

Otrzymano:
25.06.2017
Zaakceptowano:
28.12.2017
Opublikowano:
30.03.2018

Kliniczne zastosowania sonoelastografii śledziony – przegląd

Clinical applications of spleen ultrasound elastography – a review

Rafał Mazur^{1,2}, Milena Celmer^{1,2}, Jurand Silicki^{1,2}, Daniel Hołownia¹,
Patrik Pozowski³, Krzysztof Międzybrodzki^{1,2}

¹ Zakład Radiologii Ogólnej i Pediatrycznej, Uniwersytecki Szpital Kliniczny, Wrocław, Polska

² Katedra Radiologii, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Wrocław, Polska

³ Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Wrocław, Polska

Adres do korespondencji: Rafał Mazur, Zakład Radiologii Ogólnej i Pediatrycznej,
Uniwersytecki Szpital Kliniczny, ul. M. Curie-Skłodowskiej 68, 50-369 Wrocław,
e-mail: rafal8908@gmail.com, tel.: +48 71 112 006

DOI: 10.15557/JoU.2018.0006

Słowa kluczowe

sonoelastografia
śledziony,
zwłóknienie wątroby,
nadcisnienie wrotne,
żylaki przełyku,
mielofibroza

Keywords

spleen
sonoelastography,
liver fibrosis,
portal hypertension,
esophageal varices,
myelofibrosis

Abstract

In the last few years, notable technical progress has taken place in ultrasound elastography. Qualitative methods have been replaced by quantitative ones, such as: transient elastography, acoustic radiation force impulse and shear wave elastography. Owing to the fact that the spleen is superficially located, it is possible to obtain reliable measuring accuracy of its hardness using sonoelastography. Lately, many researchers have been investigating how spleen elasticity changes in patients infected with hepatitis B virus or hepatitis C virus and in patients suffering from liver fibrosis, portal hypertension, esophageal varices or myelofibrosis. In this article, we review the role and current status of accessible qualitative ultrasound elastography methods, including recent advances in the evaluation of spleen stiffness and its clinical utility. As study results demonstrate, spleen stiffness correlates with liver fibrosis and is helpful in determining the level of fibrosis in the METAVIR scoring system. In patients infected with hepatitis B virus or hepatitis C virus, spleen stiffness increases even when liver elasticity remains unaltered. Furthermore, it is useful in diagnosing portal hypertension or predicting existence of esophageal varices. Moreover, in patients suffering from biliary atresia after Kasai portoenterostomy, spleen sonoelastography may be helpful in selecting patients for liver transplantation as well as for choosing the best strategy for portal vein reconstruction before liver transplantation. In myelofibrosis, spleen stiffness correlates with bone marrow fibrosis and may be used to assess the response to treatment. Spleen sonoelastography is also useful in the monitoring of transjugular intrahepatic portosystemic shunt function.

Wstęp

Śledziona jest największym narządem limfatycznym człowieka. Jej głównymi funkcjami są tworzenie, przechowywanie i rozkład komórek krwi, jak również wytwarzanie i gromadzenie VIII czynnika krzepnięcia. Limfocyty w grudkach chłonnych biorą udział w tworzeniu przeciwciał. Miazga śledziony jest odpowiedzialna za wytwarzanie limfocytów, rozkład trombocytów i sta-

rych czerwonych krwinek, jak również za uwalnianie granulocytów⁽¹⁾.

Nieprawidłowe funkcjonowanie śledziony, splenomegalia i hipersplenizm zwykle wynikają z chorób systemowych. Mogą być spowodowane chorobami zakaźnymi, niedokrwistością hemolityczną, zaburzeniami mieloproliferacyjnymi, chorobami limfoproliferacyjnymi, ostrą białaczką lub chorobami autoimmunologicznymi. Żyła śledzionowa

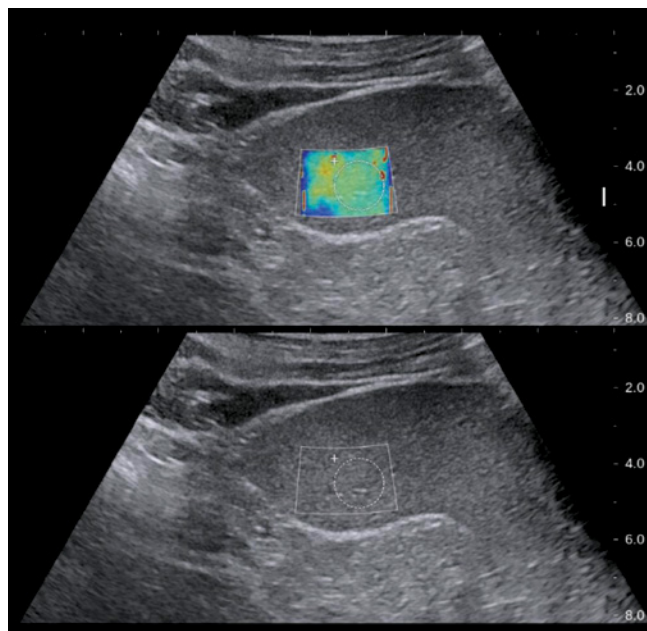
jest bezpośrednio połączona z żyłą wrotną – w rezultacie choroby, które wpływają na przepływ krwi w żyłę wrotnej, mogą również oddziaływać na śledzionę. Badania śledziony mogą być użyteczne w procesie diagnostycznym zwłóknienia wątroby, nadciśnienia wrotnego i żylaków przełyku.

Elastografia jest względnie nową, nieinwazyjną metodą diagnostyczną, która pozwala ocenić twardość tkanki⁽²⁾. Opiera się na założeniu, że patologicznie zmieniona tkanka jest twardsza niż zdrowa⁽³⁾. Badania, w których oceniano włóknienie wątroby, układ mięśniowo-szkieletowy, piersi, prostatę, jądra i węzły chłonne, potwierdzają to założenie⁽⁴⁻⁹⁾. Wyróżnia się dwa główne typy elastografii: sonoelastografię i elastografię rezonansu magnetycznego. Sonoelastografię w uproszczeniu dzieli się na jakościową i ilościową. Metoda ilościowa, w której stopień twardości jest oceniany przez rytmiczny ucisk na badaną tkankę, jest mniej zaawansowana technicznie. Pomiaru mogą być również wykonywane trzymaną nieruchomo głowicą, dzięki fizjologicznym ruchom narządów wewnętrznych, które generują obrazy twardości badanej tkanki. Postęp technologiczny pozwolił na ulepszenie tej techniki i stworzenie metod jakościowych, takich jak: elastografia dynamiczna impulsowa (*transient elastography*, TE; FibroScan), elastografia impulsu mocy promieniowania akustycznego (*acoustic radiation force impulse*, ARFI) i elastografia fali poprzecznej (*shear wave elastography*, SWE) (ryc. 1).

Ocena twardości śledziony w ostatnich kilku latach była przedmiotem zainteresowania naukowców. Odkąd wiadomo, że metody elastografii dynamicznej dostarczają wiarygodnych wyników, były stosowane do oceny zmienności twardości śledziony w różnych chorobach. Celem tego przeglądu było usystematyzowanie ostatnich odkryć dotyczących oceny twardości śledziony przy użyciu jakościowych technik sonoelastograficznych.

Elastografia śledziony u zdrowych osób

Badanie śledziony przy użyciu sonoelastografii wymaga ustalenia normy dla zdrowych osób. Istnieje wiele prac, w których określono średnie wartości twardości śledziony i standardów badania. Pomiaru twardości śledziony są uzyskiwane u pacjentów w pozycji leżącej; w większości przypadków badania zostały przeprowadzone z lewym ramieniem w maksymalnym odwiedzeniu, za pomocą głowicy przyłożonej w lewej przestrzeni międzybrowowej⁽¹⁰⁻¹⁵⁾. Potwierdzono zwiększone wartości twardości śledziony podczas głębokiego oddychania⁽¹²⁾. W celu zmniejszenia ruchów oddechowych powszechnie instruuje się pacjentów, aby wstrzymali oddech^(4,14) – umożliwia to osiągnięcie jednorodnego elastogramu w czasie rzeczywistym całkowicie wypełnionego przestrzennie. U dzieci, które nie mogą kontrolować oddechu, pomiary są przeprowadzane podczas swobodnego oddychania, a ruchy oddechowe i inne nie wpływają na ich poprawność⁽¹⁰⁻¹¹⁾. Pomiaru mogą być wykonywane przy użyciu sondy liniowej lub typu convex. Badania potwierdziły, że nie ma istotnych różnic w średnich



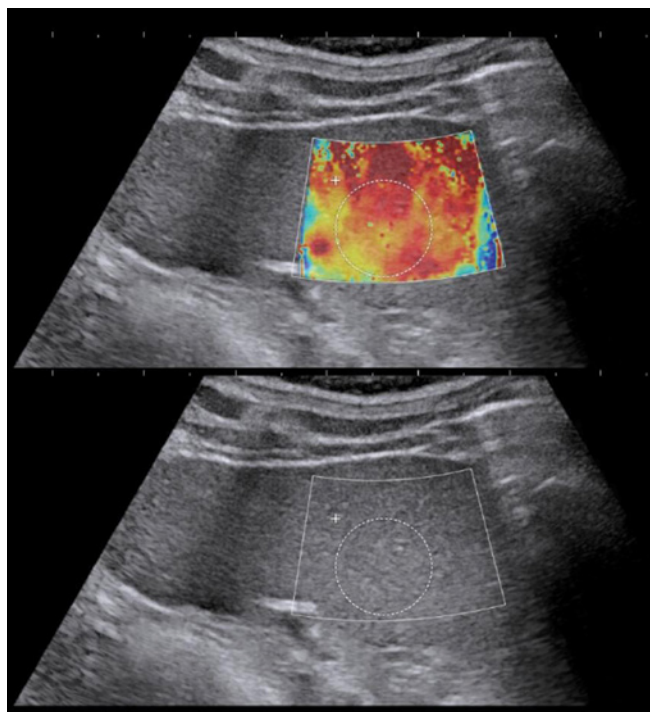
Ryc. 1. Widok SWE śledziony u zdrowego pacjenta. ROI wstawiony w miejscu o jednorodnej twardości

wartościach osiągniętych przez te dwa typy głowic, ale wyższą zmienność zaobserwowano przy badaniu sondą typu convex⁽¹⁰⁾. Ponadto Lee i wsp. udowodnili, że pomiary ARFI narządów mięsnych u dzieci są wykonalne zarówno przy użyciu sond o wysokiej, jak i niskiej częstotliwości⁽¹¹⁾.

Śledziona jest narządem o najwyższej sztywności w jamie brzusznej dorosłych badanych przy użyciu ARFI^(10,16). Zgodnie z badaniem Pawlusia i wsp. średnie wartości twardości śledziony wynoszą $16,6 \pm 2,5$ kPa: u mężczyzn ($N = 25$) $17,3 \pm 2,7$ kPa, u kobiet ($N = 34$) $16,1 \pm 2,2$ kPa. Leung i wsp. otrzymali podobne wartości, wynoszące $17,3 \pm 2,6$ kPa^(4,14). Średnie wartości prędkości fali poprzecznej (*shear-wave velocity*, SWV) dla śledziony otrzymane w badaniach metodą ARFI wynoszą $2,46 \pm 0,35$ m/s^(12,16). Nie wykazano związku pomiędzy płcią i elastycznością śledziony, jednakże istnieją badania sugerujące, że płeć może mieć wpływ na SWV w przypadku ARFI^(10-11,13-14). Oceniano również zależność sztywności śledziony od jej wymiarów, lecz nie znaleziono związku⁽¹³⁻¹⁴⁾. Dane dotyczące wpływu wieku na sztywność śledziony są rozbieżne. Wyniki badań twardo-

Autor	Twardość śledziony (kPa)				
	F0	F1	F2	F3	F4
Leung i wsp.	$17,3 \pm 2,6$	19,4	19,8	20,6	22
Rewisha i wsp.	$19,41 \pm 3,63$	$25,56 \pm 5,36$		$46,19 \pm 16,29$	
Giunta i wsp.	–	–	36	–	46
Grgurevic i wsp.	–	23	24		35

Tab. 1. Skala zwłóknienia wątroby METAVIR bazująca na wartościach twardości śledziony



Ryc. 2. Widok SWE śledziony u pacjenta z zaawansowanym zwłóknieniem wątroby. ROI wstawiony w miejscu o podwyższonej twardości

ści śledziony u dorosłych są niezależne od wieku, podczas gdy u dzieci wykazano związek z wiekiem^(10–11,13–14). Sztywność śledziony w pomiarach technikami elastografii wzrasta po spożyciu posiłku – u pacjentów może zostać błędnie rozpoznane wyższe stadium zaawansowania zwłóknienia wątroby, jeśli badanie wykonano do trzech godzin po posiłku⁽¹⁵⁾.

Twardość śledziony a zwłóknienie wątroby

Jednym z zastosowań elastografii śledziony jest ocena zwłóknienia wątroby według skali METAVIR. Śledziona stanowi jeden z pozawątrobowych rezerwuarów wirusa zapalenia wątroby typu C i miejsce pozawątrobowej replikacji wirusa zapalenia wątroby typu B^(17–19). Różnorodne badania wykazały, że twardość śledziony koreluje ze stopniem zwłóknienia wątroby^(4,20–25) – im bardziej zaawansowane włóknienie wątroby, tym twardsza śledziona (tab. 1, ryc. 2)^(4,20–25). Ta zależność jest silniejsza w istotnym zwłóknieniu wątroby (METAVIR ≥ 2). Co ważne, twardość śledziony wzrasta u pacjentów zakażonych HBV lub HCV nawet wówczas, gdy twardość wątroby pozostaje niezmienną⁽²⁵⁾.

Związek pomiędzy twardością śledziony a nadciśnieniem wrotnym i żylakami przełyku

Marskość wątroby jest ostatnim stopniem włóknienia wątroby, które może być spowodowane wieloma czynnikami, takimi jak: wirusowe zapalenie wątroby, przewlekłe nadużywanie alkoholu, autoimmunologiczne zapalenie wą-

troby, wrodzone i nabyte choroby metaboliczne, przewlekłe choroby dróg żółciowych z towarzyszącą cholestazą i przewlekłe leczenie niektórymi lekami (m.in. metotretksat, amiodaron, izoniazyd). Nadciśnienie wrotne i żylaki przełyku są konsekwencją zaawansowanego zwłóknienia wątroby. Żyła wrotna jest bezpośrednio połączona z żyłą śledzionową, dlatego zaburzenia przepływu krwi w żyłę wrotną mogą oddziaływać na śledzionę. Wyższość elastografii śledziony nad elastografią wątroby wynika z faktu, że śledziona nie jest dotknięta chorobą, która wywołała nadciśnienie wrotne, wobec czego twardość śledziony może być właściwszym parametrem w wykrywaniu nadciśnienia tętniczego i żylaków przełyku niż twardość wątroby. U pacjentów z marskością wątroby badania przesiewowe w kierunku wykrywania żylaków przełyku są bardzo istotne. Wykazano, że twardość śledziony koreluje z występowaniem nadciśnienia wrotnego^(26–32), ale zależność ta nie jest wystarczająco ścisła, aby ocenić jego stopień. Wyniki badań wskazują jednak, że elastografia śledziony może być użyteczna w wykrywaniu obecności istotnego klinicznie nadciśnienia wrotnego^(26–32). Wartości twardości śledziony osiągnięte u pacjentów z istotnym klinicznie nadciśnieniem wrotnym mieściły się w przedziale 35,6–75 kPa^(26–32).

Metaanaliza przeprowadzona przez Ma i wsp. wykazała, że elastografia śledziony może mieć zastosowanie w identyfikacji pacjentów z żylakami przełyku, i udowodniła jej wyższość nad elastografią wątroby w tej konkretnej chorobie⁽²⁷⁾. Jednakże według Parka i wsp. przydatność elastografii śledziony w wykrywaniu żylaków przełyku zależy od przyczyny marskości wątroby. W odniesieniu do tego badania elastografia śledziony nie jest wiarygodną metodą prognostyczną występowania żylaków przełyku wywołanych przez alkoholową marskość wątroby⁽³³⁾. Zgodnie z dostępnym piśmiennictwem elastografia śledziony nie jest użyteczna w określaniu stopnia zaawansowania żylaków przełyku^(27,33–35). Pojedyncze badania wykazały, że twardość śledziony koreluje z występowaniem krwawienia z żylaków przełyku^(36–37), ale przydatność elastografii w tym zakresie wymaga dalszych badań.

Inne zastosowania

Sonoelastografia śledziony jest również użyteczna w diagnostyce i ocenie innych schorzeń. Twardość śledziony koreluje ze średnicą żyły wrotnej, nadciśnieniem tętniczym i dysfunkcją wątroby u pacjentów cierpiących na zarośnięcie dróg żółciowych leczonych portoenterostomią sposobem Kasai⁽³⁸⁾. Według Uchidy i wsp. elastografia śledziony u tych chorych może być stosowana do nieinwazyjnej oceny zaawansowania nadciśnienia wrotnego i dysfunkcji wątroby, jak również może być pomocna podczas selekcji pacjentów do przeszczepu wątroby oraz w wyborze optymalnej strategii rekonstrukcji żyły wrotnej przed transplantacją wątroby⁽³⁸⁾.

Mielofibroza może być rozpoznawana w badaniu śledziony metodą FibroScan i SWE. Jednakże pomiary te mają małą wartość w różnieniu pacjentów z mielofibrozą oraz cierpiących na marskość wątroby⁽³⁹⁾. Inni autorzy sugerują, że TE jest użytecznym narzędziem w ocenie twardości

śledzony w początkowym stadium mielofibrozy, jako marker stopnia zwłóknienia szpiku kostnego podczas monitoringu odpowiedzi na innowacyjne terapie mielofibrozy⁽⁴⁰⁾. Inny przykład zastosowania elastografii śledzony to monitoring funkcjonowania przeszłyjnego wewnątrzwątrobowego zespolenia wrotno-układowego (*transjugular intrahepatic portosystemic shunt*, TIPS); udowodniono, że SWV jest zgodne z szybkością przepływu śledzionowo-wrotnego w ilościowym monitorowaniu funkcji TIPS i określaniu dysfunkcji TIPS⁽⁴¹⁾.

Podsumowując, sonoelastografia śledziony jest przydatna w rozmaitych dolegliwościach, m.in. schorzeniach powodujących splenomegalię, łącznie z infekcjami, chorobami depozytowymi i zaburzeniami limfoproliferacyjnymi. Jednakże powstało niewiele publikacji na ten temat, co sprawia, że jest to ciekawy obszar do dalszych badań.

Podsumowanie

Pomimo że elastografia śledziony nie jest powszechnie stosowana, została udowodniona jej kliniczna przydatność,

Piśmiennictwo

- Traczyk W: Fizjologia człowieka w zarysie. PZWL, Warszawa 1992: 231–237.
- Bamber J, Cosgrove D, Dietrich CF, Fromageau J, Bojunga J, Calliada F *et al.*: EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. *Ultraschall Med* 2013; 34: 169–184.
- Ophir J, Céspedes I, Ponnekanti H, Yazdi Y, Li X: Elastography: A quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrason Imaging* 1991; 13: 111–134.
- Leung VY, Shen J, Wong VW, Abrigo J, Wong GL, Chim AM *et al.*: Quantitative elastography of liver fibrosis and spleen stiffness in chronic hepatitis B carriers: Comparison of shear-wave elastography and transient elastography with liver biopsy correlation. *Radiology* 2013; 269: 910–918.
- Zaleska-Dorobisz U, Pawluś A, Szymańska K, Łasecki M, Ziajkiewicz M: Ultrasound elastography: Review of techniques and its clinical applications in pediatrics. Part 2. *Adv Clin Exp Med* 2015; 24: 725–730.
- Porsch M, Görner C, Wendler JJ, Liehr UB, Lux A, Siedentopf S *et al.*: Elastografia fali poprzecznej nie pozwala na odróżnienie zmian w sterzu o charakterze złośliwym i łagodnym – analiza porównawcza wyników biopsji, badania histopatologicznego i elastografii. *J Ultrason* 2016; 16: 348–358.
- Dobruć-Sobczak K: Różnicowanie charakteru litych zmian ogniskowych w piersiach w sonoelastografii kompresyjnej. Część II: Ocena wartości diagnostycznej klasyfikacji BIRADS-usc, skali Tsukuba oraz wskaźnika FLR. *J Ultrason* 2012; 13: 31–49.
- Paluch Ł, Nawrocka-Laskus E, Wieczorek J, Mruk B, Frel M, Walecki J: Use of ultrasound elastography in the assessment of the musculoskeletal system. *Pol J Radiol* 2016; 81: 240–246.
- Jędrzejwski G, Wieczorek AP: Wieloparametryczna ultrasonografia w diagnostyce worka mosznowego i jąder niezstąpionych u chłopców. *J Ultrason* 2013; 13: 425–430.
- Cañas T, Fontanilla T, Miralles M, Maciá A, Malalana A, Román E: Normal values of spleen stiffness in healthy children assessed by acoustic radiation force impulse imaging (ARFI): Comparison between two ultrasound transducers. *Pediatr Radiol* 2015; 45: 1316–1322.
- Lee MJ, Kim MJ, Han KH, Yoon CS: Age-related changes in liver, kidney, and spleen stiffness in healthy children measured with acoustic radiation force impulse imaging. *Eur J Radiol* 2013; 82: e290–e294.
- Karlas T, Lindner F, Tröltzsch M, Keim V: Assessment of spleen stiffness using acoustic radiation force impulse imaging (ARFI): Definition of examination standards and impact of breathing maneuvers. *Ultraschall Med* 2014; 35: 38–43.
- Arda K, Ciledag N, Aktas E, Aribas BK, Köse K: Quantitative assessment of normal soft-tissue elasticity using shear-wave ultrasound elastography. *AJR Am J Roentgenol* 2011; 197: 532–536.
- Pawluś A, Inglot MS, Szymańska K, Kaczorowski K, Markiewicz BD, Kaczorowska A *et al.*: Shear wave elastography of the spleen: evaluation of spleen stiffness in healthy volunteers. *Abdom Radiol (NY)* 2016; 41: 2169–2174.
- Kjaergaard M, Thiele M, Madsen BS, Jansen C, Trebicka J, Krag A: High risk of misclassifying liver stiffness using 2D shear-wave and transient elastography during a moderate or high calorie meal. *Hepatology* 2015; 62: 594A–595A.
- Gallotti A, D'Onofrio M, Pozzi Mucelli R: Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) technique in ultrasound with Virtual Touch tissue quantification of the upper abdomen. *Radiol Med* 2010; 115: 889–897.
- Baré P: Hepatitis C virus and peripheral blood mononuclear cell reservoirs Patricia Baré. *World J Hepatol* 2009; 1: 67–71.
- Laskus T, Radkowski M, Wang LF, Vargas H, Rakela J: Search for hepatitis C virus extrahepatic replication sites in patients with acquired immunodeficiency syndrome: Specific detection of negative-strand viral RNA in various tissues. *Hepatology* 1998; 28: 1398–1401.
- Di Bisceglie AM, Hoofnagle JH: Hepatitis B virus replication within the human spleen. *J Clin Microbiol* 1990; 28: 2850–2852.
- Trovato FM, Atzori S, Musumeci G, Tooley V, Marcinkowski H, Crossey MM *et al.*: Liver and spleen transient elastography and Acoustic Radiation Force Impulse Measurements. Performance and comparison of measurements in the same area concurrently assessed for liver fibrosis by biopsy. *Adv Med Sci* 2015; 60: 300–306.
- Rewisha EA, Elsabaawy MM, Alsebaey A, Elmazaly MA, Tharwa ES *et al.*: Evaluation of the role of liver and splenic transient elastography in chronic hepatitis C related fibrosis. *J Liver Disease Transplant* 2016; 5: 3.
- Giunta M, Conte D, Fraquelli M: Role of spleen elastography in patients with chronic liver diseases. *World J Gastroenterol* 2016; 22: 7857–7867.
- Grgeurevic I, Puljiz Z, Brnic D, Bokun T, Heinzl R, Lukic A *et al.*: Liver and spleen stiffness and their ratio assessed by real-time two dimensional-shear wave elastography in patients with liver fibrosis and cirrhosis due to chronic viral hepatitis. *Eur Radiol* 2015; 25: 3214–3221.

24. Ye XP, Ran HT, Cheng J, Zhu YF, Zhang DZ, Zhang P *et al.*: Liver and spleen stiffness measured by acoustic radiation force impulse elastography for noninvasive assessment of liver fibrosis and esophageal varices in patients with chronic hepatitis B. *J Ultrasound Med* 2012; 31: 1245–1253.
25. Pawluś A, Inglot M, Chabowski M, Szymańska K, Inglot M, Patyk M *et al.*: Shear wave elastography (SWE) of the spleen in patients with hepatitis B and C but without significant liver fibrosis. *Br J Radiol* 2016; 89: 20160423.
26. Jansen C, Bogs C, Verlinden W, Thiele M, Möller P, Görtzen J *et al.*: Shear-wave elastography of the liver and spleen identifies clinically significant portal hypertension: A prospective multicentre study. *Liver Int* 2017; 37: 396–405.
27. Ma X, Wang L, Wu H, Feng Y, Han X, Bu H *et al.*: Spleen stiffness is superior to liver stiffness for predicting esophageal varices in chronic liver disease: A meta-analysis. *PLoS ONE* 2016; 11: e0165786.
28. Rosselli M, Roccarina D, Patch D, Sekhar M, Majumdar A, O’Beirne J *et al.*: Point shear wave elastography (ElastPQ) is a reliable non-invasive tool for the diagnosis and characterisation of portal hypertension. *J Hepatol* 2017; 66: S667.
29. Zyklus R, Jonaitis L, Petrenkienė, V, Pranculis A, Kupčinskas L: Liver and spleen transient elastography predicts portal hypertension in patients with chronic liver disease: A prospective cohort study. *BMC Gastroenterol* 2015; 15: 183.
30. Colecchia A, Montrone L, Scaiola E, Bacchi-Reggiani ML, Colli A, Casazza G *et al.*: Measurement of spleen stiffness to evaluate portal hypertension and the presence of esophageal varices in patients with HCV-related cirrhosis. *Gastroenterology* 2012; 143: 646–654.
31. Hirooka M, Ochi H, Koizumi Y, Kisaka Y, Abe M, Ikeda Y *et al.*: Splenic elasticity measured with real-time tissue elastography is a marker of portal hypertension. *Radiology* 2011; 261: 960–968.
32. Calvaruso V, Bronte F, Conte E, Simone F, Craxi A, Di Marco V: Modified spleen stiffness measurement by transient elastography is associated with presence of large oesophageal varices in patients with compensated hepatitis C virus cirrhosis. *J Viral Hepat* 2013; 20: 867–874.
33. Park J, Kwon H, Cho J, Oh J, Lee S, Han S *et al.*: Is the spleen stiffness value acquired using acoustic radiation force impulse (ARFI) technology predictive of the presence of esophageal varices in patients with cirrhosis of various etiologies? *Med Ultrason* 2016; 18: 11–17.
34. Cassinotto C, Charrie A, Mouries A, Lapuyade B, Hiriart JB, Vergniol J *et al.*: Liver and spleen elastography using supersonic shear imaging for the non-invasive diagnosis of cirrhosis severity and oesophageal varices. *Dig Liver Dis* 2015; 47: 695–701.
35. Abdelbary MS, Kamal S, Albuhairei A, Khairy A, Zayed N, Yosry A: PTU-075 liver and spleen stiffness measurements based on acoustic radiation force impulse elastography for noninvasive assessment of esophageal varices in HCV-related advanced fibrosis. *Gut* 2016; 65: A89–A90.
36. Büchter M, Kahraman A, Manka P, Gerken G, Jochum C, Canbay A *et al.*: Spleen and liver stiffness is positively correlated with the risk of esophageal variceal bleeding. *Digestion* 2016; 94: 138–144.
37. Büchter M, Kahraman A, Manka P, Canbay A, Gerken G, Jochum C *et al.*: Spleen and liver stiffness measurement using transient elastography correlates well with hypertensive upper gastrointestinal bleeding risk – an evaluation of 143 patients. *Z Gastroenterol* 2015; 53: A2–A42.
38. Uchida H, Sakamoto S, Kobayashi M, Shigeta T, Matsunami M, Sasaki K *et al.*: The degree of spleen stiffness measured on acoustic radiation force impulse elastography predicts the severity of portal hypertension in patients with biliary atresia after portoenterostomy. *J Pediatr Surg* 2015; 50: 559–564.
39. Webb M, Shibolet O, Halpern Z, Nagar M, Amariglio N, Levit S *et al.*: Assessment of liver and spleen stiffness in patients with myelofibrosis using FibroScan and shear wave elastography. *Ultrasound Q* 2015; 31: 166–169.
40. Iurlo A, Cattaneo D, Giunta M, Gianelli U, Consonni D, Fraquelli M *et al.*: Transient elastography spleen stiffness measurements in primary myelofibrosis patients: A pilot study in a single centre. *Br J Haematol* 2015; 170: 890–892.
41. Gao J, Zheng X, Zheng YY, Zuo GQ, Ran HT, Auh YH *et al.*: Shear wave elastography of the spleen for monitoring transjugular intrahepatic portosystemic shunt function: A pilot study. *J Ultrasound Med* 2016; 35: 951–958.