

Стеатоз печени: методы неинвазивной диагностики на примере клинических случаев

Е.А. Крадинова¹, В.А. Черноротов¹, В.А. Кубышкин¹, В.С. Костенич¹, К.Б. Довгополая¹

¹ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С.И. Георгиевского, Россия, 295051, г. Симферополь, бульвар Ленина, 5/7

Реферат. Введение. В настоящее время стеатоз печени, выявленный методами визуальной диагностики, либо гистологически, в сочетании с одним или более факторов кардиометаболического риска, относят к серьезным в прогностическом плане состояниям. Клиническая необходимость в применении неинвазивных методов обусловлена тем, что своевременная диагностика стеатоза печени может иметь тенденцию к благоприятному исходу. **Цель исследования** – оценить разномодальные методики неинвазивной диагностики стеатоза печени и определить наиболее информативные и доступные в количественной оценке для клинической практики.

Материалы и методы. В целях проведения данного исследования осуществлен отбор пациентов, у которых были диагностированы с помощью методов ультразвукового исследования, магнитно-резонансной томографии, компьютерной томографии диффузные изменения паренхимы печени, или определялось подозрение на их наличие. При проведении проспективного исследования, пациенты были оценены в зависимости от пола, возраста, антропометрических параметров, степени стеатоза печени, коморбидной патологии, данных лабораторных, инструментальных методов исследования. Для проведения статистического анализа использовался пакет программ SPSS 23. В качестве меры центральной тенденции выборки использовали медиану, первый и третий квартили (Me [Q1; Q3]). Критерий Манна-Уитни, χ^2 применяли для оценки различий между двумя независимыми выборками. Рассчитывали чувствительность и специфичность использованных методов исследования, показатель площади под ROC-кривой. **Результаты и их обсуждение.** В результате обследования 60 пациентов с выявленным стеатозом печени было установлено, что у большинства присутствовали факторы кардиометаболического риска, изменения биохимических показателей печени. По данным УЗИ в В-режиме, частота гепато- и спленомегалии увеличивалась у пациентов с S2 (33,3% и 25,1% соответственно, χ^2) и S3 (50,0% и 41,7% соответственно, χ^2), по сравнению с отсутствием стеатоза. При анализе магнитно-резонансной томографии и компьютерной томографии печени были выявлены как диффузные, так и очаговые формы стеатоза. Определение жировой фракции по данным магнитно-резонансной томографии показало, что у 19 человек (48,7%) количество жировых клеток превышало 6,5%. Среди просмотренных архивных данных у 5 человек (12,8%) была определена S1 степень стеатоза, S2 у 6 человек (15,4%), и S3 у 8 человек (20,5%). При проведении ультразвуковой стеатометрии у 12 человек (26,8%) был выявлен стеатоз S2 степени, у 24 человек (52,2%) S3. **Выводы.** Комплексное инновационное исследование подтвердило возможность применения количественной ультразвуковой стеатометрии. Результат оказался хорошим по коэффициенту звукозатухания (TAI) (AUROC 0,722) для определения стеатоза S1 в сравнении с отсутствием стеатоза.

Ключевые слова: стеатоз печени, магнитно-резонансная томография, ультразвуковая стеатометрия, МРТ стеатометрия, компьютерная томография.

Для цитирования: Крадинова Е.А., Черноротов В.А., Кубышкин В.А., [и др.]. Стеатоз печени: методы неинвазивной диагностики на примере клинических случаев // Вестник современной клинической медицины. – 2025. – Т. 18, вып. 4. – С.37–44. DOI: 10.20969/VSKM.2025.18(4).37–44.

Hepatic steatosis: Methods of noninvasive diagnostics exemplified by clinical cases

Elena A. Kradinova¹, Vladimir A. Chernorotov¹, Vladimir A. Kubyshev¹, Viktor S. Kostenich¹, Karina B. Dovgopolaya¹

¹V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Order of the Red Banner of Labor S.I. Georgievsky Medical Institute, Lenin Boulevard, 5/7, Simferopol, 295051 Russia

Abstract. Introduction. Currently, liver steatosis detected by visual diagnostic methods or histologically, in combination with one or more cardiometabolic risk factors, is considered a serious condition in terms of prognosis. The clinical need for the use of non-invasive methods is determined by fact that timely diagnosis of liver steatosis may tend towards a favorable outcome. **Aim.** To evaluate various non-invasive diagnostic methods for liver steatosis and to identify the most informative and readily available quantitative assessments for clinical practice. **Materials and Methods.** For the purposes of this study, patients were selected, diagnosed with diffuse changes in the liver parenchyma using ultrasound, magnetic resonance imaging, and computed tomography, or those suspicious for such changes. In a prospective study, patients were evaluated based on their gender, age, anthropometric parameters, degree of liver steatosis, comorbid pathology, and findings obtained by laboratory and instrumental examination methods. SPSS 23 software package was used for statistical analysis. The median, as well as the first and third quartiles (Me [Q1; Q3]), were used as a measure of central tendency in the population. Mann-Whitney test, χ^2 were used to assess differences between two independent samples. The sensitivity and specificity of the research methods used and the area under the ROC curve were computed. **Results and Discussion.** As a result of examining 60 patients with the diagnosed liver steatosis, it was found that most of them had cardiometabolic risk factors and changes in biochemical liver indicators. According to B-mode ultrasound, the frequency of hepato- and splenomegaly increased in patients with S2 (33.3% and 25.1%, respectively, χ^2) and S3 (50.0% and 41.7%, respectively, χ^2), compared with no steatosis. Analysis of magnetic resonance imaging and computed tomography of the liver revealed both diffuse and focal forms of steatosis. Fat fraction test using magnetic resonance imaging showed that in 19 people (48.7%), the number of fat cells exceeded 6.5%. Among the reviewed

archival data, S1 degree of steatosis was determined in 5 people (12.8%), S2 in 6 people (15.4%), and S3 in 8 people (20.5%). In ultrasound steatometry, the degree S2 steatosis was detected in 12 people (26.8%), while S3 was found in 24 people (52.2%). **Conclusions.** A comprehensive innovative study confirmed the usability of quantitative ultrasound steatometry. The result showed a good sound attenuation coefficient (TAI) (AUROC 0.722) for detecting steatosis S1 compared to the absence of steatosis.

Keywords: liver steatosis, magnetic resonance imaging, ultrasound steatometry, MRI steatometry, computed tomography.

For citation: Kradinova, E.A.; Chernorotov, V.A.; Kubyshev, V.A.; et al. Hepatic steatosis: Methods of noninvasive diagnostics exemplified by clinical cases. The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2025, 18 (4), 37-44.

DOI: 10.20969/VSKM.2025.18(4).37-44.

Введение. Согласно статистическим данным, увеличение содержания в печени свободных жирных кислот, депонирование липидов гепатоцитами с последующей деструкцией клеток, развитие дисфункции органа выявляют у каждого четвертого пациента в возрасте старше 45 лет, при этом гендерные различия не подтверждены. Жировое перерождение печени у пациентов с метаболическим синдромом, сахарным диабетом второго типа, высоким индексом массы тела отмечают в 90% случаев [1, 2]. Жировые клетки физиологически активны в осуществлении эндокринных, метаболических, гематологических и иммунных функций [3], доказано также, что стеатоз печени является потенциально обратимым состоянием даже в тяжелых случаях, а доступность препаратов, способных изменять метаболизм, увеличивает потребность мониторинга и количественной оценки стеатоза печени [4].

Гистологическая верификация методом биопсии клинически значима, но имеет ряд ограничений, поэтому, неинвазивная количественная оценка эктопического жирового состава является важной диагностической задачей. В связи с вышесказанным определяется необходимость разработки неинвазивных методов количественной оценки патологического состояния, обладающих высокой надежностью результатов [5]. Для оценки стеатоза печени можно применять такие неинвазивные методы лучевой диагностики, как компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ) [6], ультразвуковое исследование (УЗИ) [7].

По литературным данным, относительно УЗИ, обсуждается, что ультразвук не имеет достаточной чувствительности и специфичности для инициации терапевтических мероприятий [8]. До настоящего времени считалось, что УЗИ-стеатометрия определяет стеатоз печени при видоизменении тканей более 30%. Однако, инновационные технологии позволяют преобразовать качественную оценку в количественную при проведении печеночного протокола.

В случае, когда данных ультразвуковой стеатометрии (УЗ-стеатометрии) недостаточно, применяют экспертные методы визуализации КТ или МРТ. Согласно данным, полученным при проведении КТ, плотность паренхимы печени имеет сильную корреляционную связь со стадированием стеатоза при проведении гистологического исследования. Следует отметить, что выбор алгоритмов реконструкции и компьютерные томографы различных производителей оказывают влияние на показатели плотности печени, из-за чего простое измерение плотности паренхимы печени для оценки стеатоза не всегда однозначно [9,10]. Однако у метода КТ имеются недостатки, такие как ионизирующее из-

лучение и ограниченная диагностическая точность. С помощью компьютерной томографии можно выявлять стеатоз печени средней и тяжелой степеней, однако для выявления легкой степени метод малоэффективен.

На сегодняшний день с целью более точного стадирования стеатоза печени разработан и внедрен в клиническую практику ряд методик МРТ. Оценка избирательной визуализации протонов, входящих в состав жировой ткани, сопоставление изображений МРТ, полученных в фазе, противофазе (T1-режим в фазе/противофазе, Dixon и т. д.) применяется для изучения химического сдвига [12,13].

Цель исследования. Оценить разномодальные методики неинвазивной диагностики стеатоза печени и определить наиболее информативные и доступные в количественной оценке для клинической практики.

Материалы и методы. Объектом исследования стали 60 пациентов, проходивших исследования в трёх рентгенологических центрах в период с мая 2024 года по декабрь 2024 года.

В целях выявления вариативных изменений пациентам выполняли клинический и биохимический анализы крови, КТ, МРТ органов брюшной полости, УЗИ печени, поджелудочной железы. Согласно данным биохимического исследования крови отмечалось изменение уровня показателей щелочной фосфатазы (ЩФ), аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ), общего белка, общего и прямого билирубина.

При выполнении УЗ-стеатометрии на аппарате Samsung RS85 RUS определяли коэффициент звукозатухания (TAI, Db/sm/MHz), коэффициент звукорассеяния тканей (TSI, %), гепаторенальный индекс (EzHRI, усл. ед.) [14]. При выполнении МРТ стеатометрии – показатели Hepatic fat fraction (%), Hepatic fat percentage (%). Данные показатели оценивались независимо двумя специалистами с целью прогнозирования степени стеатоза печени (слепое исследование).

В медицинском центре №1 (ГБУЗ РК Республиканская клиническая больница имени Н.А. Семашко) МРТ органов брюшной полости проводилось пациентам в последовательности in-phase, out-of-phase (аппарат Signa Voyager 1,5 Tl) с целью осуществления количественной оценки содержания жира в паренхиме печени. Суть методики заключается в том, что за счет визуализации снижения интенсивности сигнала на изображениях в последовательности фаза-противофаза обеспечивается возможность определения микроскопического содержания липидов в паренхиме. В фазу протоны в воде и жире находятся в одинаковом состоянии, имеют одинаковый

сигнал. В противофазу определяется ослабление или пропадание сигнала от жира.

Интенсивность падения сигнала измеряется с помощью специального онлайн-калькулятора для подсчета количественного содержания жира в ткани печени, либо с применением формулы, в которой IP-сигнал от протонов в фазу, OP-в противофазу, при этом % падения интенсивности сигнала в диапазоне 6,5-17,4% соответствовал 1 степени (Grade 1), 17,5–22,1% – 2 степени (Grade 2), более 22,1% – 3 степени стеатоза (Grade 3).

В медицинском центре №2 УЗИ-стеатометрия осуществлялась на аппарате УЗИ (Samsung Medison RS 85 RUS, 2021г., V6-RUS, 2023г. с функцией автоматического подсчета жировой фракции %).

Оценка выполнялась в пяти участках, а количественные показатели усреднялись. Принципиальным моментом было проведение «слепого» исследования MPT и УЗИ-стеатометрии у одних и тех же пациентов (n=10). Интерпретация полученных данных проводилась в соответствии с рекомендациями производителя (Samsung Medison).

В медицинском центре №3 установлен аппарат GE Revolution EVO. Обработка изображений и измерения проводились на рабочей станции GE AW VS7. Плотность печени определяли в нативную фазу сканирования. Денситометрия проводилась ручным методом с применением следующих параметров: 1) Плотность паренхимы печени по шкале Хаунсфилда (HU). 2) Печеночно-селезеночный. 3) Разница плотности паренхимы печени и паренхимы селезенки.

Специалист оценивал однородность паренхимы печени, после чего в средней части печени были выбраны от 1 до 6 областей интереса. Критериями жирового гепатоза, согласно данным различных исследований, считались следующие показатели: 1. Плотность паренхимы печени в областях интереса <42 HU; 2. Разница плотности печени и селезенки <9 HU; 3. Печеночно-селезеночный индекс <0,9 усл. ед. [15,16].

В целях проведения статистического анализа применялся пакет программ SPSS 23. Для проведения расчетов использовались методы непараметрической статистики. В роли меры центральной тенденции выбраны медиана, первый и третий квартили (Me, [Q1; Q3]). Для оценки различий между независимыми выборками применялся критерий Манна-Уитни, χ^2 .

Для исследования взаимосвязи между непрерывными показателями использовали коэффициент ранговой корреляции. Рассчитывали чувствительность и специфичность использованных методов исследования, показатель площади под ROC-кривой.

Все пациенты проинформированы и подписали информированное добровольное согласие на участие в клиническом исследовании, которое проводилось в соответствии с международными требованиями и российскими этическими принципами и нормами. Получено одобрение материалов исследования в Комитете по этике ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Российская Федерация, протокол №2 от 06.02.2025г.

Результаты и их обсуждение. Всего обследовано 60 человек, из них мужчин – 18 чел./30%, женщин – 42 чел./70%, средний рост 165,79±2,27 см, вес 69,36±3,21 кг, ИМТ 25,34±1,05 усл. ед., среди мужчин ИМТ – 24,96±1,21, среди женщин ИМТ – 25,55±1,58.

Клинически у большинства пациентов жалобы отсутствовали. Признаки хронического заболевания печени, портальной гипертензии выявлены у 2 человек. Определялось наличие компонентов метаболического синдрома: ожирение у 42 пациентов (70%); артериальная гипертензия у 16 человек (27%), дислипидемия – 22 человека (37%), сахарный диабет – 10 человек (17%).

По данным лабораторных анализов уровень сывороточных трансаминаз был повышен незначительно ($p<0,05$), в 12-17% случаев выявляли гипербилирубинемия (таблица 1).

Таблица 1

Показатели биохимического анализа крови у пациентов диффузными изменениями печени (M±m)

Table 1

Indicators of biochemical blood analysis in patients with diffuse liver changes (M±m)

Показатель	Референсные показатели	M±m	
		Муж. (n=5)	Жен. (n=9)
АЛТ, Ед/л	до 33,0 - женщины до 41,0 - мужчины	51,42±5,62 $P_1 < 0,05$	35,41±1,62
АСТ, Ед/л	до 32,0 - женщины до 40,0 - мужчины	49,93±7,98	47,68± 2,19 $P_2 < 0,05$
Билирубин общий, мкмоль/л	3,5-21,0	42,75± 5,5 $p_1, p_2 < 0,05$	
Билирубин прямой, мкмоль/л	0-5,0	7,83±1,96	
Креатинин крови, мкмоль/л	44,0–80,0-женщины 62,0–106,0-мужчины	69,4±1,695	79,25±10,42
Общий белок, г/л	64,0–8,11	53,85±3,97	
ЩФ, Ед/л	до 140,0	105±85,89	
Холестерин, ммоль/л	2,9–5,2	6,21±0,94	

Примечание: *Достоверность различия ($p<0,05$) в уровнях показателя между группами: p_1 мужчин, p_2 – женщин.). АЛТ – Аланинаминотрансфераза, АСТ – Аспартатаминотрансфераза, ЩФ – щелочная фосфатаза.

Note: * Statistical significance ($p<0,05$) in the indicator levels between the groups: p_1 for males, p_2 for females. ALT – Alanine aminotransferase, AST – Aspartate aminotransferase, ALP [SHCHF] – Alkaline phosphatase.

Согласно данным УЗ-стеатометрии печени в В-режиме, у большинства пациентов определяли увеличение преимущественно размеров правой доли печени (17 чел., 28,3%), повышение эхогенности печени различной степени выраженности, что послужило более чувствительным признаком жировой болезни печени. Вследствие снижения визуализации мелких, а затем и крупных сосудов, повышения эхогенности паренхимы печени определялась «обедненность сосудистого рисунка» (рисунок 1,2,3).

По данным УЗИ в В-режиме частота гепатомегалии и спленомегалии отчетливо возрастала у пациентов с S2 (33,3% и 50%, соответственно, χ^2)



Рисунок 1. Ультразвуковое исследование, дуплексный режим: снижение скорости кровотока в v.portae
Picture 1. Ultrasound, duplex mode: Blood flow rate reduction in V. portae

и S3 (25,1 и 41,7%, χ^2), соответственно в сравнении с лицами с S0 (таблица 2).

Был произведен анализ 35 архивных исследований МРТ в последовательности in-phase/out-of-phase. Наше исследование выявило нормальные диапазоны жировой фракции печени у 20 чел. (51,3%), со средним значением по Hepatic fat fraction от -1,80 до 1,50% и по Hepatic fat percentage в диапазоне от -2,63 до 1,58%.

По результатам анализа данных МРТ выявлены очаговая и диффузная формы стеатоза печени. Применение методики определения количественного содержания липидов позволило определить повышенное количество жировых клеток более 6,5% у 19



Рисунок 2. Ультразвуковое исследование: диффузно-очаговые изменения паренхимы печени (В-режим)
Picture 2. Ultrasound: Diffuse focal changes in the liver parenchyma (B-mode)

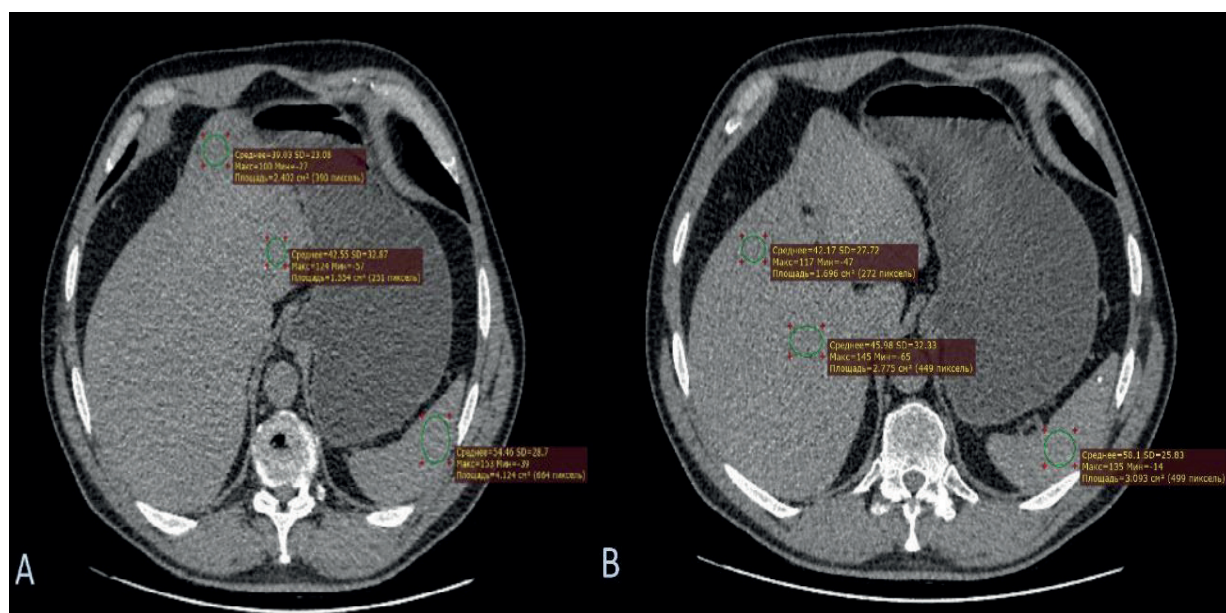


Рисунок 3. По данным компьютерной томографии отмечается диффузное снижение плотности печени, рис. А плотность варьировалась от 39 до 42 HU; рис. В – от 42 до 46 HU. Разница между плотностью печени и селезенки на рис. А составила 15 HU, на рис. В – 16 HU

Picture 3. According to CT data, there is a diffuse decrease in liver density, Fig. A: Density ranged from 39 to 42 HU; Fig. B: from 42 to 46 HU. The difference between the liver and the spleen densities was 15 HU in Fig. and 16 HU in Fig. B

Таблица 2

Данные ультразвукового исследования в зависимости от степени стеатоза печени (чел./%)

Table 2

Ultrasound findings based on the liver steatosis degrees (people/%)

	S 2		S 3		χ2
n	12		24		-
	Абс.	%	Абс	%	
Гепатомегалия (+)	4	33,3%	12	50%	8,6 d.f.=1 p<0,05
Гепатомегалия (-)	8	66,7%	12	50%	
Спленомегалия (+)	3	25,1%	10	41,7%	8,05 d.f.=1 p<0,05
Спленомегалия (-)	9	74,9%	14	58,3%	
Холелитиаз (+)	1	8,3%	3	12,5%	1,91 d.f.=1 p<0,05
Холелитиаз (-)	11	91,7%	21	87,5%	

Примечание: КВР – косой вертикальный размер. Достоверность различий показателей между группами с S2, S3 данным, χ^2 .Note: MCL [KVR] – Mid-Clavicular Line dome to tip. Significance of differences in parameters between the groups with S2 and S3 data, χ^2 .

чел. (48,7%). В клинической практике использовали ранжирование стеатоза печени по степеням по показателю Hepatic Fat Fraction, которые зависят от процентного содержания жира в паренхиме печени. Согласно архивным данным S1 определялась у 5 чел. (12,8%), при этом Hepatic fat fraction соответствовала 6,70% [4,50-8,80], Hepatic fat percentage 8,90% [7,40-9,40]; S2 выявлялась у 6 чел. (15,4%), Hepatic fat fraction соответствовала 8,00% [7,00-9,75], Hepatic fat percentage 18,00% [15,00-18,75]; S3 выявлялась у 8 чел. (20,5%), показатели Hepatic fat fraction соответствовали 24,50% [19,97-27,10], Hepatic fat percentage 27,50% [24,82-30,10].

При проведении УЗИ стеатометрии выявили, что показатели TAI были в диапазоне 0,71–1,10 Db/sm/MHz; TSI в диапазоне 86,5-103,6%. У 12 чел. (26,8%) был выявлен S2 (TAI 0,83–0,87 Db/sm/MHz, TSI 95,3–97,7%). У 24 чел. (52,2%) S3 (TAI 0,90 до 1,10 Db/sm/MHz, TSI 100,0–103,5%). При анализе УЗ-изображения (В-режим) установлено, что отношение интенсивности отраженного сигнала в печени и правой почке на одинаковой глубине (гепаторенальный индекс, HRI) у пациентов со 2 степенью стеатоза соответствовал 1,95 усл. ед., а при 3 сте-

пени, соответственно, 2,3 усл. ед. Статистические данные представлены в таблице 3.

У одних и тех же пациентов (n=10) проведено «слепое» исследование МР- и УЗ-стеатометрии, которые были проверены с помощью критерия U Манна-Уитни (Uэмп = 278). Данный показатель находится в зоне незначимости (p>0,05), т. е. между двумя выборками отсутствует статистически значимая разница. При расчете коэффициента ранговой корреляции Спирмена (p)=0,737 мы установили прямую, сильную связь между признаками: показателями Hepatic fat fraction (MPT) и TAI (УЗИ). Полученные данные сопоставимы с результатами исследования [17] относительно анализа высокой степени стеатоза у 153 чел. с ИМТ ≥ 28 кг/м² и хроническими заболеваниями печени. Данная работа базировалась на оценке данных показателя TSI, полученные данные говорят о статистически значимой корреляции со степенью жировой фракции по данным MPT (p<0,0005).

При S0 и стеатозе S1 проведен расчёт диагностической точности коэффициента обратного рассеяния TSI и определено, что показатель площади под ROC-кривой (AUROC 0,689; соответствует

Таблица 3

Показатели ультразвуковой стеатометрии (Me [Q1-Q3])

Table 3

Ultrasound steatometry parameters (Me [Q1-Q3])

Степень	B3T-TAI	RMI	BCT-TSI	Печень	Почки	HRI L/K
	Me [Q1-Q3]	Me [Q1-Q3]	Me [Q1-Q3]	Me [Q1-Q3]	Me [Q1-Q3]	Me [Q1-Q3]
0 степень (n=3)	0,71 [0,70-0,71]	0,85 [0,78-0,88]	88,50 [86,45-90,25]	85,60 [85,30-95,80]	70,40 [66,20-73,10]	1,37 [1,30-1,39]
1 степень (n=7)	0,80 [0,76-0,80]	0,90 [0,86-0,90]	90,00 [88,05-93,00]	80,00 [77,70-94,80]	57,00 [46,80-72,40]	1,45 [1,34-1,50]
2 степень (n=12)	0,84 [0,83-0,87]	0,90 [0,90-0,90]	97,00 [95,30-97,70]	92,10 [84,15-97,05]	45,00 [42,90-48,65]	1,45 [1,34-1,50]
3 степень (n=24)	0,96 [0,90-1,10]	0,90 [0,90-0,92]	101,37 [100,00-103,55]	92,50 [80,50-110,75]	38,09 [29,25-50,08]	2,30 [2,19-2,50]

Примечание: B3T-коэффициент затухания; BCT-коэффициент рассеивания, HRI L/K-HRI (печеночно-почечный индекс).

Note: AC [VZT] – Attenuation Coefficient; SC [VST] – Scattering Coefficient; HRI L/K – Hepato-Renal Index (Liver-Kidney Index).

удовлетворительной способности различать положительные и отрицательные случаи заболевания, подтверждаемые/опровергаемые по МРТ). Расчет диагностической точности коэффициента звукозатухания (TAI) определил, что показатель площади под ROC-кривой (AUROC 0,722, соответствует хорошей способности при начальных проявлениях стеатоза).

Итогом исследований стало заключение о том, что по данным УЗ-стеатометрии относительно МР стеатометрии чувствительность составила 70% и специфичность 96,9%. Наше исследование имеет несколько ограничений: мы не получили гистопатологические результаты печени в качестве эталонного стандарта; не проводили последующее наблюдение за этими пациентами, что является дальнейшими задачами представленного исследования.

Выводы. Представлены разномодальные методики неинвазивной диагностики стеатоза печени с расчетом диагностической точности МРТ и ультразвуковой стеатометрии. Комплексное инновационное исследование подтвердило возможность применения количественной ультразвуковой стеатометрии для скринингового исследования жирового стеатоза по 3-м параметрам. Проведение ранговой корреляции Спирмена соответствовало (ρ)=0,737 между показателями Hepatic fat fraction (MPT) и TAI (УЗИ), который аналогичен затемнению структур печени в В-режиме. Результат оказался хорошим при начальных проявлениях стеатоза по коэффициенту звукозатухания (TAI) (AUROC 0,722).

Прозрачность исследования. Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать

Декларация о финансовых и других взаимоотношениях. Все авторы принимали участие в разработке концепции и дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ma X, Holalkere NS, Kambadakone RA, et al. Imaging-based Quantification of Hepatic Fat: Methods and Clinical Applications. *RadioGraphics*. 2009; 29(5): 1253–1277. DOI: 10.1148/rg.295085186
2. Лазебник Л.Б., Голованова Е.В., Туркина С.В., [и др.]. Неалкогольная жировая болезнь печени у взрослых: клиника, диагностика, лечение. Рекомендации для терапевтов, третья версия // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2021. – 1(1). – С.4–52. Lazebnik LB, Golovanova EV, Turkina SV, et al. Nealkogol'naya zhirovaya bolezni' pecheni u vzroslykh: klinika, diagnostika; Recommendations for therapists, the third version [Non-alcoholic fatty liver disease in adults: Clinic, diagnostics, treatment; Guidelines for therapists, third version]. *Ekspierimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya* [Experimental and Clinical Gastroenterology]. 2021; 1(1): 4–52. (In Russ.). DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-185-1-4-52
3. Ивашкин В.Т., Жаркова М.С., Корочанская Н.В., [и др.]. Фенотипы неалкогольной жировой болезни печени в различных регионах Российской Федерации, диагностические и лечебные подходы в клинической практике

// Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 2023. – 33(2). – С.7–18.

- Ivashkin VT, Zharkova MS, Korochanskaya NV, et al. Fenotipy nealkogol'noj zhirovoj bolezni pecheni v razlichnyh regionah Rossijskoj Federacii, diagnosticheskie i lechebnye podhody v klinicheskoy praktike [Phenotypes of non-alcoholic fatty liver disease in different regions of the Russian Federation, diagnostic and therapeutic approach in clinical practice]. *Rossiiskij zhurnal gastroenterologii, gepatologii, koloproktologii* [Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology]. 2023; 33(2): 7–18. (In Russ.). DOI: 10.22416/1382-4376-2023-33-2-7-18
4. Райхельсон К.Л., Маевская М.В., Жаркова М.С., [и др.]. Жировая болезнь печени: новая номенклатура и ее адаптация в Российской Федерации // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 2024. – Т.34, вып. 2. – С.35–44. [Raikhelson KL, Mayevskaya MV, Zharkova MS, et al. Zhirovaya bolezni' pecheni: novaya nomenklatura i ee adaptaciya v Rossijskoj Federacii [Fatty liver disease: a new nomenclature and its adaptation in the Russian Federation] *Rossiiskij zhurnal gastroenterologii, gepatologii, koloproktologii* [Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, and Coloproctology]. 2024; 34(2): 35–44. (In Russ.). DOI: 10.22416/1382-4376-2024-961
5. Stern C, Castera L. Non-invasive diagnosis of hepatic steatosis. *Hepatol Int*. 2017; 11: 70–78. DOI: 10.1007/s12072-016-9772-z
6. Терновой С.К., Ширяев Г.А., Устюжанин Д.В., Абдурахманов Д.Т. Определение содержания жира в печени у пациентов с жировым гепатозом и стеатогепатитом методом протонной МР-спектроскопии // Медицинская визуализация. – 2018. – №4. – С.50–58. Ternovoy SK, Shiryayev GA, Ustyuzhanin DV, Abdurakhmanov DT. Opredelenie soderzhaniya zhira v pecheni u pacientov s zhirovym gepatozom i steatogepatitom metodom protonnoj MR-spektroskopii [Determination of liver fat content in patients with fatty hepatosis and steatohepatitis by proton MR spectroscopy]. *Medicinskaya vizualizaciya* [Medical imaging]. 2018; (4): 50–58. (In Russ.). DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-50-58
7. Крадинова Е.А., Черноротов В.А., Крадинов А.И., [и др.]. Мультимодальная диагностика у пациентов с компонентами МС, перенесших интерстициальную пневмонию, ассоциированную с COVID-19 // Вестник Современной клинической медицины. – 2023. – Т.16, вып. 1. – С.40–46. Kradinova EA, Chernorotov VA, Kradinov AI, et al. Mul'timodal'naya diagnostika u pacientov s komponentami MS, perenesshih interstitsial'nuyu pnevmoniyu, associirovannuyu s COVID-19 [Multimodal diagnosis in patients with MS components who have had interstitial pneumonia associated with COVID-19]. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny* [The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine]. 2023; 16 (1): 40–46. (In Russ.). DOI: 10.20969/VSKM.2023.16(1).40-46
8. de Moura Almeida A, Cotrim HP, Barbosa DB, et al. Fatty liver disease in severe obese patients: diagnostic value of abdominal ultrasound. *World J Gastroenterol*. 2008; 14(9): 1415–8. DOI: 10.3748/wjg.14.1415
9. van Werven JR, Marsman HA, Nederveen AJ, et al. Assessment of hepatic steatosis in patients undergoing liver resection: comparison of US, CT, T1-weighted dual-echo MR imaging, and point-resolved 1H MR spectroscopy. *Radiology*. 2010; 256(1): 159–68. DOI: 10.1148/radiol.10091790

10. Van Vucht N, Santiago R, Lottmann B, et al. The Dixon technique for MRI of the bone marrow. *Skeletal Radiol.* 2019; 48 (12): 1861–1874.
DOI: 10.1007/s00256-019-03271-4
11. Mendler MH, Bouillet P, Le Sidaner A, et al. Dual-energy CT in the diagnosis and quantification of fatty liver: limited clinical value in comparison to ultrasound scan and single-energy CT, with special reference to iron overload. *J Hepatol.* 1998; 28 (5): 785–794.
DOI: 10.1016/s0168-8278(98)80228-6
12. Dixon WT. Simple proton spectroscopic imaging. *Radiology.* 1984; 153(1): 189–94.
DOI: 10.1148/radiology.153.1.6089263
13. Панина О.Ю., Громов А.И., Ахмад Е.С., [и др.]. Определение точности оценки фракции жира с использованием Dixon: экспериментальное фантомное исследование // Медицинская визуализация. – 2022. – Т.26, Вып. 4. – С.147–158.
Panina OYu, Gromov AI, Akhmad ES, et al. Opredelenie tochnosti ocenki frakcii zhira s ispol'zovaniem Dixon: eksperimental'noe fantomnoe issledovanie [Determining the accuracy of fat fraction estimation using Dixon: an experimental phantom study]. *Medicinskaya vizualizaciya* [Medical imaging]. 2022; 26(4): 147–158. (In Russ.).
DOI: 10.24835/1607-0763-1160
14. Венидиктова Д.Ю., Борсуков А.В., Алипенкова А.В., [и др.]. Методика ультразвуковой стеатометрии при неалкогольной жировой болезни печени: пилотные результаты // Клиническая практика. – 2019. – Т.10, вып. 1. – С.23–29.
Venediktova DYU, Borsukov AV, Alipenkova AV, et al. Metodika ul'trazvukovoj steatometrii pri nealkogol'noj zhirovoj bolezni pecheni: pilotnye rezul'taty [Ultrasound osteometry technique for non-alcoholic fatty liver disease: pilot results]. *Klinicheskaya praktika* [Clinical practice]. 2019; 10(1): 23–29. (In Russ.).
DOI: 10.17816/clinpract10123–29
15. Pickhardt PJ, Park SH, Hahn L, et al. Specificity of unenhanced CT for non-invasive diagnosis of hepatic steatosis: implications for the investigation of the natural history of incidental steatosis. *Eur Radiol.* 2012; 22(5): 1075–82.
DOI: 10.1007/s00330-011-2349-2
16. Гончар А.П., Гомболевский В.А., Елизаров А.Б., [и др.]. Возможности оценки плотности печени по данным бесконтрастной компьютерной томографии // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2020. – Т.101, вып. 1. – С.58–66.
Gonchar AP, Gombolevsky VA, Elizarov AB, et al. Vozmozhnosti ocenki plotnosti pecheni po dannym beskontrastnoj komp'yuternoj tomografii [The possibilities of assessing liver density according to contrast-free computed tomography]. *Vestnik rentgenologii i radiologii* [Bulletin of Radiology and Radiology]. 2020; 101 (1): 58–66. (In Russ.).
DOI: 10.20862/0042-4676-2020-101-1-58-66
17. Бакулин И. Г., Сандлер Ю. Г., Кейян В. А., [и др.]. Оценка стеатоза печени с помощью неинвазивного метода: миф или реальность? // Доктор.Ру. Гастроэнтерология. – 2015. – № 12 (113). – С.57–64.
Bakulin IG, Sandler Yu. G, Kejyan VA, et al. Ocenka steatoza pecheni s pomoshch'yu neinvazivnogo metoda: mif ili real'nost'? [Assessment of liver steatosis using a noninvasive method: myth or reality?]. *Doktor Ru: Gastroenterologiya*. [Doktor Ru: Gastroenterology]. 2015; 12 (113): 57–64. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

КРАДИНОВА ЕЛЕНА АЛЕКСЕЕВНА, ORCID ID: 0000-0003-4659-5823, SCOPUS Author ID: 6507783606, SPIN-код: 5294-7500, Author ID: 763787, докт. мед. наук, профессор, e-mail: kradinova2007@mail.ru;
профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С.И. Георгиевского, Россия, 295051, г. Симферополь, бульвар Ленина, 5/7. Тел.: +7 978 810-21-61. (Автор, ответственный за переписку)

ЧЕРНОРОТОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ, ORCID ID: 0000-0002-3111-9747, SCOPUS Author ID: 6504127912, SPIN-код: 1238-6318, Author ID: 814134, докт. мед. наук, профессор, e-mail: chernorotov.csmu@mail.ru;
профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт / имени С.И. Георгиевского, Россия, 295051, г. Симферополь, бульвар Ленина, 5/7. Тел.: +7 978 805-55-87.

КУБЫШКИН ВЛАДИМИР АНАТОЛЬЕВИЧ, ORCID ID: 0000-0002-9400-1826, SCOPUS Author ID: 57189757604, Researcher ID: U-6640-2017, канд. мед. наук, доцент, e-mail: simvov@gmail.com;
доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С.И. Георгиевского, Россия, 295051, г. Симферополь, бульвар Ленина, 5/7. Тел.: +79787898111.

ABOUT THE AUTHORS:

ELENA A. KRADINOVA, ORCID ID: 0000-0003-4659-5823, SCOPUS Author ID: 6507783606, SPIN code: 5294-7500, Author ID: 763787, Dr. sc. med, Professor, e-mail: kradinova2007@mail.ru;
Professor at the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Order of the Red Banner of Labor S.I. Georgievsky Medical Institute, 5/7 Lenin Boulevard, 295051 Simferopol, Russia. Tel: +7 978 810-21-61.

VLADIMIR A. CHERNOROTOV, ORCID ID: 0000-0002-3111-9747, SCOPUS Author ID: 6504127912, SPIN-code: 1238-6318, Author ID: 814134, Dr. sc. med, Professor, e-mail: chernorotov.csmu@mail.ru;
Professor, Head of the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Order of the Red Banner of Labor S.I. Georgievsky Medical Institute, 5/7 Lenin Boulevard, 295051 Simferopol, Russia. Tel: +7 978 805-55-87.

VLADIMIR A. KUBYSHKIN, ORCID ID: 0000-0002-9400-1826, SCOPUS Author ID: 57189757604, Researcher ID: U-6640-2017, Cand. sc. med., Associate Professor, e-mail: simvov@gmail.com;
Associate Professor at the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Order of the Red Banner of Labor S.I. Georgievsky Medical Institute, 5/7 Lenin Boulevard, 295051 Simferopol, Russia. Tel: +7 978 789-81-11.

КОСТЕНИЧ ВИКТОР СЕРГЕЕВИЧ, ORCID ID: 0000-0001-5733-6953, SPIN-код: 7863-9039, Author ID РИНЦ: 1139940, e-mail: v-kostenich@mail.ru;
преподаватель кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С.И. Георгиевского, Россия, 295051, г. Симферополь, бульвар Ленина, 5/7.
Тел: +7 978 024-04-15.

ДОВГОПОЛАЯ КАРИНА БОГДАНОВНА, ORCID ID: 0009-0001-4641-8926, e-mail: krachno@mail.ru;
студент, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С.И. Георгиевского, Россия, 295051, г. Симферополь, бульвар Ленина, 5/7.
Тел.: +7 978 668-60-10.

VIKTOR S. KOSTENICH, ORCID ID: 0000-0001-5733-6953, SPIN code: 7863-9039, RINC Author ID: 1139940, e-mail: v-kostenich@mail.ru;
Lecturer at the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Order of the Red Banner of Labor S.I. Georgievsky Medical Institute, 5/7 Lenin Boulevard, 295051 Simferopol, Russia.
Tel: +7 978 024-04-15.

KARINA B. DOVGOPOLAYA, ORCID ID: 0009-0001-4641-8926, student, e-mail: krachno@mail.ru;
Student, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Order of the Red Banner of Labor S.I. Georgievsky Medical Institute, Lenin Boulevard, 5/7, 295051 Simferopol, Russia.
Tel: +7 978 668-60-10.