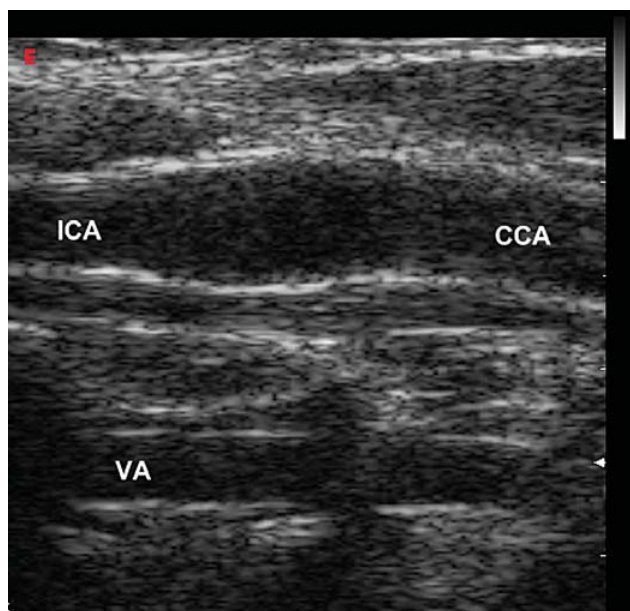
naczynia nie są jednorodne, wynik badania prezentowany jest w formie tak zwanego widma przepływu dopplerowskiego (graficznej ilustracji rozkładu prędkości przepływu krwi w czasie cyklu pracy serca). Metoda ta pozwala na pośrednią ocenę stopnia zwężenia naczynia, bowiem przy zwężeniu powyżej 50% (**tzw. zwężenie istotne hemodynamicznie**) następuje wzrost prędkości przepływu krwi, proporcjonalny do stopnia zwężenia (ryc. 1). Bezpośrednio za zwężeniem występują również zaburzenia kształtu spektrum dopplerowskiego: jego obniżenie i zmiana charakteru spektrum z linearnego na turbulentny. Turbulencje przepływu obserwowane są również w miejscu istnienia malformacji naczyniowych (naczyniaków, tętniaków, przetok tętniczo-żylnych).

Ultrasonografia z **obrazowaniem dwuwymiarowym** wykorzystuje efekt odbicia fali ultradźwiękowej od granic struktur anatomicznych o różnych właściwościach akustycznych. Stopień przenikania wiązki ultrasonograficznej widać w skali stopni szarości — stąd angielska nazwa **Brightness Mode (B-mode)**. Dzięki tej metodzie można uwidocznic ściany i światło naczynia, natomiast nie widać przepływu krwi w jego obrębie (ryc. 2). Dla zobrazowania przepływu w świetle naczynia wykorzystuje się **ultrasonografię z kodowaniem przepływu w kolorze (Color Coded Doppler)**. Kierunek i średnia prędkość przepływu krwi w naczyniu ukazane są za pomocą koloru (zwyczajowo kolor czerwony oznacza przepływ do sondy lub dogłowy, a niebieski — przepływ od sondy lub odgłowy), a jasność barwy jest proporcjonalna do szybkości przepływu krwi.

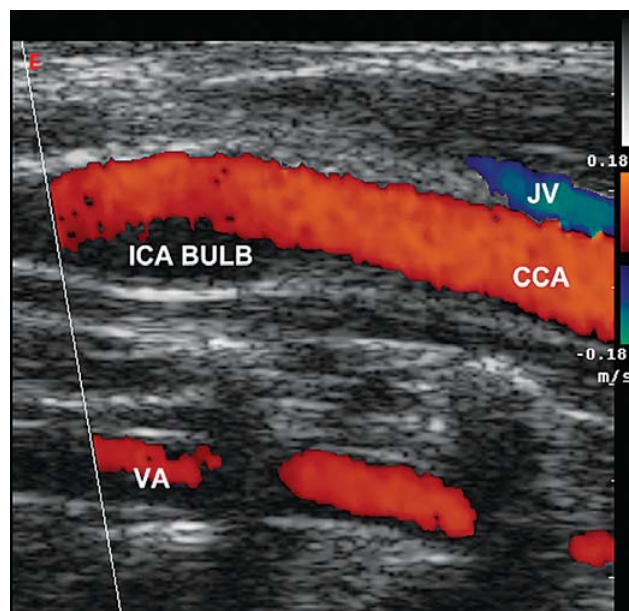
W praktyce najczęściej stosuje się jednocześnie obydwie omówione powyżej metody, otrzymując **obraz dupleksowy (tzw. Duplex-Doppler)**, w którym na obraz B-mode światła naczynia nałożony zostaje kolorowy obraz przepływu w jego świetle (ryc. 3). Można wówczas pod kontrolą wzroku w danym miejscu naczynia umieścić bramkę pomiarową i za



Rycina 1. Spektrum dopplerowskie przepływu krwi tętnicy mózgu środkowej, uzyskane w badaniu TCD: **A.** w miejscu jej istotnego hemodynamicznie zwężenia — widoczny wzrost prędkości (V śr. 1,1 m/s); **B.** po stronie przeciwnej z zachowanymi prawidłowymi parametrami przepływu (V śr. 0,6 m/s) (wykonano w Pracowni Ultrasonografii Dopplerowskiej Kliniki Neurologii Dorosłych Akademii Medycznej w Gdańsku, aparatem DWL Multi Dop T2)



Rycina 2. Obraz B-mode naczyń zewnątrzczaszkowych: CCA — tętnica szyjna wspólna, ICA — tętnica szyjna wewnętrzna z opuszką, VA — tętnica kręgową (wykonano w Pracowni Ultrasonografii Dopplerowskiej Kliniki Neurologii Dorosłych Akademii Medycznej w Gdańsku, aparatem ESAOTE Technos)



Rycina 3. Badanie USG Duplex tętnicy szyjnej i kręgowej: CCA — tętnica szyjna wspólna, ICA BULB — tętnica szyjna wewnętrzna z opuszką, VA — tętnica kręgową, JV — żyła szyjna (wykonano w Pracowni Ultrasonografii Dopplerowskiej Kliniki Neurologii Dorosłych Akademii Medycznej w Gdańsku, aparatem ESAOTE Technos)

pomocą dopplera spektralnego zmierzyć precyzyjnie prędkość przepływu (ryc. 4).

Inną metodą obrazowania przepływu w świetle naczyń jest kodowanie według energii przepływającej krwi. Jest to tak zwany **Doppler mocy (Power Doppler)**. Dzięki tej metodzie można lepiej wykryć wolne przepływy, na przykład przy ścianie naczynia. W nowoczesnych aparatach istnieje możliwość uzupełnienia obrazu przepływu uzyskanego tą techniką o kolorowe kodowanie kierunku przepływu (na tle obrazu naczynia w B-mode) — wówczas taki obraz określa się jako **USG Tripleks** (ryc. 5).

Wszystkie opisane powyżej metody w zależności od potrzeb można stosować do badań tętnic zewnątrzczaszkowych lub wewnątrzczaszkowych. Najczęściej rutynowo do oceny przepływów zewnątrzczaszkowych wykorzystuje się metody Duplex-Doppler lub USG Tripleks, dające możliwość oceny drożności naczynia, pomiaru bezpośrednio stopnia zwężenia, uwidocznienia morfologii zmian miażdżycowych oraz dokładnego wyznaczenia miejsca pomiaru prędkości

(umieszczenia bramki pomiarowej w miejscu zwężenia) (ryc. 6) [5].

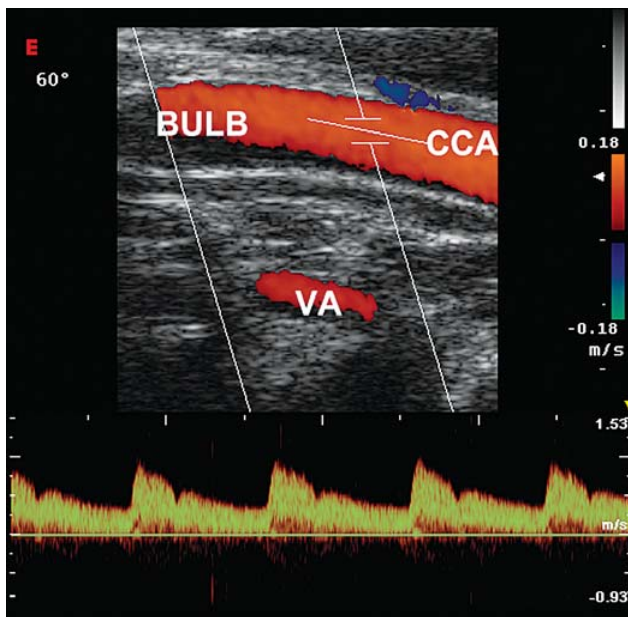
W ocenie przepływów wewnątrzczaszkowych stosuje się rutynowo przepływomierze dopplerowskie (tzw. ślepy Doppler, *Transcranial Doppler* [TCD]). Identyfikacji badanego naczynia dokonuje się na podstawie miejsca i kierunku przyłożenia sondy, głębokości pomiaru, kierunku przepływu krwi, kształtu spektrum dopplerowskiego oraz wykorzystania testów aktywacji (ryc. 7). Coraz częściej badanie naczyń mózgowych uzupełniane jest o możliwość ukazania przepływu w kolorze w obrębie otaczających naczynie struktur anatomicznych mózgowia zobrazowanych w skali szarości (tzw. **przezczaszkowa ultrasonografia duplexowa, Transcranial Color Coded Doppler** [TCCD]) [6].

BADANIE NACZYŃ ZEWNĄTRZCZASZKOWYCH

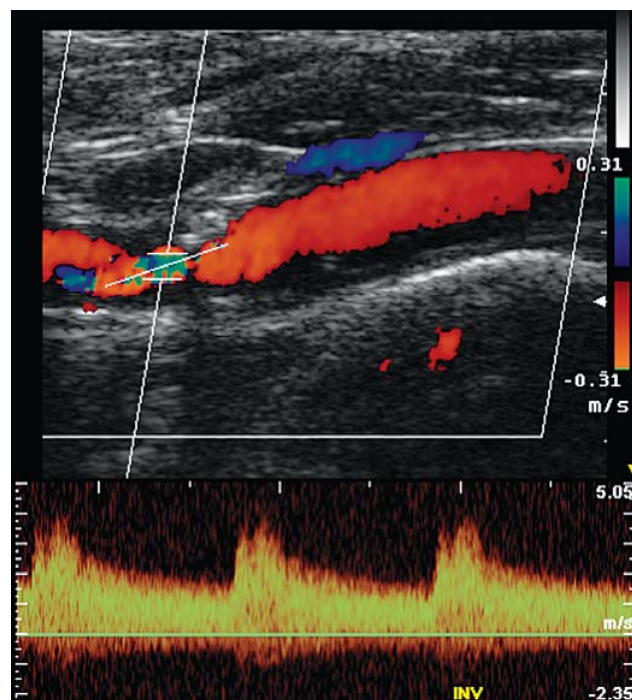
W badaniu ultrasonograficznym zewnątrzczaszkowych odcinków tętnic szyjnych można ocenić budowę ściany naczynia: zmierzyć grubość tak zwanego kompleksu błona środ-



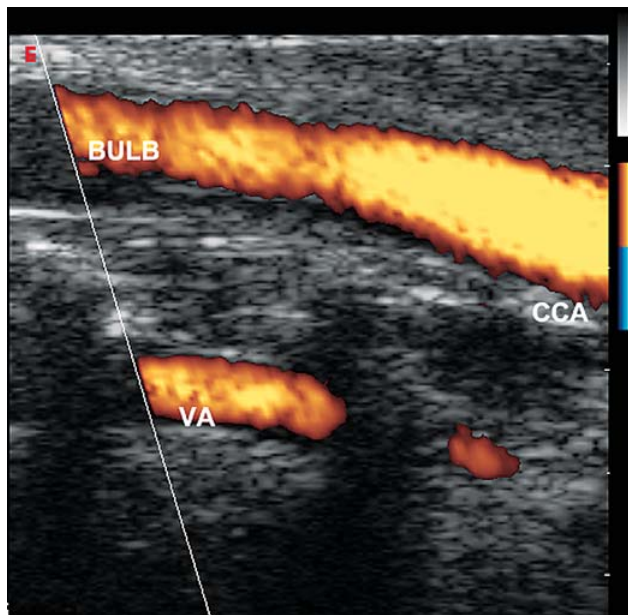
W ocenie przepływów wewnątrzczaszkowych stosuje się rutynowo przepływomierze dopplerowskie tzw. ślepy Doppler



Rycina 4. Badanie USG Duplex tętnicy szyjnej i kręgowej z pomiarem prędkości przepływu w tętnicy szyjnej wspólnej: CCA — tętnica szyjna wspólna, BULB — opuszka tętnicy szyjnej wewnętrznej, VA — tętnica kręgowa (wykonano w Pracowni Ultrasonografii Dopplerowskiej Kliniki Neurologii Dorosłych Akademii Medycznej w Gdańsku, aparatem ESAOTE Technos)



Rycina 6. Badanie USG Duplex tętnicy szyjnej wewnętrznej z pomiarem prędkości w miejscu jej hemodynamicznie istotnego zwężenia (> 70%) (wykonano w Pracowni Ultrasonografii Dopplerowskiej Kliniki Neurologii Dorosłych Akademii Medycznej w Gdańsku, aparatem ESAOTE Technos)

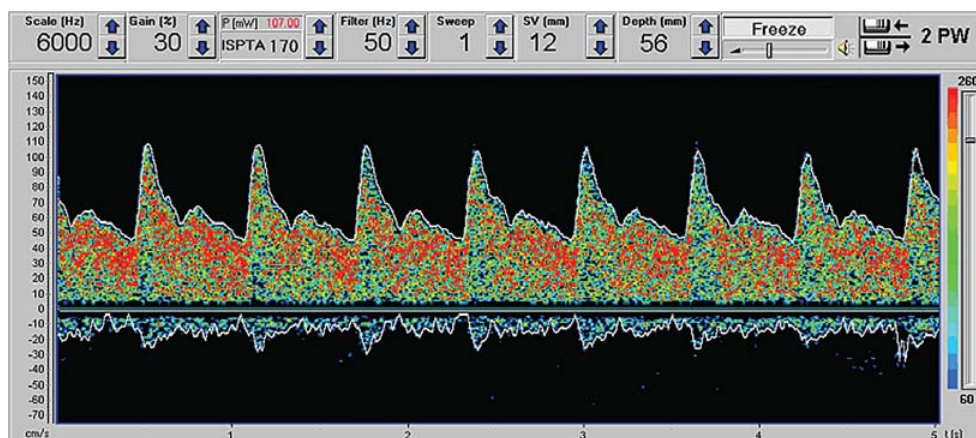


Rycina 5. Badanie USG Triplex: CCA — tętnica szyjna wspólna, BULB — opuszka tętnicy szyjnej wewnętrznej, VA — tętnica kręgowa (wykonano w Pracowni Ultrasonografii Dopplerowskiej Kliniki Neurologii Dorosłych Akademii Medycznej w Gdańsku, aparatem ESAOTE Technos)

kowa–śródbłonek (*intima–media complex* [IMC]), uwidocznienie przerwanie ciągłości lub obecność zmian zwyrodnieniowych w obrę-

bie IMC (zmiany do 1 mm grubości) oraz ukazać istnienie przyściennych procesów (blaszek) miażdżycowych i stopień ich nasilenia. Możliwa jest również diagnostyka rozwarstwienia ściany naczynia, procesów zapalnych i zakrzepowych oraz tętniaków i guzów okołonaczyniowych.

W praktyce ambulatoryjnej badanie USG najczęściej służy ocenie zaawansowania procesu miażdżycowego naczyń domózgowych, w szczególności wykryciu blaszek miażdżycowych utrudniających w sposób istotny przepływ krwi do mózgu. Obecnie istniejące ultrasonografy umożliwiają także dokładną ocenę struktury i przybliżoną ocenę składu blaszki miażdżycowej oraz wykrycie w jej obrębie owrzodzeń i pęknięć. Dane te pozwalają określić stabilność blaszki, co wraz z oceną stopnia zwężenia naczynia stanowi podstawę do wstępnej kwalifikacji pacjentów do zabiegów udrożnienia tętnic szyjnych. Obecnie metodą z



Rycina 7. Spektrum dopplerowskie przepływu krwi w proksymalnym odcinku tętnicy mózgu środkowej, uzyskane badaniem TCD: głębokość pomiaru 56 mm, średnia prędkość przepływu 0,72 m/s, kierunek przepływu do sondy (wykonano w Pracowni Ultrasonografii Dopplerowskiej Kliniki Neurologii Dorosłych Akademii Medycznej w Gdańsku, aparatem Multi Dop T2 DWL)

wyboru nadal pozostaje chirurgiczne udrażnianie tętnicy szyjnej (endarterektomia). Ze względu na brak jednoznacznych wyników wieloośrodkowych badań porównujących skuteczność zabiegów angioplastyki z implantacją stentu i leczenia chirurgicznego stentowanie powinno być stosowane jedynie w niektórych sytuacjach klinicznych (tab. 1).

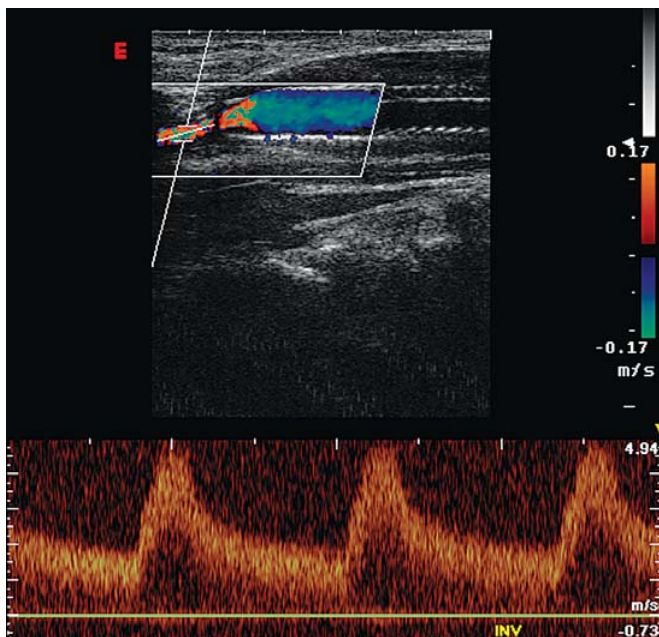
Po zabiegach udrożnienia tętnic szyjnych (jak też podobojczykowej i kręgowych), niezależnie od zastosowanej uprzednio metody leczenia rewaskularyzacyjnego przeprowadza się badania kontrolne USG (ryc. 8) zwykle po 3, 6 oraz 12 miesiącach po zabiegu, a następnie co roku.

W badaniach populacyjnych i prewencyjnych wykorzystuje się również fakt, że po-

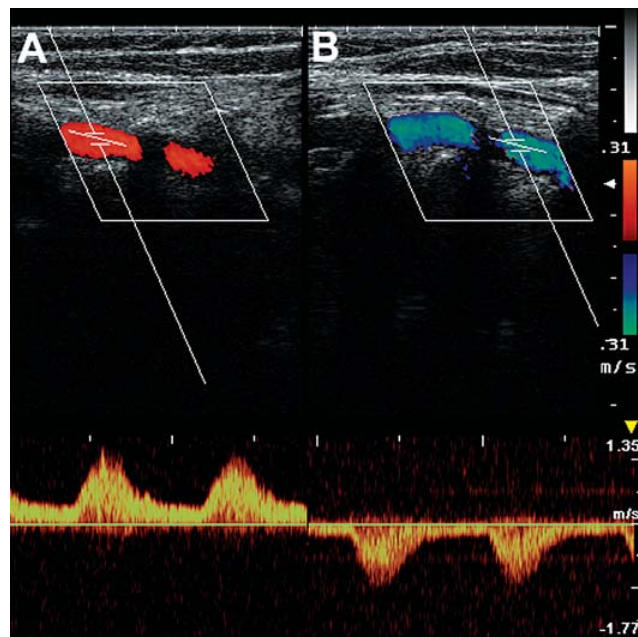
Tabela 1

Wskazania do zabiegów naprawczych tętnic szyjnych [7, 8]

Endarterektomia	Angioplastyka ze stentowaniem
<ul style="list-style-type: none"> ■ Zwężenia objawowe: <ul style="list-style-type: none"> — objawowe zwężenie tętnicy szyjnej wynoszące 70–99% (umiarkowany deficyt neurologiczny), między 6 tygodniem a 180 dniem od udaru — objawowe zwężenie tętnicy szyjnej 70–99% z przemijającym napadem niedokrwinnym lub znikomym deficytem neurologicznym, w ciągu 2 tygodni od wystąpienia objawów — liczba powikłań okołoperacyjnych w ośrodku < 6% ■ Zwężenia bezobjawowe: <ul style="list-style-type: none"> — zwężenie bezobjawowe > 80% — ryzyko wystąpienia udaru mózgu lub śmierci związanych z zabiegiem w danym ośrodku < 3% — oczekiwana długość życia minimum 5 lat lub wiek pacjenta < 80 lat 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Restenoza po endarterektomii lub zwężenie popromienne ■ Duże ryzyko przeprowadzenia endarterektomii: <ul style="list-style-type: none"> — obecność niedrożności lub dużego zwężenia przeciwstronnej tętnicy szyjnej — obecność zwężeń tętnic wewnątrzczaszkowych — brak drożności głównych tętnic łączących w kole tętnicznym Willisa — nasiloną patologią tętnic kręgowych lub tętnicy podstawnej — przebyty zawał serca lub obecność dławicy piersiowej — obturacyjna choroba płuc — cukrzyca — zwężenie w miejscu niedostępnym operacyjnie — przygotowanie do zabiegów pomostowania aortalno-wieńcowego



Rycina 8. Kontrola drożności stentu — stan po angioplastyce tętnicy szyjnej wewnętrznej, widoczne zwężenie w obrębie stentu > 70%. Obraz USG Duplex (badanie wykonano w Pracowni Ultrasonografii Dopplerowskiej Kliniki Neurologii Dorosłych Akademii Medycznej w Gdańsku, aparatem ESAOTE Technos)



Rycina 9. Zespół podkradania tętnicy podobojczykowej widoczny w obrazie USG Duplex: **A.** kompensacyjne wzmocnienie parametrów przepływu dogłowego (kolor czerwony) w lewej tętnicy kręgowej; **B.** odwrócenie kierunku przepływu w prawej tętnicy kręgowej jako efekt „podkradania” prawej tętnicy podobojczykowej (kolor niebieski) (wykonano w Pracowni Ultrasonografii Dopplerowskiej Kliniki Neurologii Dorosłych Akademii Medycznej w Gdańsku, aparatem ESAOTE Technos)

grubienie kompleksu IMT jest uznawane za wykładnik zaawansowania miażdżycy uogólnionej [9].

Badanie tętnic kręgowych na odcinku zewnątrzczaszkowym jest trudniejsze ze względu na ich głębszą lokalizację. W jego trakcie określa się średnicę naczynia oraz kierunek i prędkość przepływu krwi. Dzięki wykryciu patologicznych rodzajów przepływu w tętnicy kręgowej, na przykład zespołów podkradania, można pośrednio wykryć zwężenie początkowego odcinka tętnicy podobojczykowej (ryc. 9). Ta patologia, mogąca stanowić podłoże zaburzeń krążenia mózgowego w obszarze kręgowo-podstawnym, może być z powodzeniem leczona endowaskularnie. Inną patologią sprzyjającą wystąpieniu zaburzeń krążenia mózgowego w obszarze podstawno-kręgowym jest hipoplazja tętnicy kręgowej. U młodych osób, w szczególności po urazie szyi, może wystąpić rozwarstwienie tętnicy kręgowej, powodujące

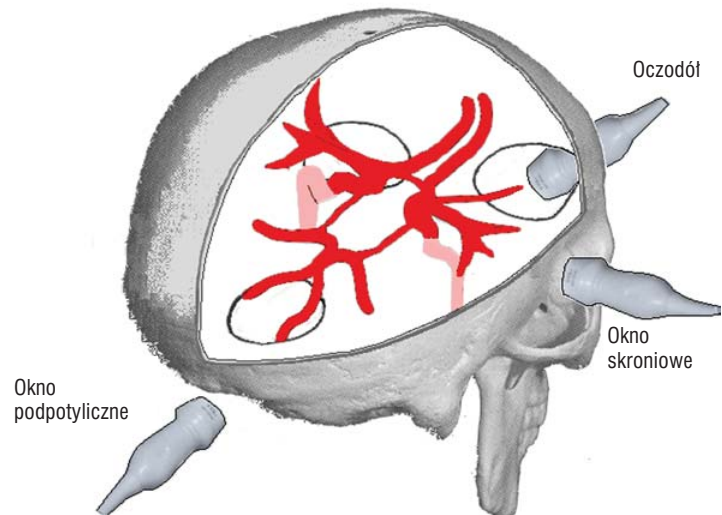
obniżenie lub całkowite zatrzymanie przepływu w naczyniu.

OCENA PRZEPŁYWÓW WEWNĄTRZCZASZKOWYCH

Przeznaczskowe badanie dopplerowskie (Transcranial Doppler [TCD]) powinno stanowić uzupełnienie badań tętnic zewnątrzczaszkowych [10]. Wykonuje się je z dostępu skroniowego, przykładając sondę (2 MHz) do łuski kości skroniowej w okolicy przedusznej (w tym miejscu łuska kości skroniowej jest cieńsza) oraz z dostępu podpotylicznego, przez otwór potyliczny wielki (ryc. 10). Rutynowo ocenia się prędkości przepływu w naczyniach koła Willisa, tj. w tętnicy środkowej, przedniej i tylnej mózgu oraz w szczycie tętnicy podstawnej (okno skroniowe), a także w tętnicach kręgowych w odcinku wewnątrzczaszkowym i w proksymalnym odcinku tętnicy podstawnej (okno podpotyliczne). Można też oceniać przepływ krwi w sy-

fonie tętnicy szyjnej wewnętrznej poprzez okno oczodołowe, ale w związku z ryzykiem uszkodzenia gałki ocznej przez ultradźwięki, pomiaru tego nie wykonuje się rutynowo. Badanie TCD pozwala na przesiewową i nieinwazyjną ocenę oraz monitorowanie wielu istotnych stanów patologicznych naczyń mózgowia, takich jak: zwężenia naczyń wewnątrzczaszkowych, skurcz naczyniowy (angiopatia skurczowa po przebytych krwotoku podpajęczynówkowym), naczyniaki oraz zatrzymanie krążenia mózgowego [6, 11, 12]. Niezwykle istotną zaletą tego badania jest możliwość oceny dróg krążenia obocznego w obrębie koła Willisa w przypadku zwężeń tętnic domózgowych oraz stanu hemodynamiki krążenia mózgowego w ostrym okresie udaru mózgu (w tym monitorowania rekanalizacji w trakcie leczenia trombolitycznego) [11]. Badanie za pomocą przezczaszkowej ultrasonografii dopplerowskiej pozwala także na uzupełnienie informacji otrzymanych za pomocą angio-tomografii komputerowej lub rezonansu magnetycznego o dane patofizjologiczne dotyczące hemodynamicznego stopnia zwężenia i kierunku przepływu krwi w naczyniach mózgowych.

Za pomocą TCD można również wykrywać i monitorować mikrozatory mózgowie oraz określać w przybliżeniu ich skład (czy są to mikrozatory gazowe, czy też upostaciowane) [13]. Ta możliwość jest wykorzystana do diagnostyki obecności przetrwałego otworu owalnego w sercu (PFO) oraz „przecieków” z krążenia małego do dużego w obrębie naczyń płuc (**Right to Left Shunt [RLS]**), będących źródłem żylna-tętnicznych zatorów paradoksalnych (możliwa przyczyna udaru niedokrwienego mózgu u osób poniżej 55. rż.) [14]. Stwierdzenie obecności sygnałów mikrozatorów w naczyniach mózgowych po podaniu dożylnym kontrastu ultrasonograficznego lub soli fizjologicznej z mikropęcherzykami powietrza pozwala wnioskować o obecności istotnego hemody-

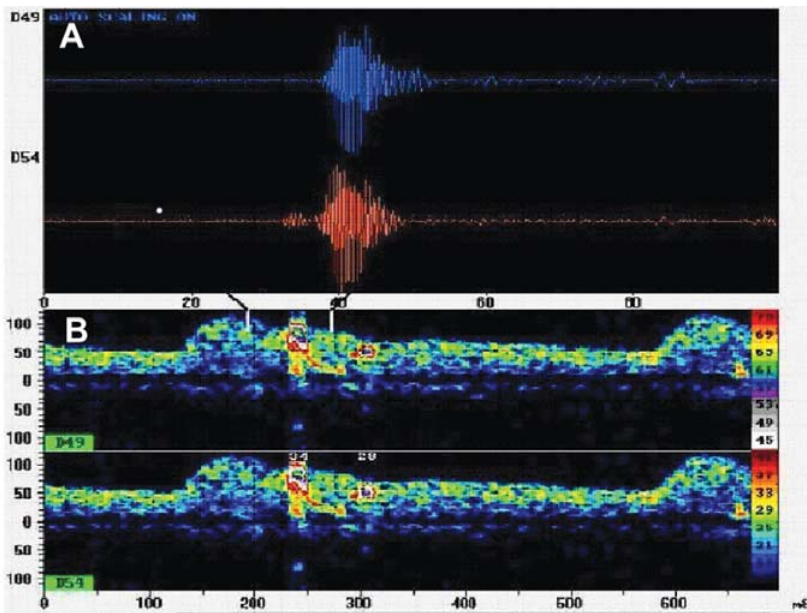


Rycina 10. Okna kostne wykorzystywane w przezczaszkowych badaniach USG

namicznie przecieku — z krążenia małego do dużego (przy braku przecieku kontrast lub pęcherzyki gazu zostają wchłonięte przez „filtr” naczyń płucnych) (ryc. 11). Przechczaszkowe badanie dopplerowskie wykazuje dużą czułość i specyficzność w wykrywaniu przetrwałego otworu owalnego, porównywalną z uważaną za metodę referencyjną echokardiografią przezprzełykową [15]. Jest od niej jednak mniej inwazyjna i wygodniejsza dla pacjenta.

Ograniczeniem badania TCD jest brak dobrego okna kostnego skroniowego skuteczną u około 10–15% pacjentów (szczególnie u kobiet po menopauzie), co uniemożliwia skuteczną ocenę przepływu [16].

Przechczaszkowa ultrasonografia z kodowanym kolorowo przepływem (TCCD) jest badaniem dokładniejszym w porównaniu z metodą ślepego Dopplera, ponieważ uwidocznienie przebiegu naczynia pozwala dokładniej ocenić prędkość przepływu (korekcja kąta pomiaru w jednej płaszczyźnie) i jego kierunek (ryc. 12). Ma to szczególne znaczenie przy ocenie kierunku przepływu w tętnicach łączących mózgu (przedniej i tylnej), stanowiących główne drogi krążenia obocznego w obrębie naczyń mózgowia. Oprócz stanów



Rycina 11. Obraz sygnałów mikrozatorów w badaniu USG przezczaszkowym tętnicy mózgu środkowej u chorego z przetwiałym otworem owalnym — przeciek z krążenia małego do dużego (znacznego stopnia) u chorego z przetwiałym otworem owalnym: **A.** Rozkład czasowy częstotliwości sygnału mikrozatoru; **B.** widmo dopplerowskie przepływu z obecnym sygnałem hipertensywnym (wykonano w Pracowni Ultrasonografii Dopplerowskiej Kliniki Neurologii Dorosłych Akademii Medycznej w Gdańsku, aparatem Multi Dop T2 DWL)

układu żylnego na podstawie mózgu. Ponadto badanie TCCD pozwala dokładniej ocenić przepływ krwi w tętnicach układu kręgowo-podstawnego, gdyż pod kontrolą wzroku łatwiej jest odróżnić przepływ krwi w biegnących blisko siebie naczyniach (obu tętnicach kręgowych i w tętnicy podstawnej) (ryc. 13).

Ograniczeniem stosowania badania TCCD jest, podobnie jak w TCD, brak dobrego okna kostnego skroniowego. Ponadto, ze względu na fizyczne właściwości fali ultradźwiękowej stosowanej w TCCD, metodą tą nie można zobrazować ściany naczynia mózgowego, widoczny jest jedynie przepływ krwi w jego świetle. Wadą jest również wyższa, w porównaniu z TCD, cena aparatury, przekładająca się na wyższą jakość przy interpretacji wyników. Większe znaczenie ma również doświadczenie badającego.

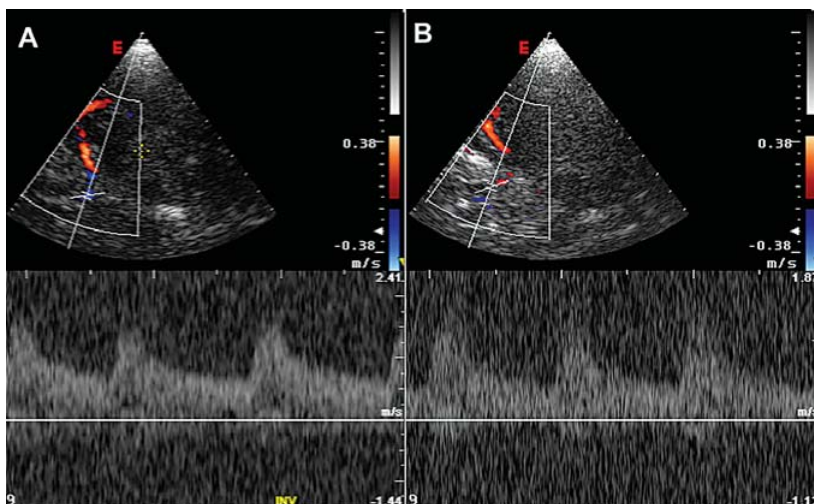
WYKORZYSTANIE METOD USG W PRAKTYCE AMBULATORYJNEJ

Do podstawowych wskazań do skierowania pacjenta na badania USG typu Duplex-Doppler naczyń zewnątrzczaszkowych w warunkach ambulatoryjnych należą:

- wszystkie objawy wskazujące na możliwość przebycia incydentu niedokrwienia mózgu (zaniewidzenie na jedno oko, drętwienia połowy ciała, zawroty głowy, szybko przemijające niedowłady itp.);
- kontrolne badanie tętnic szyjnych (co 6 miesięcy) w przypadkach wcześniejszego stwierdzenia 50–69-procentowego zwężenia w celu monitorowania, czy zwężenie nie narasta (rutynowo kwalifikacja do zabiegu udrożnienia przy objawowym zwężeniu $\geq 70\%$);
- kontrola po przebytych zabiegach udrożnienia tętnic szyjnych, podobojczykowych lub kręgowych (co 6 miesięcy).

Specyficznymi wskazaniami do badania TCD lub TCCD w warunkach ambulatoryjnych są:

- stwierdzenie zwężenia tętnicy szyjnej w odcinku zewnątrzczaszkowym $\geq 70\%$



Rycina 12. Obraz TCCD krążenia obocznego w niedrożności lewej tętnicy szyjnej wewnętrznej: **A.** wzmożenie prędkości przepływu w tętnicy mózgu przedniej prawej z zachowaniem prawidłowego kierunku przepływu (przepływ od sondy, kolor niebieski), widmo odwrócone (INV); **B.** odwrócenie kierunku przepływu odcinka A1 tętnicy przedniej mózgu lewej (przepływ do sondy, kolor czerwony) (wykonano w Pracowni Ultrasonografii Dopplerowskiej Kliniki Neurologii Dorosłych Akademii Medycznej w Gdańsku, aparatem ESAOTE Technos)

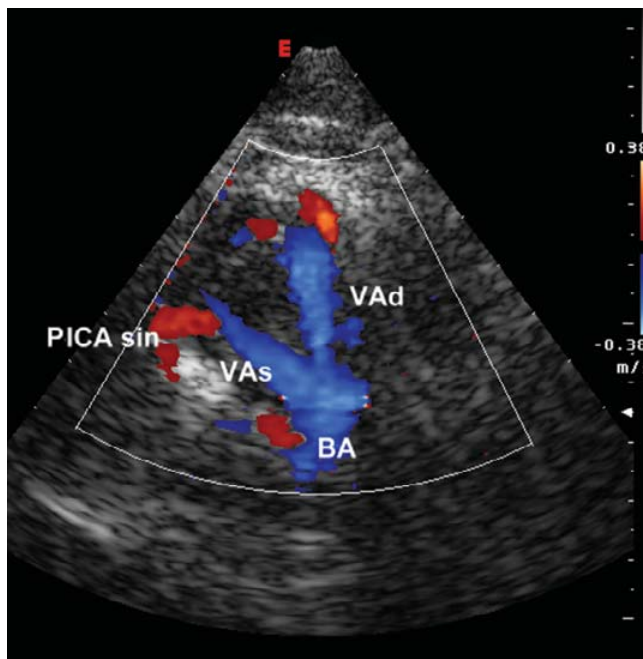
patologicznych, wymienionych wśród zastosowań ślepego Dopplera (TCD), metodą USG Duplex (TCCD) można dodatkowo uwidocznić tętniaki naczyń na podstawie mózgu (o średnicy > 5 mm) oraz naczynia

w celu określenia wewnątrzczaszkowych dróg krążenia obocznego, stopnia zaburzeń przepływu w tętnicach wewnątrzczaszkowych wywołanych zwężeniem zewnątrzczaszkowym, wykluczenia współistniejących zwężeń naczyń wewnątrzczaszkowych. Wszystkie te informacje wykorzystuje się do prawidłowej kwalifikacji do zabiegów udroźnienia;

- zwężenie tętnicy podobojczykowej z podejrzeniem zespołu podkradania w tętnicy kręgowej w celu określenia stopnia upośledzenia przepływu w tętnicy podstawnej i tętnicach tylnych mózgu;
- brak możliwości sprecyzowania stopnia zwężenia tętnicy szyjnej zewnątrzczaszkowo w badaniu USG Duplex ze względu na wysoki podział tętnicy szyjnej wspólnej lub przesłonięcie światła naczynia przez uwapnione blaszki miażdżycowe. Ocena przepływów wewnątrzczaszkowych pozwala na pośrednią ocenę zaawansowania patologii w naczyniach zewnątrzczaszkowych;
- diagnostyka przecieków z krążenia małego do dużego (np. PFO) w chorobach wskazujących na taką możliwość (przemijający napad niedokrwienności lub udar mózgu o nieznaną przyczynie, szczególnie u osób < 55 rż., występowanie migreny z aurą).

PODSUMOWANIE

Badania USG stanowią doskonałą metodę nieinwazyjnej diagnostyki naczyń krążenia mózgowego (zewnątrz- i wewnątrzczaszkowych), a znaczne rozpowszechnienie chorób naczyniowych ośrodkowego układu nerwowego wymusza coraz częstsze



Rycina 13. Badanie TCCD przez okno podpotyliczne naczyń krążenia „tylnego” mózgu: VAs — tętnica kręgowa lewa, VAd — tętnica kręgowa prawa, BA — tętnica podstawna, PICA sin — tętnica mózdzkowa tylna dolna lewa (wykonano w Pracowni Ultrasonografii Dopplerowskiej Kliniki Neurologii Dorosłych Akademii Medycznej w Gdańsku, aparatem ESAOTE Technos)

ich wykorzystywanie w praktyce ambulatoryjnej. Znikoma inwazyjność, niska cena oraz bezpieczeństwo stosowania powodują, że metody te są niezastąpione w badaniach przesiewowych, a często uzupełniają również informacje uzyskane za pomocą bardziej zaawansowanych technologicznie i droższych metod diagnostyki naczyniowej. Postęp technik ultrasonograficznych (np. obrazowanie trójwymiarowe, kodowanie przepływu B-flow, perfuzyjne badanie ultradźwiękowe mózgu) i miniaturyzacja aparatów (przenośne aparaty do TCD i badań dupleksowych) istotnie poszerzają możliwości diagnostyczne współczesnej neurosonologii.

PIŚMIENNICTWO

1. Rekomendacje grupy ekspertów Narodowego Programu Profilaktyki i Leczenia Udaru Mózgu. *Neurologia i Neurochirurgia Polska* 2003; supl. 6.
2. Ryglewicz D., Milewska D. Epidemiologia udaru mózgu. W: Mazur R., Książkiewicz B., Nyka W.M. (red.). *Udar mózgu w praktyce lekarskiej*. Via Medica, Gdańsk 2004; 5–14.
3. Molina C., Montaner J., Arenillas J. i wsp. Differential pattern of tissue plasminogen activator-induced proximal middle cerebral artery recanalization among stroke subtypes. *Stroke* 2004; 35 (2): 486–490.
4. Małek A. (red.). *Ultrasonografia dopplerowska*. Medipage, Warszawa 2003.
5. Kozera G., Wojczal J., Gąsecki D. Badanie ultrasonograficzne w diagnostyce i leczeniu udaru mózgu. W: Siebert J., Nyka W. (red.). *Udar mózgu: postępowanie diagnostyczne i terapia w ostrym okresie udaru*. Wyd. 2. Via Medica, Gdańsk 2007; 62–71.
6. Bartels E. *Color-Coded Duplex Ultrasonography of the Cerebral Vessels. Atlas and Manual*. Schattauer, Stuttgart 1999; VII–XVIII.
7. Guidelines for Prevention of Stroke in Patients With Ischemic Stroke or Transient Ischemic Attack. A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association Council on Stroke Co-Sponsored by the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. *Stroke* 2006; 37: 577–617.
8. European Stroke Initiative Executive Committee and the EUSI Writing Committee: European Stroke Initiative Recommendations for Stroke Management — update 2003. *Cerebrovasc. Dis.* 2003; 16: 311–337.
9. Touboul P.-J., Hennerici M., Meairs S. On Behalf of Advisory Board of 3rd watching risk symposium 2004, 13th ESC Mannheim 2004: Mannheim intima-media thickness consensus. *Cerebrovascular Diseases* 2004; 18: 346–349.
10. Chernyshev O., Garami Z., Calleja S. i wsp. Yield and accuracy of urgent combined carotid/transcranial ultrasound testing in acute cerebral ischemia. *Stroke* 2005; 36 (1): 32–37.
11. Aleksandrov A.V. (red.). *Cerebrovascular ultrasound in stroke prevention and treatment*. Blackwell Publishing, NY, 2004.
12. Monteiro L., Bollen C., van Huffelen A. Transcranial Doppler ultrasonography to confirm brain death: a meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2006; 32: 1937–1944.
13. Jauss M., Zanette E. Detection of right-to-left shunt with ultrasound contrast agent and transcranial Doppler sonography. *Cerebrovasc. Dis.* 2000; 10 (6): 490–614.
14. Piechowski-Jóźwiak B., Kwieciński H. Ischaemic stroke in patients with patent foramen ovale. *Neurol. Neurochir. Pol.* 2007; 41 (1): 55–63.
15. Belvis R., Leta R.G., Martí-Fàbregas J. i wsp. Almost perfect concordance between simultaneous transcranial Doppler and transesophageal echocardiography in the quantification of right-to-left shunts. *J. Neuroimaging.* 2006; 16 (2): 133–138.
16. Baumgartner R.W. *Transcranial insonation*. W: Baumgartner R.W. *Handbook on neurovascular ultrasound*. Karger. Basel. 2006; 105–118.