



Badania ultrasonograficzne z zastosowaniem środków kontrastujących

CEUS – Contrast Enhanced Ultrasound

Andrzej Fedak

Katedra Radiologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego, ul. Kopernika 19, 31-501 Kraków, tel. +48 12 424 77 61, e-mail: radiologia@su.krakow.pl

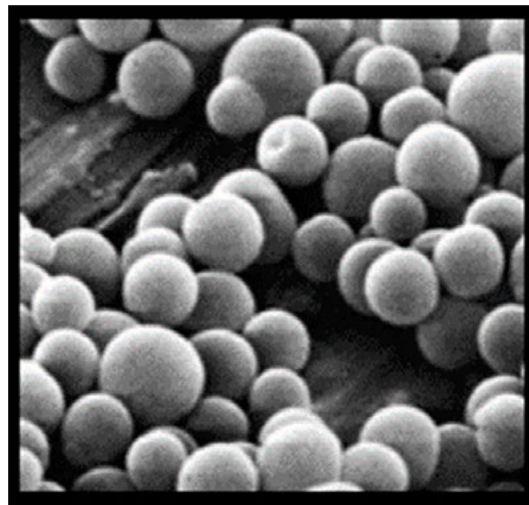
Wprowadzenie

Odkrycie, że wypełnione powietrzem lub innym gazem mikropęcherzyki znakomicie nadają się do wykorzystania jako środek kontrastujący w badaniach ultrasonograficznych (USG), spowodowało rozwój technik badania przepływów krwi na zasadzie obserwacji zmian wzmocnienia kontrastowego.

Dotyczy to zarówno przepływów w sercu, dużych (aorta), średnich (tętnice szyjne, odgałęzienia aorty), małych (tętnice płątowe i segmentowe oraz łukowate w nerkach, tętnice koła Willisja) naczyniach, a także w naczyniach włosowatych. Domeną badań CEUS stały się zatem badania struktur naczyniowych, w tym neowaskularyzacji tkanek i narządów – zwłaszcza narządów mięjszowych.

Podstawą fizyczną zastosowania ultrasonograficznych środków kontrastujących było stwierdzenie faktu, że powodują one modyfikację impedancji akustycznej tkanek oraz podniesienie echogeniczności krwi. Należy zauważyć, że w odróżnieniu od środków kontrastujących stosowanych w innych metodach, mikrosfery środków kontrastujących, wykorzystywane w badaniach ultrasonograficznych, podlegają zmianom pod wpływem ultradźwięków używanych w czasie obrazowania.

Środkiem kontrastującym, używanym w badaniach CEUS, jest powietrze lub inny gaz (np. enfluran, perflubutan, octafluoropropan, perfluorocarbon) zamknięte w mikropęcherzykach utworzonych z albumin bądź fosfolipidów (Rys. 1).



Rys. 1 Obraz mikrosfer środka kontrastującego w mikroskopie elektronowym
Źródło: [7].

96

Streszczenie

Badania z zastosowaniem środków kontrastujących znacznie poszerzają możliwości ultrasonografii jako metody diagnostycznej. Autor przedstawił podstawy fizyczne, mechanizmy obrazowania oraz opisał możliwości zastosowania ultrasonografii z wykorzystaniem środków kontrastujących.

Słowa kluczowe: ultrasonografia, CEUS, środki kontrastujące

Abstract

Studies using contrast agents significantly expand the possibilities of ultrasonography as a diagnostic method. The author presented physical fundamentals, imaging mechanisms and described possibilities of using Contrast Enhanced Ultrasound.

Key words: ultrasonography, CEUS, contrast agents

otrzymano / received:

20.03.2019

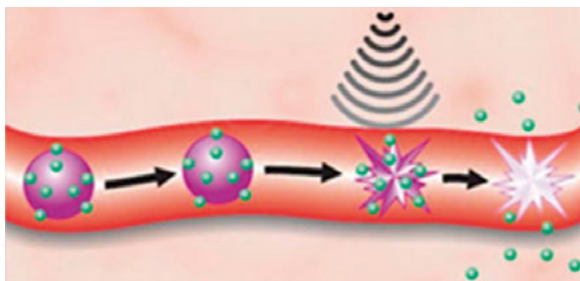
poprawiono / corrected:

29.03.2019

zaakceptowano / accepted:

03.04.2019

Mikropęcherzyki – mikrosfery o wymiarach (zależnie od preparatu) 1-10 mikrometrów ulegają destrukcji pod wpływem ultradźwięków, a ich składniki są eliminowane z organizmu w krótkim czasie; gaz jest w większości wydychany, natomiast fosfolipidy czy albuminy są metabolizowane w wątrobie (Rys. 2).



Rys. 2 Mechanizm obrazowania CEUS
Źródło: [2].

Przy niewielkich natężeniach fali ultradźwiękowej (MI – mechanical index $< 0,5$) cząsteczki preparatu kontrastującego są po prostu dodatkowymi powierzchniami odbijającymi ultradźwięki. Przy większych energiach akustycznych ($MI > 0,5$) w mikropęcherzykach preparatów kontrastujących zastosowanych do badania powstają drgania nieliniowe, prowadzące do powstania wyższych częstotliwości harmonicznych, czyli drgań o częstotliwości będącej całkowitą wielokrotnością częstotliwości nadawanej przez sondę ultrasonograficzną. Przy bardzo wysokich energiach fali ultradźwiękowej osłonki pęcherzyków pękają, emitując bardzo silny sygnał (rozproszenie transjentowe – emisja wymuszona).

W aparatach USG, w których sygnał dopplerowski jest używany metodą autokorelacji, pękanie pęcherzyków środka kontrastującego prowadzi do nagłej utraty korelacji sygnału i uzyskania silnego, niejednorodnego obrazu w badaniu dopplerowskim kodowanym kolorem (technika utraty korelacji).

Obraz wzmocnienia powstaje w wyniku efektu zwolnienia rozchodzenia się ultradźwięków na granicy ośrodków oraz w wyniku powstawania rezonansu na powierzchni gwałtownie kurczących się i rozprężających pod wpływem fal ultradźwiękowych mikropęcherzyków gazu.

Kolejnym zjawiskiem wykorzystywanym w obrazowaniu ultrasonograficznym ze wzmocnieniem kontrastowym jest efekt uwolnienia gazu z pęcherzyków pod wpływem uderzenia silną falą ultradźwiękową Power Doppler, w technice flash (*replenish*) mode.

W czasie badania, po podaniu dożylnym ultrasonograficznego środka kontrastującego, obserwuje się rodzaj przepływu, obecność turbulencji, sposób i kierunek wyptukiwania, oraz czas jego przebywania w tkankach.

Wzmocnienie kontrastowe naczyń mikrokrążenia, powstające w czasie dystrybucji środka kontrastowego, jest oceniane subiektywnie przez badającego bądź też na podstawie oceny krzywych wysycenia w opracowaniu postprocessingowym na stacjach roboczych.

Z uwagi na właściwości farmakokinetyczne, ultrasonograficzne środki kontrastujące dzieli się na:

- preparaty nieprzechodzące przez łożysko naczyniowe płuc – mające krótki okres działania, uwidacznia się jedynie prawa komora serca. Jako środek kontrastujący wykorzystane są pęcherzyki powietrza w otoczcze z albumin ludzkich (preparat Echovist);
- preparaty przechodzące przez łożysko naczyniowe płuc:
 - 1) o krótkim czasie półtrwania (poniżej 5 min od podania dożylnego), które dają niski sygnał w obrazowaniu harmonicznym przy użyciu niskich mocy akustycznych (preparaty Albunex, Levovist);
 - 2) o długim czasie półtrwania (powyżej 5 min od podania dożylnego), które dają wysoki sygnał w obrazowaniu harmonicznym przy użyciu niskich mocy akustycznych; są to preparaty, w których zastosowano związki fluoru i siarki (preparaty Echogen, Optison, SonoVue, Sonovist);
- preparaty wychwytywane w wątrobie i śledzionie dające możliwość obrazowania po upłynięciu fazy naczyniowej (preparaty Levovist, Sonovist, Sonazoid).

Obecnie dopuszczonymi do stosowania w Polsce środkami kontrastującymi w ultrasonografii są preparat SonoVue (Bracco), który zawiera sześćfluorek siarki, stabilizowany fosfolipidami oraz Optison (GE Healthcare), zawierający octafluoropropan, w otoczcze albumin ludzkich (preparat dopuszczony jedynie do badań echokardiograficznych).

Dużą zaletą badań ultrasonograficznych z wykorzystaniem wzmocnienia kontrastowego jest ich bezpieczeństwo. Ultrasonograficzne środki kontrastowe są bardzo dobrze tolerowane – opisywane reakcje anafilaktyczne po ich podaniu oceniane są na 0,001% przypadków. Nie stwierdzono cech ich nefrotoksyczności, a okres półtrwania wynosi około 12 minut. Nie stwierdzono także działania toksycznego ani powikłań zatorowych po podaniu środków kontrastujących CEUS. Ultrasonograficzne środki kontrastujące nie przechodzą przez barierę łożyskową.

Najważniejszym mechanizmem mogącym prowadzić do wystąpienia działań niepożądanych ultrasonograficznych środków kontrastujących jest wywoływanie kawitacji. W czasie kawitacji może dochodzić do powstawania wolnych rodników, przejściowej przepuszczalności lub uszkodzenia błon komórkowych (sonoporacja) oraz uszkodzenia naczyń włosowatych (powstawanie wybroczyn). W badaniach echokardiograficznych stwierdzono rzadkie przypadki generowania dodatkowych skurczów komorowych.

W związku z możliwością wzrostu podatności na kawitację zaleca się powstrzymanie od wykonywania diagnostycznych badań usg i zabiegów litotrypsji w ciągu jednego dnia od podania ultrasonograficznych środków kontrastujących. Nie należy ich także używać w czasie litotrypsji – na przykład dla lepszego uwidocznienia nerek, ze względu na możliwość większego niż dopuszczalne uszkodzenia tkanek nerki.

W zaleceniach ICUS (International Contrast Enhanced Ultrasound Society) wyszczególnia się zastosowania technik CEUS, dzieląc wskazania do użycia techniki na wątrobowe i pozawątrobowe.



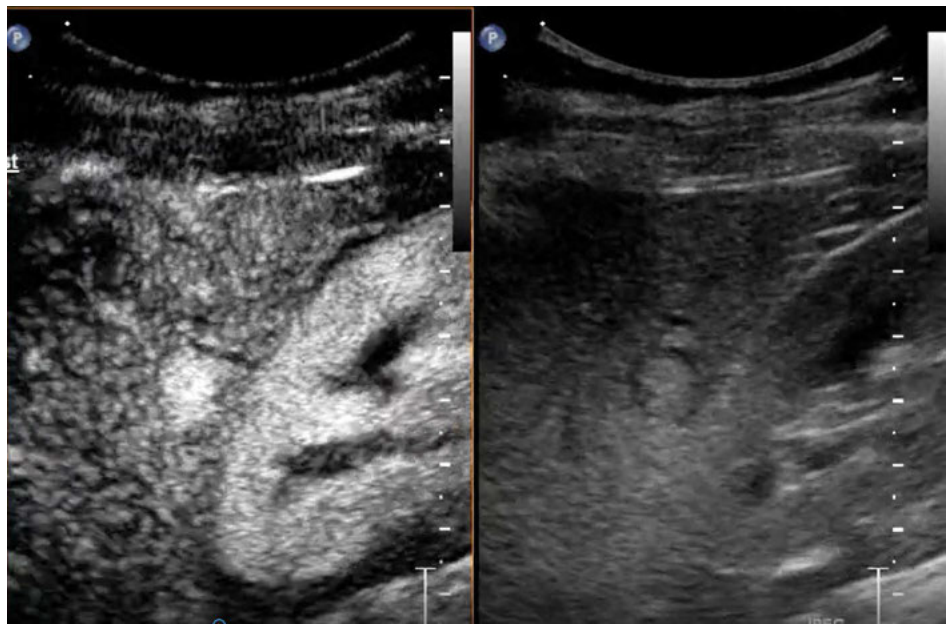
Zastosowania wątrobowe

W ocenie struktur patologicznych wątroby za pomocą badania CEUS wykorzystuje się obraz fizjologicznego mikrokrążenia oraz patologicznej waskularyzacji poszczególnych zmian. Celem ich różnicowania ocenia się rozkład unaczynienia, jego zmiany w czasie, np. wzrost napływu tętniczego ze zmniejszeniem przepływu wrotnego, obraz wypełnienia struktur (np. od obwodu do centrum), obecność i czas „wypłukiwania” (*wash-out*) środka kontrastującego w poszczególnych fazach (tętnicznej, żylniej czy wrotnej – późnej).

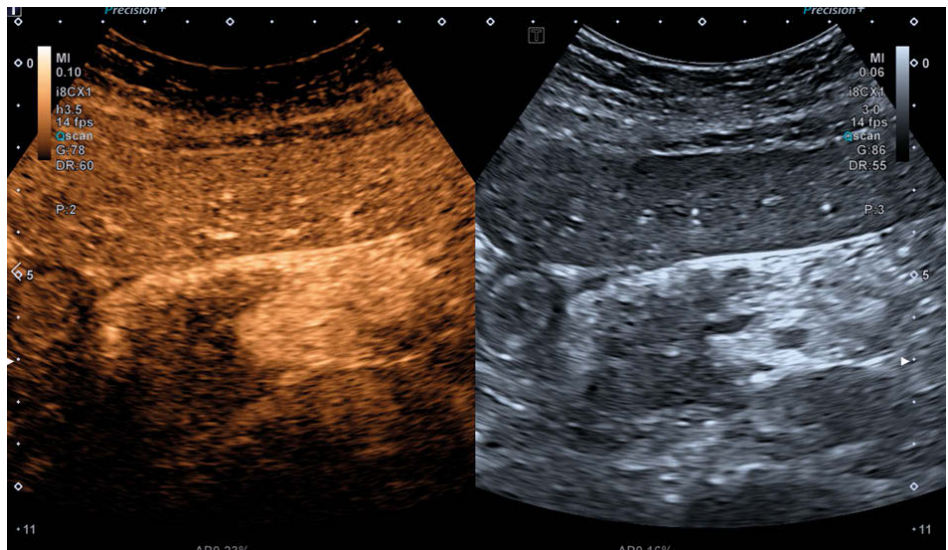
Badania CEUS stosowane są do wykrywania, oceny i weryfikacji zmian ogniskowych – rodzaju zmiany (ocena guzów łagodnych – gruczolaki, naczyniaki, guzki regeneracyjne – FNH, NRH), stwierdzenia ich złośliwości (pierwotne zmiany nowotworowe, przerzuty), stopnia dysplazji (FNH, NRH) czy też stwierdzenia stopnia zaawansowania procesu nowotworowego (staging) (Rys. 3).

Innym zastosowaniem CEUS jest ocena zaburzeń perfuzji, w tym ocena stopnia nadciśnienia wrotnego.

Kolejne zastosowania są obecnie w fazie badań klinicznych – w tym ocena zaawansowania chorób zapalnych czy też chorób spichrzeniowych wątroby.



Rys. 3 Naczyniak segment VII wątroby
Źródło: Materiał własny.



Rys. 4 Guz głowy trzustki w badaniu CEUS
Źródło: Materiał własny.

Dużym obszarem do wykorzystania środków kontrastujących w ultrasonografii są procedury określone przez ICUS jako pozawątrobowe. Najczęściej obecnie stosowane są w praktyce klinicznej następujące badania:

Serce (badania echokardiograficzne): ocena kurczliwości komór, stopień zwężenia tętnic wieńcowych.

Urologia pediatryczna: ocena refluksów pęcherzowo-moczowodowych i moczowodowo-miedniczkowych.

Nerki, śledziona, trzustka:

– ocena zmian łagodnych i złośliwych, ektopia, odmiany anatomiczne, monitorowanie leczenia (Rys. 4).

Piersi, tarczycy: ocena zmian łagodnych i złośliwych.

Naczynia:

– ocena anatomii i zaburzeń aorty, żyły próżnej dolnej, tętnic nerkowych, naczyń krążenia wrotnego, naczyń przedczaszkowych,

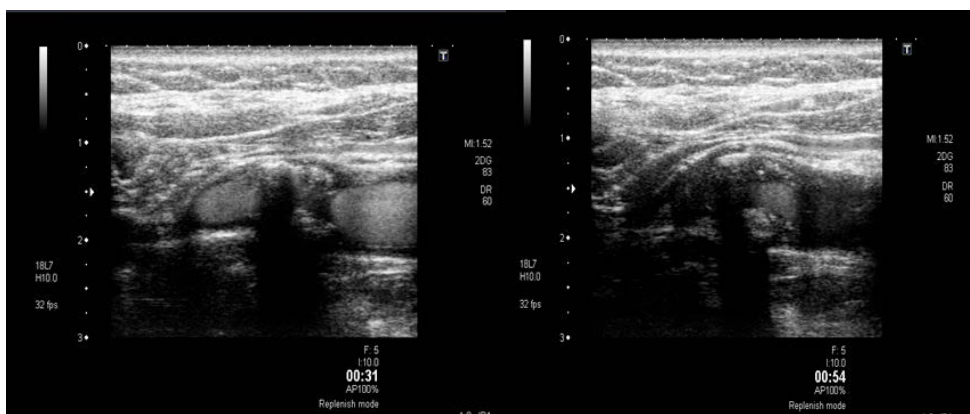
– ocena stabilności blaszek miażdżycowych,

– badania transkraniałne z oceną anatomii i patologii koła Willisaj,

– monitorowanie zabiegów radiologii interwencyjnej.

Chirurgia urazowa – monitorowanie przebiegu leczenia (Rys. 5).

Należy zwrócić uwagę na obecnie prowadzone badania kliniczne, które pozwolą na wykorzystanie ultrasonograficznych środków kontrastujących w terapii genowej, celowanej chemioterapii i innych, które wynikają z fizyki i fizjologii mikrosfer (sonopora, celowany wychwyty w układzie Kuepfera). *B*



Rys. 5 Obraz blaszki miażdżycowej w badaniu CEUS

Źródło: Materiał własny.

Literatura

1. F. Calliada, R. Campani, O. Bottinelli, A. Bozzini: *Ultrasound contrast agents: basic principles*, Eur J Radiol., 27(1), 1998, 157-160.
2. S. Coli et al.: *Contrast-enhanced ultrasound imaging of intraplaque neovascularization in carotid arteries: correlation with histology and plaque echogenicity*, J Am Coll Cardiol, 52(3), 2008, 223-230.
3. S. Karstrup, N.P. Juul, G. Furst et al.: *Contrast-enhanced color-coded duplex ultrasound of high grade carotid stenoses*, Ultraschall Med, 16(3), 1995, 140-144.
4. F. Piscaglia et al.: *The EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Practice of Contrast Enhanced Ultrasound (CEUS): update 2011 on non-hepatic applications*, Ultraschall Med, 33(1), 2012, 33-59.
5. S.A. Saha, V. Gourineni, S.B. Feinstein: *The Use of Contrast-enhanced Ultrasonography for Imaging of Carotid Atherosclerotic Plaques: Current Evidence, Future Directions*, Neuroimaging Clin N Am, 26(1), 2016, 81-96.
6. D. Staub et al.: *Contrast-enhanced ultrasound imaging of the vasa vasorum: from early atherosclerosis to the identification of unstable plaques*, JACC Cardiovasc Imaging, 3(7), 2010, 761-771
7. J.E. Streeter, P.A. Dayton: *WE-C-218-01: Ultrasound Contrast Agents*, Med Phys., 39, 2012, 3953.
8. G. Varetto et al.: *Contrast enhanced ultrasound in atherosclerotic carotid artery disease*, Int Angiol, 31(6), 2012, 565-571.
9. G. Varetto et al.: *Use of Contrast-Enhanced Ultrasound in Carotid Atherosclerotic Disease: Limits and Perspectives*, Biomed Res Int, 2015, 293163.

reklama



JESTEŚMY CZĘŚCIĄ
GRUPY BANKOWEJ

Pożyczka dla lekarzy na dowolny cel

Zadzwoń: **609 199 084**
Napisz: medlekarz@medfinance.pl

Nawet do 350 000 zł
na oświadczenie o dochodach.
Pożyczka dla lekarzy prowadzących
własną działalność gospodarczą.

Korzyści:

- » Minimum formalności
- » Okres spłaty do 84 miesięcy
- » Możliwość wcześniejszej spłaty
- » Faktura VAT na wartość prowizji
- » Prowizja i koszt odsetek jest kosztem uzyskania przychodu

BFF MEDFinance S.A.
al. J. Piłsudskiego 76, 90-330 Łódź

Sprawdź szczegóły na
www.medfinance.pl