

УДК 616-71

DOI: [https://doi.org/10.24144/1998-6475.2024.1.\(63\).129-134](https://doi.org/10.24144/1998-6475.2024.1.(63).129-134)

СТЕАТОМЕТРІЯ ТА ЕЛАСТОГРАФІЯ: НОВІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ЧИ КЛІНІЧНА НЕОБХІДНІСТЬ?

Пушкаренко О. А., Горленко О. М., Томей А. І., Симулик В. Д., Симочко Н. В., Поляк-Товт В. М.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород

Резюме: *Вступ.* Тривалий час перешкодою до клінічного розуміння, діагностики та, відповідно, оцінювання ефективності лікування дифузних захворювань печінки, метаболічно асоційованої стеатотичної хвороби печінки (МАСХП), була потреба у підтвердженні клінічних висновків біопсією печінковою тканини. Еластографія та стеатометрія, ультрасонографічні технології, які дають можливість діагностувати органічні зрушення печінки, завдяки чому вдається діагностувати ранні стадії захворювань гепатобілярної системи.

Мета дослідження. Дати оцінку діагностичній цінності та об'єктивності отриманих даних, отриманих із застосуванням сучасних неінвазивних методик обстеження печінки: ультразвукової стеатометрії та еластографії.

Матеріали та методи. Проведено аналіз масиву актуальної клінічної інформації щодо практичного використання стеатометрії та еластографії печінки з метою неінвазивної та вірогідної діагностики дифузних захворювань органу. Зокрема: неалкогольної жирової хвороби печінки, НАЖХП (за сучасною термінологією – метаболічно-асоційована стеатотична хвороба печінки, МАСХП), фіброзних змін печінки.

Результати досліджень. Стеатометрія та еластографія дають можливість уникнути біопсії для визначення стеатозу печінки та часто взагалі відмовитися від цієї інвазивної процедури, оскільки визначено кількісні параметри ультрасонографічних методик, за якими можна визначити не лише наявність стеатозних, фіброзних змін у печінці, але й вірогідно встановити стадію циротичного процесу. Завдяки доступності УЗД, впровадження еластографії та стеатометрії в рутинну діагностику розширює коло пацієнтів, котрі отримують можливість виявляти дифузні захворювання печінки на ранніх етапах, а отже – мають більше часу на проведення відповідних терапевтичних заходів із застосування ультрасонографічних методик для моніторингу ефективності лікувальної тактики.

Висновки. Сучасні ультразвукові технології, такі як стеатометрія та еластографія, можуть і мусять застосовуватися в алгоритмі обстеження пацієнтів, котрі мають ознаки метаболічних розладів (мають підвищений артеріальний тиск, цукровий діабет, ожиріння тощо). Доступність еластографії та стеатометрії дає можливість виявляти ранні форми МАСХП на доклінічній стадії, коли для підтвердження діагнозу необхідна була би біопсія печінки. Безпека еластографії та наявність кількісних критеріїв визначення фіброзних змін, робить цю методику незамінною в схемі моніторингу лікування таких хворих, адже дає можливість, у більшості випадків, відмовитися взагалі від інвазивної біопсії печінки.

Ключові слова: педіатрія, ультразвук, еластографія, стетометрія.

Steatometry and elastography: new diagnostic methods or a clinical need?

Pushkarenko O.A., Horlenko O.M., Tomey A.I., Symulyk V.D., Symochko N.V., Poliak-Tovt V.M.

Abstract. *Introduction.* For a long time, an obstacle to clinical understanding, diagnosis, and, accordingly, evaluation of the effectiveness of treatment of diffuse liver diseases, metabolically associated steatotic liver disease (MASLD), was the need to confirm clinical findings by liver tissue biopsy. Elastography and steatometry, ultrasonographic technologies that make it possible to diagnose organic changes in the liver, thanks to which it is possible to diagnose the early stages of diseases of the hepatobiliary system.

The aim of the study. To evaluate the diagnostic value and objectivity of the data obtained using modern non-invasive methods of liver examination: ultrasonic steatometry and elastography.

Research materials and methods. An analysis of the mass of relevant clinical information on the practical use of steatometry and elastography of the liver for the purpose of non-invasive and reliable diagnosis of diffuse diseases of the organ was carried out. In particular: non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD, (according to modern terminology – metabolically associated steatotic liver disease, MASHP), fibrotic liver changes.



Research results. Steatometry and elastography make it possible to avoid a biopsy to determine liver steatosis and, often, to abandon this invasive procedure altogether, since the quantitative parameters of ultrasonographic techniques have been determined, which can be used to determine not only the presence of steatotic, fibrous changes in the liver, but also to reliably establish the stage of the cirrhotic process. Thanks to the availability of ultrasound, the introduction of elastography and steatometry into routine diagnostics expands the range of patients who get the opportunity to detect diffuse liver diseases in the early stages, and therefore have more time to carry out appropriate therapeutic measures using ultrasonographic techniques to monitor the effectiveness of treatment tactics.

Conclusions. Modern ultrasound technologies, such as steatometry and elastography, can and should be used in the algorithm of examination of patients with signs of metabolic disorders (high blood pressure, diabetes, obesity, etc.). The availability of elastography and steatometry makes it possible to detect early forms of MASLD at a preclinical stage, when a liver biopsy would be necessary to confirm the diagnosis. The safety of elastography and the presence of quantitative criteria for the determination of fibrous changes make this technique indispensable in the monitoring scheme of the treatment of such patients, because it makes it possible, in most cases, to refuse invasive liver biopsy altogether.

Key words: pediatrics, ultrasound, elastography, steatometry.

Вступ

Ультразвукова діагностика є одним із найдоступніших та найбезпечніших методів візуалізації. Завдяки вдосконаленню технологічних можливостей устаткування, ультразвукографія набуває статусу універсального діагностичного метода, який, за умови ефективного використання, часто дає можливість відмовитися від інвазивних дороговартісних обстежень, зокрема – від біопсії печінки, МРТ. Особливо відчутними стають ці переваги УЗД в аспекті педіатричної служби через необхідність у проведенні пункційних втручань. Натомість УЗД у режимі еластографії, стеатометрії мають усі перспективи замінити пункцію печінки при збереженні діагностичної цінності обстеження пацієнта.

Мета дослідження

Проаналізувати діагностичні можливості стеатометрії та еластографії в діагностиці дифузних захворювань печінки, МАСХП. Визначити діагностичну цінність методик у дослідженні тих чи інших станів метаболічно спровокованого педіатричного пацієнта.

Матеріали та методи

Автором було проаналізовано масив літературних джерел наукових баз: Web of Science, Scopus, Google Scholar, PubMed тощо. Увага приділялася сучасним публікаціям, котрі містили доказову інформацію щодо практичного застосування ультразвукографії в режимах стеатометрії та еластографії в педіатричній практиці.

Результати досліджень

Безсумнівною перевагою ультразвукового обстеження є технологія стеатометрії: якісне та кількісне вимірювання вмісту жиру

в клітинах паренхіматозних органів, зокрема в печінці [60]. Адже останніми десятиріччями саме метаболічно асоційована стеатотична печінка (МАСХП) стає найбільш поширеною причиною гепатитів у дітей [1].

Поширеність захворювання серед дітей корелює із загальним збільшенням хворих на ожиріння в цілому. Є навіть дані, що ризик розвитку МАСХП у дитячому віці більший, ніж у дорослих, ймовірність стеатозу печінки збільшується від 7% у загальній дитячій популяції до 34% у дітей, хворих на ожиріння. Наслідком стає печінкова недостатність і потреба у трансплантації печінки пацієнтам дитячого та підліткового віку [2,3].

Так, «золотим стандартом» діагностики та оцінки важкості МАСХП вважається біопсія з наступним гістологічним дослідженням отриманих зразків тканин. Однак ця методика має низку недоліків, зокрема: інвазивність, залежність результатів від якості відбору зразків, може залежати від суб'єктивного сприйняття гістологічної картини лікарем-патоморфологом [4]. У якості альтернативного та більш об'єктивного методу діагностики.

МАСХП у дітей пропонується МРТ із протонною щільністю жирової фракції (PDFF) [4,5]. Проте коли обстеження потребують маленькі діти, не здатні виконувати команди, виникає потреба у застосуванні медикаментозної седації. До того ж технологія МРТ ще поступається УЗД за доступністю, отже, певний відсоток пацієнтів не матимуть доступу до діагностики стеатозу печінки.

Натомість УЗД, позбавлене недоліків як біопсії, так і МРТ: неінвазивне, без потреби в седації та доступне. Звичайно, треба мати на увазі, що В-режим ультразвукового дослі-



дження є недостатньо ефективним для визначення початкових стадій стеатозу печінки у педіатричних пацієнтів [6,7].

Через відносно низькі чутливість і специфічність, чинні настанови NASPGHAN та AASLD не рекомендують УЗД у якості скринінгового методу обстеження педіатричних пацієнтів щодо МАСХП. Водночас ці ж інституції визнають, що скринінгу щодо стеатотичної хвороби печінки потребують усі педіатричні пацієнти із зайвою масою тіла та/або рівнем АлТ понад 80 U/L [6]. Про ймовірний потенціал УЗД-методик у скринінгу МАСХП свідчать рекомендації ESPGHAN, котрі рекомендують застосовувати УЗ-методики для скринінгу дітей із ризиками захворювання на МАСХП [7].

Розкрити потенціал УЗД дає змогу застосування специфічних технологій, прикладом яких є стеатометрія – кількісне визначення ступеня стеатозу за допомогою виміру коефіцієнту затухання (ВКЗ, дБ/см).

За результатами дослідження на приладі Soneus P7 (Ultrasign, Kharkov, Ukraine), конвексний датчик С1-5 МГц, проведеними у період 2014 – 2018 року і опублікованими у 2019 році, технологія ВЗК довела свою практичність.

Для оцінки ступеня стеатозу проводили ультразвукову стеатометрію печінки та вимірювання коефіцієнту затухання (ВКЗ). Стадіювання стеатозу проводили за такими критеріями:

- стадія S0 (без стеатозу) – при ВКЗ менше 2,2 дБ/см;
- стадія S1 (легкий стеатоз) – при жировій інфільтрації в 5–33% клітин печінки і ВКЗ від 2,20 до 2,25 дБ/см;

- стадія S2 (помірний стеатоз) – при жировій інфільтрації 33–66% клітин печінки і ВКЗ від 2,3 до 2,90 дБ/см;
- стадія S3 (тяжкий стеатоз), коли понад 66% клітин печінки інфільтровано жиром, ВКЗ на цій стадії більше 2,9 дБ/см.

Методика є більш чутливою за УЗД у В-режимі щодо виявлення легких форм стеатозу печінки у дітей. Доступна опануванню лікарем-діагностом за кілька годин, сама процедура триває 1–3 хвилини, що є беззаперечною перевагою у роботі з педіатричними пацієнтами [7,8,9].

Отже, доступність і неінвазивність УЗД із вимірюванням ВКЗ дає можливість розраховувати на те, що технологія може застосовуватися для скринінгу захворювання, контролю за ефектом від лікування та перебігом МАСХП.

Еластографія (фіброеластометрія, соноеластометрія) печінки із використанням технології Fibroscan та більш сучасних методик з успіхом застосовується для оцінки кількісних та якісних параметрів фіброзу паренхіматозних органів у дорослих. Але останні дослідження вказують на цінність цієї діагностичної методики й у пацієнтів дитячого віку, котрі мають патологічні зміни в печінці та селезінці [9].

«Золотим» стандартом діагностики фіброзних змін печінки цілком обґрунтовано вважається біопсія. Однак через інвазивність і високі вимоги до проведення процедури, ця методика не завжди підходить для обстеження пацієнтів дитячого віку і малопридатна для моніторингу патологічних змін (табл. 1).

Таблиця 1

Кореляція фіброзних змін печінкової тканини за результатами біопсії та відповідність результатів шкалі METAVIR

Клінічна характеристика	Ступінь фіброзу за шкалою METAVIR	Кількісне вимірювання фіброзу
Фіброзу немає, норма	F0	1,9%
Виявлення ознак фіброзного розширення портальних трактів ± короткі фіброзні септи	F1	3,0–3,6%
Виявлення фіброзних змін у більшості портальних трактів із поодинокими мостоподібними портопортальними септами	F2	6,5%
Фіброзне розширення портальних трактів із вираженими мостовидними і портоцентральною септами	F3	13,7–24,3%
Вірогідний цироз, цироз	F4	27,8%



Неінвазивною альтернативою біопсії розглядається еластографія печінки – технологія УЗД печінки із визначенням жорсткості її тканин. Компресійна – потребує поштовхів датчиком, що надає методу значної суб'єктивності та створює дискомфорт (іноді критичний) для педіатричного пацієнта. Транз'єнтна більш об'єктивна, бо «поштовхи» створюються приладом, самим датчиком. Можливість проведення УЗД із застосуванням технології транз'єнтної еластографії (ТЕ) реалізована на значній кількості платформ, добре стандартизована. Це дає змогу застосовувати ТЕ у клінічній практиці для обстежень дорослих пацієнтів і дітей шкільного віку, підлітків.

Щодо застосування транзиторної еластографії дітям дошкільного віку, то така можливість поки що обмежена через недостатню апаратну складову (мало мікроковексних датчиків мають технологічну спроможність до ТЕ). Тому в деяких дослідженнях, для вимірювання жорсткості печінки у дітей дошкільного віку міг застосовуватися лише датчик для дорослих – М [11]. Накопичених даних щодо ТЕ у дітей дошкільного віку ще недостатньо для створення певних стандартів фіброзних змін печінки і формулювання впевнених діагностичних висновків. Тому транз'єнтну еластографію щодо таких пацієнтів застосовувати не варто [11,12].

Дослідження показали, що результати ТЕ залежать від кількох чинників: стан свідомості дитини, вживання їжі перед обстеженням, місце на тілі, з якого знімалися параметри та параметр датчика [12].

Для досягнення більш об'єктивних результатів ТЕ, педіатричним пацієнтам потрібна певна підготовка: припинення застосування лікарських засобів на 2–3 доби, 8-годинний період голодування перед обстеженням, упродовж якого можна лише пити воду. Такі вимоги саме для дітей створюють дискомфортні умови й інколи стають перепорою для діагностики, наприклад, якщо дитина мусять регулярно приймати ліки з приводу інших хвороб. Також на результати обстеження впливає ступінь ожиріння [12, 14, 16].

До обмежень еластографії в педіатричній практиці також можна віднести можливу потребу в загальній анестезії. Це також може впливати на результати: у разі застосування пропофолу, показники жорсткості печінки збільшувалися [14].

Певної діагностичної цінності, транз'єнтна еластографія у дітей набуває за діагностики патології селезінки на тлі захворювань печінки. У таких пацієнтів через збільшення тиску в системі портальної вени відбувається варикозне розширення вен стравоходу. Паралельно виникає спленомегалія, яка зазвичай спричиняється наповненістю органу кров'ю, підвищує жорсткість селезінки. Результати одного з обмежених досліджень свідчать, що підвищення жорсткості селезінки корелює із варикозним розширенням стравохідних вен, що варто очікувати за жорсткості селезінки більш ніж 60 кПа. При цьому показник 75 кПа свідчить про ризик кровотеч із варикозних вен стравоходу [16]. Користь цих показників у тому, щоб шляхом неінвазивного методу еластографії відбирати групу пацієнтів, котрим потрібно проводити ендоскопічне обстеження, уникаючи зайвих процедур дітям, у кого жорсткість селезінки менше 60 кПа, що свідчить про менший ризик розвитку ускладнень портальної гіпертензії.

Привертає увагу інша методика еластографії, зсувнохвильова еластографія/еластометрія (ЗХЕ) у режимі реального часу – неінвазивний метод оцінки хронічних дифузних захворювань печінки, що ґрунтується на якісному кольоровому картуванні та кількісному вимірюванні жорсткості паренхіми печінки (ЖПП) [17].

В основі методики лежить властивість УЗ-променя збуджувати поперечні (бічні) його напрямку механічні хвилі зсуву. Швидкість поширення цих хвиль через тканину залежить від її жорсткості або в'язкоеластичних властивостей. Цей метод сприяє більш точній оцінці стадії фіброзу порівняно з транзиторною еластографією завдяки навігації в В-режимі та охопленню більшого обсягу тканини печінки через формування двовимірного конуса Маха [19].

Методика ЗХЕ може проводитися в двох режимах: точковому (pSWE) та двовимірному (2D-SWE та 3D-SWE). Точкова зсувнохвильова еластографія дає змогу виміряти швидкість зсувної хвилі (SWS) в обстежуваній ділянці органа у м/с, на підставі чого обчислюється щільність, фіброзні зміни в паренхімі. Обстеження зберігає інформативність навіть за наявності асцити. До переваг також можна віднести наявність стандартизованих алгоритмів обчислення SWS, завдяки чому користувач отримує повідомлення



у разі, якщо результати не можна вважати адекватними [19].

Технологія багатовимірної зсувнохвильової еластографії (2D-SWE та 3D-SWE) заснована на вимірюванні коефіцієнта згасання ультразвуку в кількох ділянках досліджуваного органу послідовно. По суті ми отримуємо численну кількість даних формату SWS, з яких потім генерується площинна або тривимірна візуалізація.

Чим щільніша тканина, тим більше зсувається, втрачається сигнал, котрий повертається до датчика. Цей параметр обчислюється комп'ютером та видається на екран у вигляді сірошкального або кольорового зображення, шкала котрого має чітку градацію.

Також сучасні системи для зсувнохвильової еластографії хоча і використовують методи створення та вимірювання зсувної хвилі за дещо різними принципами, проте мають системи контролю якості отриманих даних, що значно зменшує ймовірність неправильного трактування отриманої інформації.

Перевагою еластографії на основі ресстрації поперечних хвиль зсуву є те, що технологія не потребує додаткової компресії тканин (додаткова компресія може бути навіть шкідлива), але чутлива до сторонніх рухів, розміру акустичного вікна та залежна від анізотропії тканин [19].

Для проведення обстежень за методикою зсувнохвильової еластографії потрібне обладнання, яке вже реалізовано на суттєвій кількості діагностичних платформ для УЗ-діагностики з конвексним датчиком 1-6 МГц. Це робить обстеження більш доступними, хоча метод дещо поступається за специфічністю та чутливістю МРТ [20]. Але завдяки перевагам (доступність, швидкість, відсутність потреби в седації), може застосовуватися для проведення діагностики фіброзних змін у печінці та селезінці у дітей. А в перспективі – й під час обстеження інших паренхіматозних органів (нирок, щитоподібної залози тощо).

Результат отримуємо у вигляді об'єктивних показників (кПа або м/с), завдяки чому усувається ймовірність неправильного трактування сигналу внаслідок «людського чинника». Головне – дотримуватися вимог проведення дослідження.

Висновки

Впровадження в клінічну практику методик еластометрії та стеатометрії дає змогу розширити коло пацієнтів, котрим своєчасно та вірогідно буде встановлено діагноз дифузного захворювання печінки, МАСХП. При цьому, за умови кваліфікованої діагностики, результати обстежень не поступаються за вірогідністю більш вартісним методикам: біопсії, МРТ печінки.

REFERENCES

1. Sassaroli E, Crake C, Scorza A, Kim DS, Park MA. Image quality evaluation of ultrasound imaging systems: advanced B-modes. *J Appl Clin Med Phys*. 2019 Mar;20(3):115–124. doi: 10.1002/acm2.12544. PMID: 30861278; PMCID: PMC6414140[in English]
2. Wong RJ, Aguilar M, Cheung R et al. Nonalcoholic steatohepatitis is the second leading etiology of liver disease among adults awaiting liver transplantation in the United States. *Gastroenterology*. 2015;148(3):547-555. doi: 10.1053 / j.gastro.2014.11.039[in English]
3. Younossi ZM, Stepanova M, Younossi Y et al. Epidemiology of chronic liver diseases in the USA in the past three decades. *Gut*. 2020;69(3):564-568[in English]
4. Vos MB, Abrams SH, Barlow SE et al. NASPGHAN clinical practice guideline for the diagnosis and treatment of nonalcoholic fatty liver disease in children: Recommendations from the expert committee on NAFLD (ECON) and the North American Society of Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition (NASPGHAN). *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2017; 64:319. doi: 10.1097/MPG.0000000000001482[in English]
5. Mitra S, De A, Chowdhury A. Epidemiology of nonalcoholic fatty liver diseases. *Transl. Gastroenterol. Hepatol*. 2020;5:16-8. doi: 10.21037 / tgh.2019.09.08[in English]
6. Middleton MS, Heba ER, Hooker CA et al. NASH Clinical Research Network. Agreement between magnetic resonance imaging proton density fat fraction measurements and pathologist-assigned steatosis grades of liver biopsies from adults with nonalcoholic steatohepatitis. *Gastroenterology* 2017; 153:753–761 [Crossref] [Medline] [Google Scholar] [in English]
7. Middleton MS, Van Natta ML, Heba ER et al. NASH Clinical Research Network. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging hepatic proton density fat fraction in pediatric nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatology* 2018; 67:858–872 [Crossref] [Medline] [Google Scholar] [in English]



8. Hernaez R, Lazo M, Bonekamp S et al. Diagnostic accuracy and reliability of ultrasonography for the detection of fatty liver: a meta-analysis. *Hepatology* 2011; 54:1082–1090 [Crossref] [Medline] [Google Scholar] [in English]
9. Dasarathy S, Dasarathy J, Khiyami A, Joseph R, Lopez R, McCullough AJ. Validity of real time ultrasound in the diagnosis of hepatic steatosis: a prospective study. *J Hepatol* 2009; 51:1061–1067 [Crossref] [Medline] [Google Scholar] [in English]
10. Hernaez R, Lazo M, Bonekamp S et al. Diagnostic accuracy and reliability of ultrasonography for the detection of fatty liver: a meta-analysis. *Hepatology* 2011; 54:1082–1090 [Crossref] [Medline] [Google Scholar] [in English]
11. Dasarathy S, Dasarathy J, Khiyami A, Joseph R, Lopez R, McCullough AJ. Validity of real time ultrasound in the diagnosis of hepatic steatosis: a prospective study. *J Hepatol* 2009; 51:1061–1067 [Crossref] [Medline] [Google Scholar] [in English]
12. Vos MB, Abrams SH, Barlow SE, Caprio S, Daniels SR, Kohli R, Mouzaki M, Sathya P, Schwimmer JB, Sundaram SS, Xanthakos SA. NASPGHAN Clinical Practice Guideline for the Diagnosis and Treatment of Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Children: Recommendations from the Expert Committee on NAFLD (ECON) and the North American Society of Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition (NASPGHAN). *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2017 Feb;64(2):319-334. doi: 10.1097/MPG.0000000000001482. PMID: 28107283; PMCID: PMC5413933[in English]
13. Vajro P, Lenta S, Socha P, Dhawan A, McKiernan P, Baumann U, Durmaz O, Lacaille F, McLin V, Nobili V. Diagnosis of nonalcoholic fatty liver disease in children and adolescents: position paper of the ESPGHAN Hepatology Committee. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2012 May;54(5):700-13. doi: 10.1097/MPG.0b013e318252a13f. PMID: 22395188[in English]
14. Dynnyk OB, Marunchyn NA, Fedusenko O.A, Kovalerenko LS, Zakrevska SO, Oraievskia II, Zhaivoronok MM. Kontseptsiiia skryninha nealkoholnoi zhyrovoy khvoroby pechinky (NAZhKhP) metodom UZ-steatometrii [The concept of screening for non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) by the ultrasound steatometry method], TOV «Instytut elastohrafiï» [LLC “Institute of Elastography”], Kyiv, 2019 [in Ukraine]
15. Săftoiu A, Gilja OH, Sidhu PS, Dietrich CF, Cantisani V, Amy D, Bachmann-Nielsen M, Bob F, Bojunga J, Brock M, Calliada F, Clevert DA, Correias JM, D’Onofrio M, Ewertsen C, Farrokh A, Fodor D, Fusaroli P, Havre RF, Hocke M, Ignee A, Jenssen C, Klauser AS, Kollmann C, Radzina M, Ramnarine KV, Sconfienza LM, Solomon C, Sporea I, Ștefănescu H, Tanter M, Vilmann P. The EFSUMB Guidelines and Recommendations for the Clinical Practice of Elastography in Non-Hepatic Applications: Update 2018. *Ultraschall Med.* 2019 Aug;40(4):425-453. English. doi: 10.1055/a-0838-9937. Epub 2019 Jun 25. PMID: 31238377[in English]
16. Engelmann G, Gebhardt C, Wenning D et al. Feasibility study and control values of transient elastography in healthy children. *Eur J Pediatr* 2012; 171:353–360[in English]
17. Mederacke I, Wursthorn K, Kirschner J et al. Food intake increases liver stiffness in patients with chronic or resolved hepatitis C virus infection. *Liver Int* 2009; 29:1500–1506[in English]
18. Bamber J, Cosgrove D, Dietrich CF et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. *Ultraschall in Med* 2013; 34: 169-184[in English]
19. Dynnyk OB, Kobyliak NM, Mishanych OM, Korychenskyi OM, Makarova OO. Ultrazvukova elastohrafiia: riznomanitnist ta pastky (VI Konhres Ukrainskoi asotsiatsii fakhivtsiv z ultrazvukovoi diahnostyky, 2022) [Ultrasound elastography: diversity and pitfalls, VI Congress of the Ukrainian Association of Specialists in Ultrasound Diagnostics]. Instytut fiziologii im. O.O. Bohomoltsia NAN Ukrainy, m. Kyiv Natsionalnyi medychnyi universytet im. O.O. Bohomoltsia, m. Kyiv, Medychno naukovo-praktychne ob’iednannia «Medbud», m. Kyiv, Ukrainskyi medychnyi tsentr reabilitatsii ditei z orhanichnym urazhenniam nervovoi systemy MOZ Ukrainy, m. Kyiv [Institute of Physiology named after O.O. Bogomolets National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv National Medical University named after O.O. Bogomolets, Kyiv, Medical Scientific and Practical Association “Medbud”, Kyiv, Ukrainian Medical Center for Rehabilitation of Children with Organic Damage of the Nervous System, Ministry of Health of Ukraine, Kyiv] [in Ukraine]
20. Idilman IS, Aniktar H, Idilman R et al. Hepatic steatosis: quantification by proton density fat fraction with MR imaging versus liver biopsy. *Radiology* 2013; 267:767–775 [Crossref] [Medline] [Google Scholar] [in English]