Badania ultrasonograficzne: elastografia ultrasonograficzna

Ultrasound examination: ultrasound elastogaphy

Andrzej Fedak

Klinika Radiologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego, ul. Kopernika 19, 31-501 Kraków, tel. +48 12 424 77 61, e-mail: andrzejfedak@gmail.com

Wprowadzenie

Podobnie jak sama ultrasonografia może być nazwana współczesnym opukiwaniem (*percussio*) – rodzajem badania lekarskiego, podczas którego stan narządu określany jest na podstawie odgłosu powstającego przez uderzanie opuszką palca jednej ręki w palec drugiej ręki przyłożony do ciała, tak współczesnym odpowiednikiem kolejnej metody – palpacji (obmacywania), może być nazwane badanie elastograficzne.

Palpacja – rozumiana jako odczuwanie zmian sztywności tkanek i narządów – znana i opisywana od starożytności (papirus Ebersa oraz papirus Smitha), następnie przez Greków (Hipokrates) i Rzymian (Celsus), w czasach nowożytnych była szeroko stosowana. Dopiero jednak w latach 30. ubiegłego wieku rozpropagowana została jako uznana metoda badania fizykalnego. Jednak przez cały ten okres uznawana była jako metoda badania jakościowego, a nie ilościowego. Obecnie, „palpacja" doczekała się również możliwości oceny ilościowej badanych zjawisk przy zastosowaniu technik elastografii.

Podstawy fizyczne

Podstawą fizyczną elastografii jest stwierdzenie, że siły rozprężające i ściskające oraz siły ścinające powodują ściskanie i rozprężanie danych ośrodków. Każda z tych sił w wyniku zmian kształtów ośrodków powoduje powstanie fal mechanicznych.

Stwierdzono również, że szybkość propagacji (rozchodzenia się) opisywanych fal jest ściśle zależna od impedancji – oporności akustycznej, ośrodka, w którym się rozchodzą. Są one opisywane za pomocą różnych modułów – modułu Younga, modułu ścinającego oraz modułu objętościowego.

W przypadku elastografii ultradźwiękowej badaną oporność akustyczną – impedancję akustyczną – najlepiej opisuje moduł Younga. Stało się to w latach 90. ubiegłego wieku kanwą, na której oparto powstanie nowej techniki badania ultrasonograficznego – elastografii (Gennisson JL, Deffieux T, Fink M, Tanter M) [1].

W badaniach elastografii ultrasonograficznej rozważane i opisywane są dwa podstawowe typy fal – fala podłużna (*longitudinal wave*) oraz fala ścinająca (*shear wave*).

Fala podłużna wywoływana jest – zależnie od metody elastografii – przez nacisk sondy obsługiwanej przez badającego bądź przez ultradźwięki emitowane przez samą sondę badającą lub przez dodatkową sondę wytwarzającą własną wiązkę ultradźwiękową, będącą źródłem fali.

Rozchodzenie się (propagacja) fali poprzecznej – ścinającej – zależnej od fali podłużnej, w badanych ośrodkach, jest odbierana i mierzona za pomocą szybko „próbkującej" sondy ultrasonograficznej. Dane podawane są zależnie od stosowanej metody, w wartościach prędkości jej rozchodzenia się w badanym ośrodku (m/s) bądź też przeliczane są na sztywność danego ośrodka (wyrażaną w jednostkach ciśnienia – kPa).

168

Streszczenie

Badania ultrasonograficzne z wykorzystaniem zjawiska propagacji fali ścinającej w ośrodkach o różnej impedancji akustycznej – oporności tkanek w czasie przechodzenia przez nie fali mechanicznej – ultradźwiękowej, są w stanie wykazać metodami obrazowymi obecność zmian, które mogą być stwierdzone jedynie w badaniach histopatologicznych.

Autor przedstawia podstawy fizyczne, mechanizmy obrazowania oraz podstawowe zastosowania metody.

Słowa kluczowe: ultrasonografia, impedancja, elastografia fali ścinającej

Abstract

Ultrasound examinations, using the shear wave propagation phenomenon in medium with different acoustic impedance – tissue resistance during the passing of a mechanical wave – ultrasound wave, are able to show, by means of imaging methods, the presence of changes that can be found only in histopathological studies.

The author presents physical fundamentals, imaging mechanisms and basic applications of the modern ultrasound examination method.

Key words: ultrasonography, impedance, shear-wave elastography

otrzymano / received:
06.05.2019
poprawiono / corrected:
13.05.2019
zaakceptowano / accepted:
20.05.2019

Metody elastografii

Zależnie od metody tworzenia fali podłużnej w ultrasonografii stosowane są dwie zasadnicze techniki:

Obrazowanie Strain (Strain Imaging) – metoda obrazu odkształcenia, wykorzystująca jako źródło tworzenia fali podłużnej ucisk sondy (SI) bądź ultradźwięki emitowane przez sondę (ARFI SI – Acoustic Radiation Force Impuls Strain Image), gdzie pomiaru dokonuje się przez ocenę odkształcenia badanego obiektu.

Obrazowanie SWE (Shear Wave Ultrasonography), gdzie dokonuje się pomiaru prędkości rozchodzenia się fali poprzecznej, wytworzonej przez ultradźwięki, emitowane przez sondę. W obrazowaniu SWE stosuje się trzy podstawowe techniki elastograficzne – zależnie od metody pomiaru.

- Point Shear Wave (pSWE ARFI quantification – Siemens, Philips) technika wykorzystująca pomiar punktowy na przebiegu fali wytworzonej przez sondę ultrasonograficzną (technika stosowana od 2008 roku).
- Shear Wave Elastography – 2D SWE (Canon, GE, Siemens, SuperSonic) – najnowsza metoda realizująca pomiar na podstawie mapy odkształcenia ośrodka – określająca propagację fali przez uśrednienie odkształcenia.
- Transient Elastography – 1DTE (Fibroscan) wykorzystujące osobny emiter fali mechanicznej, odbieranej następnie za pomocą sondy ultrasonograficznej (były to pierwsze systemy pomiaru sztywności tkanek wątroby).

Ze względu na swoją nieinwazyjność oraz powszechną dostępność, elastografia ultrasonograficzna wydaje się być bardzo obiecującą metodą diagnostyczną.

Oczywiście, należy mieć na uwadze również ograniczenia metody, w tym zmiany elastyczności w związku z sąsiedztwem:

- tkanek nieściśliwych, niezmieniających objętości w czasie badania – kości, dużych elementów włóknistych,
- płynów.

Należy również zwrócić uwagę na brak idealnej powtarzalności badania, związanej z trudnym algorytmem badania, a co za tym idzie – znaczną zależność wyników od doświadczenia i umiejętności badającego.

Zastosowania elastografii

Rozlane choroby wątroby

Jedną z najczęstszych przyczyn przewlekłej choroby wątroby (CLD – Chronic Liver Disease), będącą obecnie dwunastą przyczyną śmierci w krajach rozwiniętych, jest jej choroba stłuszczeniowa – AFLD (Alcoholic Fatty Liver Disease), NAFLD (Non-Alcoholic Fatty Liver Disease) wraz z jej szybko postępującymi odmianami – ASH (Alcoholic Steato-Hepatitis) i NASH (Non-Alcoholic Stato-Hepatitis). Również coraz częściej spotykane zakażenia wirusami zapalenia wątroby oraz inne zmiany mogące doprowadzić do zmian zwyrodnieniowo-degeneracyjnych miąższu wątroby i docelowo do przebudowy marskiej wymuszają konieczność szybkiego podjęcia leczenia, czyli konieczność szybkiej diagnostyki tych schorzeń [3].

Jako badanie referencyjne w ocenie stanu miąższu wątroby nadal jest uważana jej biopsja, z oceną obrazu histologicznego w skali METAVIR, gdzie

- F0 = prawidłowa wątroba,
- F1 = minimalne zwłóknienie,
- F2 = objawowe zwłóknienie,
- F3 = poważne zwłóknienie,
- F4 = marskość.

Należy jednak zauważyć, że badanie to jest badaniem inwazyjnym, obciążonym licznymi możliwymi powikłaniami (przemijający ból, krwawienie, hemobilia, zapalenie otrzewnej, różnego rodzaju zakażenia, odma, krwawienie do jamy opłucnowej, a nawet przypadki zgonów).

Na podstawie licznych badań, empirycznie wykazano przydatność badania elastograficznego w ocenie stopnia zwłóknienia wątroby. Wykazano dużą – w różnych badaniach 92-97% zgodność wyników badania elastograficznego z obrazem badania histologicznego.

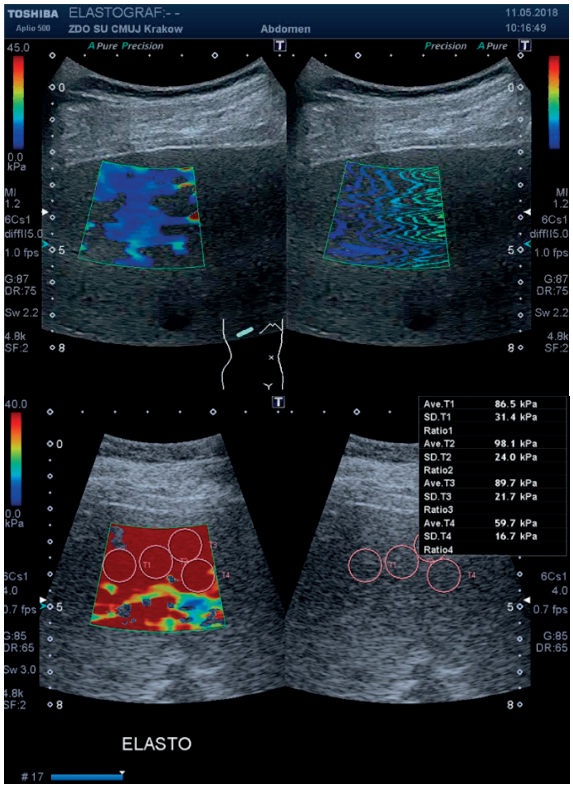
Skala METAVIR używana jest również w badaniach elastograficznych, niezależnie od zastosowanej metody (SE, SWE, ARFI, TE). Zawsze jednak konieczne jest zastosowanie odpowiednich tabel sztywności wątroby – zależnie od zastosowanej metody oraz systemu ultrasonograficznego. Należy również zwrócić uwagę na zmiany sztywności miąższu wątroby zależnie od nakładania się schorzeń – inne tabele należy zastosować np. w ocenie CH (Chronic Hepatitis) w przebiegu zakażenia pojedynczym wirusem (A, B, C), a inne w przypadku koinfekcji, w tym koinfekcji HIV. Również w przypadku marskości wątroby należy zwrócić uwagę na zmiany sztywności miąższu w przebiegu np. PBC (Primary Biliar Cirrhosis) oraz AIH (Autoimmunological Hepatitis) (Rys. 1).

Ogniskowe choroby wątroby

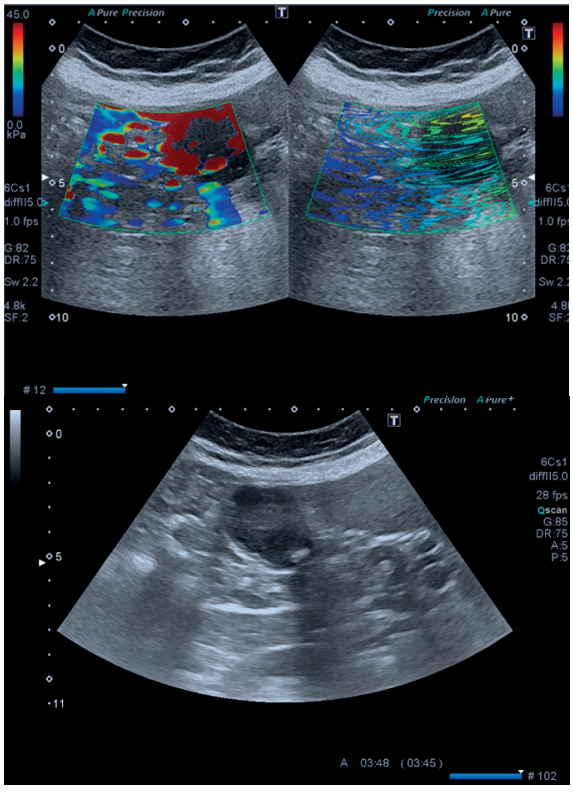
Na podstawie obecnie prowadzonych badań wykazano dużą wydolność metod elastograficznych w ocenie zmian ogniskowych wątroby – zwłaszcza w różnicowaniu zmian złośliwych i łagodnych [5]. Technika badania elastograficznego jest również przydatna w badaniach zmian ogniskowych pęcherzyka żółciowego (Rys. 2) i trzustki.

Choroby piersi

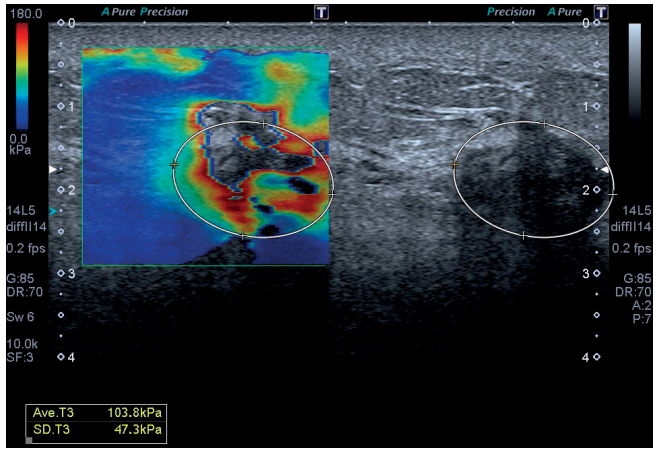
Obecnie rozwija się zastosowanie elastografii w badaniu zmian ogniskowych piersi i ocenie ich ewentualnej złośliwości [4]. Duże oczekiwania wiąże się z ultraszybkim próbkowaniem fali ścinającej z wykorzystaniem badań wolumetrycznych (Rys. 3). W kolejnej edycji leksykonu BI-RADS pojawiły się już zalecenia zastosowania elastograficznej oceny zmian ogniskowych do wyniku badania. W diagnostyce piersi obecnie stosuje się równolegle metody Strain Imaging oraz SWE.



Rys. 1 *Obraz elastograficzny marskości wątroby w przebiegu autoimmunologicznego zapalenia – Shear Wave Elastography, obraz segmentów obwodowych. Według skali METAVIR – F4*
Źródło: Materiał własny.



Rys. 2 *Obraz elastografii ściany pęcherzyka żółciowego – rak pęcherzyka*
Źródło: Materiał własny.

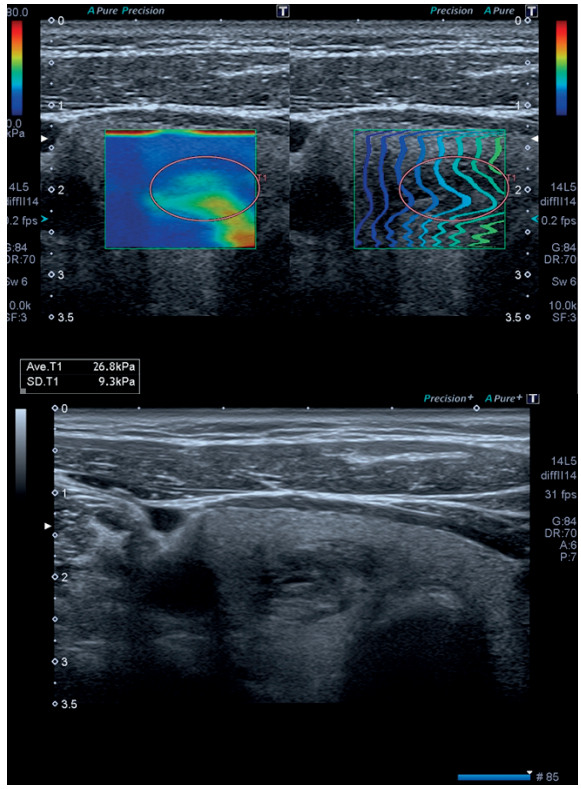


Rys. 3 *Obraz piersi w badaniu elastograficznym*
Źródło: Materiał własny.

Choroby tarczycy

Dotychczas najczęściej stosowaną metodą badania elastograficznego tarczycy była ocena ewentualnej charakterystyki badanej zmiany ogniskowej za pomocą Strain Elastography [6].

Zmiany klasyfikowano zgodnie ze skalą opisaną przez Tsukuba i wsp. Obecnie do badania zmian sztywności miąższu tarczycy stosuje się zmodyfikowaną skalę Tsukuba, która została przystosowana do opisywania i oceny zmian w badaniu SWE (Rys. 4); w dalszym etapie jest używana do oceny zmian kliniczno-histologicznych.



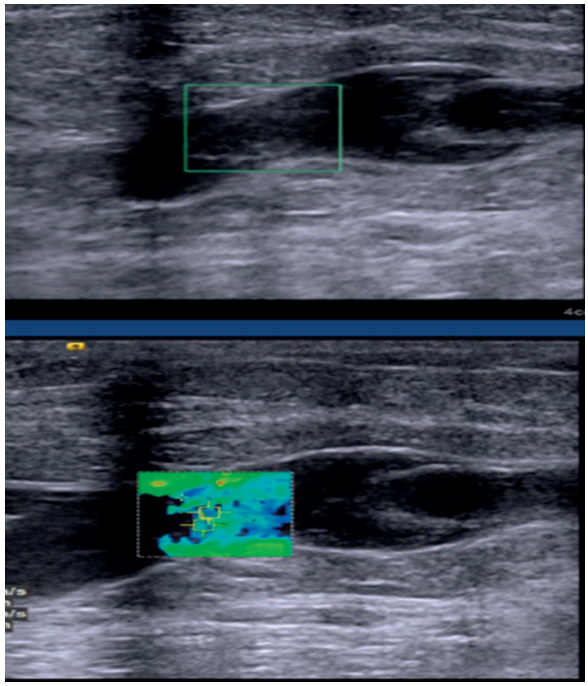
Rys. 4 *Zmiana ogniskowa prawego płata tarczycy – zmiana prawdopodobne złośliwa (wg skali Tsukuba – 3) – gruczolak o wysokim stopniu dysplazji*
Źródło: Materiał własny.

Choroby gruczołu krokowego

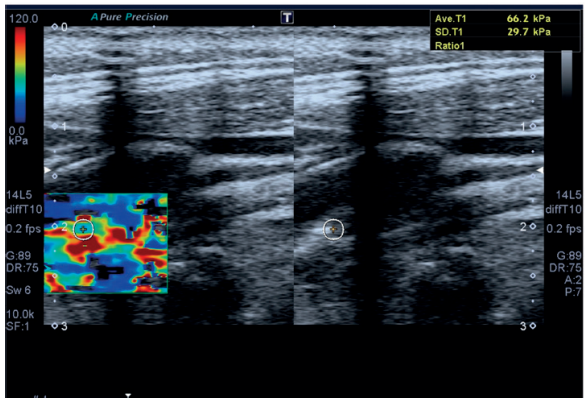
Obecne doniesienia wskazują na możliwości badań elastograficznych gruczołu krokowego w ocenie zmian złośliwych prostaty – doniesienia opierają się na badaniach metodą SE z wykorzystaniem sond TRUS (TransRectal Ultrasound) [2].

Inne zastosowania elastografii

Na różnym etapie są obecnie badania dotyczące elastografii nerek, węzłów chłonnych oraz blaszek miażdżycowych (Rys. 6) czy skrzeplin w perforatorach żył kończyn dolnych (Rys. 5).



Rys. 5 *Wykrzepiony perforator Cockett II*
Źródło: Dzięki uprzejmości prof. dr hab. G. Małka.



Rys. 6 *Obraz stabilnej blaszki miażdżycowej w ścianie tętnicy szyjnej wewnętrznej. SWE single-shoot*
Źródło: Materiał własny.

Podsumowanie

Rozwój wielokierunkowych badań nad zastosowaniem elastografii w badaniach ultrasonograficznych wskazuje na olbrzymi potencjał tej metody.

Biorąc pod uwagę jej stosunkowo niski koszt, należy się spodziewać doniesień na temat kolejnych możliwości wykorzystania elastografii ultrasonograficznej oraz potwierdzenia jej znaczenia w zastosowaniach dotychczas wdrożonych do praktyki klinicznej.

Literatura

1. M.S. Taljanovic et al.: *Shear-Wave Elastography: Basic Physics and Musculoskeletal Applications*, Radiographics, 37(3), 2017, 855-870, doi: 10.1148/rg.2017160116 (Epub ahead of prit).
2. Z. Fan, Y. Cong Y, Z. Zhang et al.: *Shear Wave Elastography in Rectal Cancer Staging, Compared with Endorectal Ultrasonography and Magnetic Resonance Imaging*, Ultrasound Med Biol., 2019, pii: S0301-5629(19)30102-4. doi:1016/j.ultrasmedbio.2019.03.006 (Epub ahead of prit).
3. T. Jamialahmadi, M. Nematy, A. Jangjoo, L. Goshayeshi et al.: *Measurement of Liver Stiffness with 2D-Shear Wave Elastography (2D-SWE) in Bariatric Surgery Candidates Reveals Acceptable Diagnostic Yield Compared to Liver Biopsy*, Obes Surg., 2019, doi: 10.1007/s11695-019-03889-2 (Epub ahead of prit).
4. F. Chamming's, B. Mesurolle, R. Antonescu et al.: *Value of Shear Wave Elastography for the Differentiation of Benign and Malignant Microcalcifications of the Breast*, AJR Am J Roentgenol., 2019, doi: 10.2214/AJR.18.20899 (Epub ahead of prit).
5. X. Hu, X. Huang, H. Chen et al.: *Diagnostic effect of shear wave elastography imaging for differentiation of malignant liver lesions: a meta-analysis*, BMC Gastroenterol., 19(1), 2019, 60, doi: 10.1186/s12876-019-0976-2. PMID: 31023234
6. L.J. Liao, H.W. Chen, W.L. Hsu, Y.S. Chen: *Comparison of Strain Elastography, Shear Wave Elastography, and Conventional Ultrasound in Diagnosing Thyroid Nodules*, J Med Ultrasound., 27(1), 26-32, doi: 10.4103/JMU.JMU_46_18.