



# Динамическая гепатохолесцинтиграфия с применением радиофармпрепарата Бромезида® <sup>99m</sup>Tc

**Миронов С.П., Сергиенко В.Б.**

Научно-исследовательский институт клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова  
ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. академика Е.И. Чазова»  
Минздрава России,  
ул. Академика Чазова, 15а, Москва, 121552, Российская Федерация

**Миронов Сергей Петрович**, д. м. н., профессор, врач-радиолог лаборатории радиоизотопной диагностики и терапии отдела радионуклидной диагностики и позитронно-эмиссионной томографии Научно-исследовательского института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. академика Е.И. Чазова» Минздрава России;  
<https://orcid.org/0000-0002-8373-0505>

**Сергиенко Владимир Борисович**, д. м. н., профессор, руководитель отдела радионуклидной диагностики и позитронно-эмиссионной томографии Научно-исследовательского института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. академика Е.И. Чазова» Минздрава России;  
<https://orcid.org/0000-0002-0487-6902>

## Резюме

Сцинтиграфия печени и желчевыделительной системы с использованием радиофармпрепаратов (РФП), меченных короткоживущим технецием-<sup>99m</sup>Tc, применяется с середины 1970-х гг. и сохраняет свое диагностическое значение до настоящего времени. В лекции уделено внимание ключевым аспектам фармакокинетики аналогов лидокаина, основанных на N-замещениях иминодиуксусной кислоты. Рассмотрена методология и диагностическая значимость гепатохолесцинтиграфии с применением препарата Бромезида® <sup>99m</sup>Tc (меброфенин), включающей непрерывную регистрацию пассажа РФП, анатомическую и функциональную характеристику печени, желчных протоков, желчного пузыря и двенадцатиперстной кишки. Обсуждается сцинтиграфическая семиотика при кистах общего желчного протока, остром и хроническом холецистите, дискинезии желчного пузыря и двенадцатиперстной кишки. Представленное клиническое наблюдение иллюстрирует возможности сцинтиграфии с РФП Бромезида® <sup>99m</sup>Tc при аномалии формы желчного пузыря.

**Ключевые слова:** гепатохолесцинтиграфия; Бромезида® <sup>99m</sup>Tc; меброфенин; киста общего желчного протока; холецистит; дуоденогастральный рефлюкс; дискинезия желчного пузыря.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Миронов С.П., Сергиенко В.Б. Динамическая гепатохолесцинтиграфия с применением радиофармпрепарата Бромезида® <sup>99m</sup>Tc. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2023; 104(4): 279–86. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2023-104-4-279-286>

**Для корреспонденции:** Миронов Сергей Петрович, E-mail: [msp1942@yandex.ru](mailto:msp1942@yandex.ru)

Статья поступила 16.11.2023

После доработки 04.12.2023

Принята к печати 05.12.2023

## Dynamic Hepatocholescintigraphy with Bromesida® <sup>99m</sup>Tc

**Sergey P. Mironov, Vladimir B. Sergienko**

Myasnikov Institute of Clinical Cardiology, Chyazov National Medical Research Center for Cardiology,  
ul. Akademika Chazova, 15a, Moscow, 121552, Russian Federation

**Sergey P. Mironov**, Dr. Med. Sc., Professor, Radiologist, Laboratory of Radioisotope Diagnostics and Therapy, Department of Radionuclide Diagnostics and Positron Emission Tomography, Myasnikov Institute of Clinical Cardiology, Chyazov National Medical Research Center for Cardiology;  
<https://orcid.org/0000-0002-8373-0505>

**Vladimir B. Sergienko**, Dr. Med. Sc., Professor, Head of Department of Radionuclide Diagnostics and Positron Emission Tomography, Myasnikov Institute of Clinical Cardiology, Chyazov National Medical Research Center for Cardiology;  
<https://orcid.org/0000-0002-0487-6902>

**Abstract**

Hepatobiliary scintigraphy using radiopharmaceuticals (RPh) labeled with short-lived technetium-99m ( $^{99m}\text{Tc}$ ) has been used since the mid-1970s and still retains its diagnostic value. The lecture focuses on key aspects of the pharmacokinetics of lidocaine analogs based on N-substitutions of iminodiacetic acid. The methodology and diagnostic significance of hepatocholescintigraphy with Bromesida $^{\circ}$   $^{99m}\text{Tc}$  (mebrofenin), including computer registration of RPh passage, anatomical and functional characteristics of liver, bile ducts, gallbladder and duodenum, are considered. Scintigraphic semiotics in choledochal cysts, acute and chronic cholecystitis, gallbladder and duodenum dyskinesia, are discussed. The presented clinical case illustrates the possibilities of Bromesida $^{\circ}$   $^{99m}\text{Tc}$  scintigraphy in the gallbladder form anomaly.

**Keywords:** hepatocholescintigraphy; Bromesida $^{\circ}$   $^{99m}\text{Tc}$ ; mebrofenin; choledochal cyst; cholecystitis; duodenogastric reflux; gallbladder dyskinesia.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Mironov SP, Sergienko VB. Dynamic hepatocholescintigraphy with Bromesida $^{\circ}$   $^{99m}\text{Tc}$ . *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2023; 104(4): 279–86 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2023-104-4-279-286>

**For corresponding:** Sergey P. Mironov, E-mail: msp1942@yandex.ru

Received November 16, 2023

Revised December 4, 2023

Accepted December 5, 2023

**Введение / Introduction**

Предположение, что функция печени может быть оценена измерением способности печеночных клеток захватывать и выводить в составе желчи внутривенно введенные краски, было выдвинуто еще в начале прошлого века [1]. В 1923 г. экспериментально, а позже и в клинике была показана возможность использования для этой цели краски бенгальской розы [2]. Это дало толчок к развитию таких диагностических методов, как нагрузка с бромсульфалеином и вофавердином (индоцианиновая зелень), хроматическое дуоденальное зондирование с метиленовой синькой, рентгеноконтрастное исследование. Именно красочные пробы явились предпосылкой радионуклидных исследований с использованием меченых красителей. Меченная радиоактивным йодом-131 бенгальская розовая была синтезирована в 1955 г. [3].

В течение последующих 20–25 лет красители, меченные йодом-131, являлись основой радионуклидных методов исследования гепатобилиарной системы и, без сомнения, сформировали методические основы современных скинтиграфических методов исследования печени и желчевыводительной системы. Известные недостатки йода-131 как радиоактивной метки, обуславливающие низкую разрешающую способность методов визуализации, предопределяли необходимость его замены. К сожалению, меченные короткоживущим йодом-123 бромсульфалеин и индицианиновая зелень не получили распространения из-за малой доступности и высокой стоимости получения их на циклотроне.

Поиск альтернативных радиофармпрепаратов (РФП) привел к открытию в начале 1970-х гг. целой серии гепатобилиарных РФП, аналогичных красителям по своему поведению в организме, но меченных короткоживущим технецием-99m ( $^{99m}\text{Tc}$ ).

Наибольшее внимание привлекли соединения на основе N-замещений иминодиуксусных кислот (iminodiacetic acid, IDA). Эти бифункциональные РФП содержат липофильную часть и хелатную группу. Последняя способна прочно связывать радиоактивные переходные металлы, в частности  $^{99m}\text{Tc}$ . Липофильная часть представлена ацетанилидами (аналог анестетика лидокаина).

Существует легенда, что открытие  $^{99m}\text{Tc}$ -гепатобилиарных РФП произошло случайно и было связано с поиском кардиотропных РФП, альтернативных хлориду таллия-201. В ходе исследований было обнаружено, что лидокаин, меченный  $^{99m}\text{Tc}$ , в силу низкого накопления миокардом не подходит для его визуализации, однако обладает высоким гепатобилиарным клиренсом [4]. В 1975 г. в результате химической модификации лидокаина был синтезирован  $^{99m}\text{Tc}$ -диметилIDA, или HIDA (hepato-IDA) [5], нашедший широкое клиническое применение [6, 7].

Дальнейшие замещения на бензольном кольце аналогов лидокаина привели к появлению обширного спектра разновидностей HIDA, среди которых диэтилIDA (DIDA), диизопропилIDA (DISIDA), парабутылIDA (BIDA) и многие другие.

**Кинетика гепатобилиарных РФП / Kinetics of hepatobiliary RPhs**

Дериваты IDA, как и меченые красители, по сути являются фармакологическим имитатором билирубина. После внутривенного введения, как и билирубин, они образуют комплексы с белками крови (преимущественно с альбуминами) и транспортируются ими к печени. В перисинаусоидальном пространстве дериваты IDA отделяются от альбумина, извлекаются гепатоцитами путем рецептор-опосредованного эндоцитоза,

транспортируются к желчному полюсу гепатоцита и выводятся в составе желчи. В отличие от билирубина, многие аналоги меченых красителей не подвергаются конъюгации с глюкуроновыми соединениями и секретируются в желчные протоки в неизменном виде.

Производные IDA различаются по времени прохождения через гепатоцит, величине билиарной концентрации и почечной экскреции. Это обусловлено различием их молекулярной массы, внутримолекулярным соотношением гидрофильных и липофильных групп, прочностью связи с транспортными белками крови [8].

В 1983 г. группа ученых из Института научных исследований Сквипба (штат Нью Джерси, США) протестировали 33 производных HIDA при их различных структурных комбинациях. Результатом работы явился синтез  $^{99m}\text{Tc}$ -3-бром-2,4,6-триметилфенилкарбамоилметилIDA (меброфенин). Было установлено, что это соединение обладает высокой гепатоспецифичностью, быстрым внутриклеточным транзитом и максимальной устойчивостью к конкуренции с билирубином за гепатобилиарную экскрецию в условиях гипербилирубинемии [9]. Сравнительные исследования на добровольцах подтвердили экспериментальные данные и открыли путь к его клиническому применению [10].

В силу фармакокинетических характеристик (наиболее высокая среди аналогов HIDA печеночная экстракция (98%) и минимальный (1%) почечный клиренс)  $^{99m}\text{Tc}$ -меброфенин получил широкое распространение во всем мире и до сих пор сохраняет свое значение как РФП выбора для скинтиграфии гепатобилиарной системы [11]. В Российской Федерации  $^{99m}\text{Tc}$ -меброфенин выпускается под торговым наименованием Бромезида®  $^{99m}\text{Tc}$  (ООО «Диамед») и позволяет проводить исследования при уровне билирубина в крови выше 150 мкмоль/л [12].

### **Методика гепатохолесцинтиграфии с РФП Бромезида® $^{99m}\text{Tc}$ / Hepatocholescintigraphy technique with Bromesida® $^{99m}\text{Tc}$**

**Общая схема исследования.** Показанием к проведению гепатохолесцинтиграфии (ГХС) является абдоминальный болевой синдром. Методическая особенность – непрерывность регистрации кинетики РФП в течение всего времени исследования. Общая продолжительность процедуры обычно не превышает 60 мин и зависит от времени визуализации желчного пузыря и характера его опорожнения. Пациент обследуется натошак (или не менее чем через 4 ч после приема пищи) в положении лежа на спине. Бромезида®  $^{99m}\text{Tc}$  активностью 111–185 МБк вводится внутривенно под детектором гамма-камеры. Одновременно включается регистрация данных. Через 10–15 мин после визуализа-

ции желчного пузыря пациент, не меняя положения, принимает желчегонный завтрак в жидком виде (жирные сливки, раствор сорбита или ксилита), и исследование продолжается до визуально определяемого процесса опорожнения желчного пузыря.

Анализ изображений позволяет оценить пассаж меченого соединения по системе «печень – протоки – желчный пузырь – кишечник» и охарактеризовать некоторые анатомо-функциональные особенности желчевыделительной системы. На основе кривых «активность/время» с выбранных зон интереса рассчитываются количественные параметры функции печени и желчного пузыря:

- период полувыведения РФП печенью (норма до 30 мин) отражает экскреторную способность печени и проходимость желчных путей и определяется как интервал времени, в течение которого скорость счета, соответствующая времени максимального накопления РФП (норма до 15 мин), уменьшится вдвое;

- время визуализации желчного пузыря (норма до 25 мин) зависит от функции печени, проходимости шеечно-протоковой зоны желчного пузыря и тонуса сфинктера Одди;

- длительность латентного периода, или время от приема желчегонного завтрака до начала опорожнения желчного пузыря (норма до 15 мин), зависит от вида желчегонного завтрака и состояния гастродуоденальной зоны;

- показатель двигательной функции (ПДФ) желчного пузыря рассчитывается как процент выведенного РФП за 30 мин фазы опорожнения относительно максимального счета (норма 35–55%); в англоязычной литературе используется термин «фракция выброса желчного пузыря» (gallbladder ejection fraction, GBEF).

**Нормальные анатомо-функциональные характеристики.** В первые 15 мин исследования изображение печени достигает максимальной контрастности, отмечается поступление РФП в желчный пузырь и магистральные желчные протоки. Общий желчный проток визуализируется с частотой до 90%, левый и правый долевые протоки – до 80% и 40% соответственно. Желчный пузырь овальной или грушевидной формы обычно визуализируется в проекции 5–6-го сегментов печени. Заполнение его отделов происходит практически одновременно. Активная эвакуация РФП из желчного пузыря начинается через 2–15 мин после желчегонного завтрака, носит равномерный характер, одновременно возрастает выход РФП в кишечник. В обычных условиях регистрации данных контуры двенадцатиперстной кишки (ДПК) не отчетливы. Как правило, визуализируется только часть подковы и горизонтальная часть ДПК, причем длительность визуализации отделов не превышает 5–10 мин.

### Сцинтиграфическая семиотика при патологии желчевыделительной системы / Scintigraphic semiotics in biliary system pathology

**Киста общего желчного протока** – наиболее частый вариант врожденных кистозных изменений внепеченочных желчных протоков. В 60% наблюдений диагностируется в детском возрасте и преимущественно у девочек [13]. Сцинтиграфическим признаком кистозного расширения общего желчного протока является изменение его ширины от 2 до 8 см. Расширение может иметь шарообразную или мешковидную форму, быть изолированным или сочетаться с дилатацией долевых протоков (рис. 1).

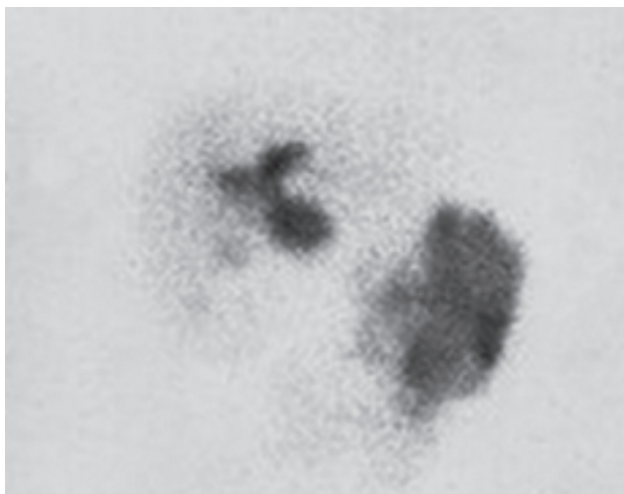


Рис. 1. Сцинтиграфический признак смешанной формы кисты общего желчного протока – сочетание типичного сферического расширения общего желчного протока и цилиндрической дилатации обоих долевых протоков

Fig. 1. Scintigraphic sign of a mixed form of common bile duct cyst: a combination of typical spherical expansion of common bile duct and fusiform dilatation of both lobar ducts

**Аномалии формы желчного пузыря** врожденного или приобретенного характера (перетяжки, перегибы, перегородки) манифестируются изменением контуров и формы изображения органа, а также процесса его заполнения. Последнее происходит как бы в два этапа – сначала РФП концентрируется в верхних отделах желчного пузыря, формируя признак «колпачка», затем отмечается заполнение более дистальных отделов. Визуализируемый орган в зависимости от локализации и выраженности патологии может напоминать песочные часы или матрешку. Частота указанных признаков при анатомическом дефекте в области шейки достигает 70%, тела – 60%, дна – 12%. Приведем данные сцинтиграфического исследования пациента с указанной патологией.

**Описание случая.** Пациент 48 лет направлен на радиологическое исследование для уточнения функциональной компенсированности аномалии формы желчного пузыря (перетяжка в области тела), выявленной при ультразвуковом исследовании.

ГХС с РФП Бромезида®  $^{99m}\text{Tc}$  проведена на сцинтилляционной гамма-камере DDC-16 DUNE Picker, синхронизированной с системой записи и обработки данных «Сцинтипро». Пациент обследован натошак в положении лежа на спине. Регистрация данных проведена с периодом 1 кадр в минуту после внутривенного введения РФП активностью 148 МБк. Желчегонный завтрак (30 мг ксилита, растворенного в 100 мл теплой воды) пациент, не меняя положения, выпил на 30-й минуте. Общая длительность процедуры составила 50 мин.

**Результаты ГХС.** Форма и положение печени обычные, ее экскреторная функция не нарушена ( $T_{\text{макс}}$  12 мин.,  $T_{1/2}$  28 мин). Визуализируются общий желчный и левый долевой протоки обычной ширины, выведение РФП через них не нарушено. Желчный пузырь обычного положения, визуализируется своевременно (15-я минута). Отмечается «двухэтапное» заполнение желчного пузыря и изменение его сцинтиграфической формы («песочные часы»). Опорожнение желчного пузыря произошло в ответ на желчегонный завтрак, латентный период не изменен ( $T_{\text{лат}}$  2 мин), скорость опорожнения ускорена (ПДФ 80%). Активный выход РФП в кишечник совпадает с этапом опорожнения желчного пузыря (рис. 2).

**Заключение.** Функциональных изменений печени не выявлено. Гипермоторная дискинезия желчного пузыря. Сцинтиграфические признаки аномалии формы желчного пузыря.

### Сцинтиграфическая семиотика / Scintigraphic semiotics

**Дискинезии желчного пузыря** относят к группе функциональных нарушений, понимая под этим изменения его моторной функции. Сцинтиграфическое исследование позволяет дифференцировать эти нарушения на гипомоторную и гипермоторную дискинезии. Гипомоторная дискинезия диагностируется при ПДФ ниже 35%, гипермоторная дискинезия – при ПДФ выше 55%. Точность радиологической оценки двигательной функции желчного пузыря при анализе кривой «активность/время» выше, чем визуальное сравнение площадей изображения желчного пузыря до и после желчегонного завтрака, поскольку позволяет дифференцировать и количественно характеризовать вариабельную длительность латентного периода.



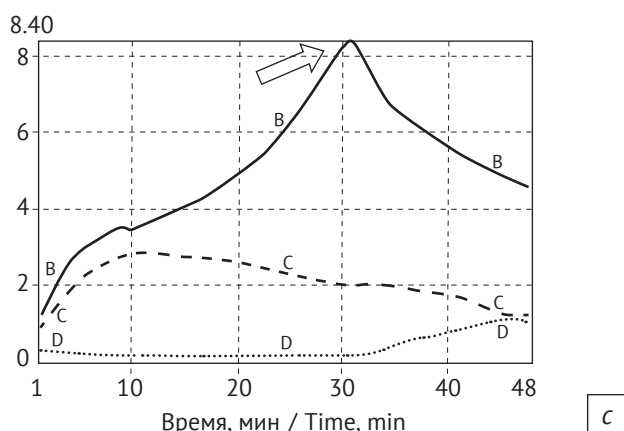
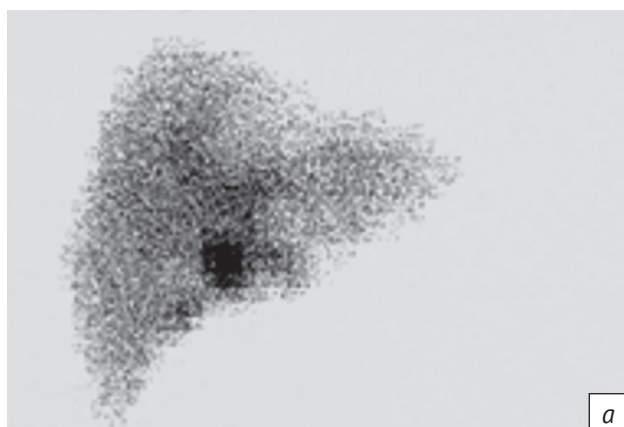


Рис. 2. Результаты гепатохоlescинтиграфии с радиофарм-препаратом Бромезида®  $^{99m}\text{Tc}$  у пациента с аномалией формы желчного пузыря:

*a, b* – анатомический дефект манифестирован «двухэтапным» заполнением желчного пузыря и изменением его формы («песочные часы»); *c* – кривые «активность/время» позволяют дифференцировать и количественно характеризовать этапы желчевыделения (стрелкой показано время желчегонного завтрака)

Fig. 2. Hepatocholescintigraphy data with Bromesida®  $^{99m}\text{Tc}$  in a patient with a gallbladder form anomaly:

*a, b* – the anatomical defect is manifested by “two-stage” gallbladder filling and change of its shape (“hourglass”); *c* – activity-time curves make it possible to differentiate and quantify the stages of bile excretion (an arrow indicates the time of the choleretic breakfast)

### Дискинезии двенадцатиперстной кишки

характеризуются нарушением нормального поступательного движения содержимого кишки. В процессе ГХС выявляются рефлюксы из нижнегоризонтальной части ДПК, поскольку именно туда поступает РФП в составе желчи. В зависимости от выраженности ретроградных перемещений меченой желчи можно выделить дуодено-дуоденальные и дуодено-гастральные рефлюксы. **Дуодено-дуоденальный рефлюкс (ДДР)** – ретроградное перемещение РФП в нисходящую и верхнюю части ДПК, манифестируется длительной визуализацией этих отделов и формированием признака «депо» РФП. **Дуоденогастральный рефлюкс (ДГР)** характеризуется появлением фокуса повышенной радиоактивности в проекции желудка (латеральные отделы изображения левой доли печени), нередко в сочетании с ДДР (рис. 3). Функциональные и воспалительные изменения ДПК с частотой до 85% сопровождаются удлинением латентного периода более 15 мин. Возможно, это связано с нарушениями процессов всасывания холекинетических пищевых веществ и снижением выработки эндогенного холецистокинина в области патологии.

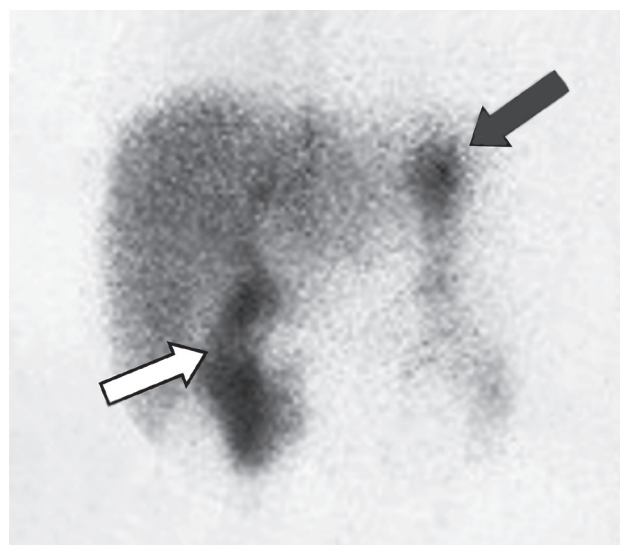


Рис. 3. Сцинтиграфический вариант дискинезии двенадцатиперстной кишки (ДПК). Дуодено-дуоденальный рефлюкс (белая стрелка) – «депо»  $^{99m}\text{Tc}$ -HIDA в проекции верхней и нисходящей частей ДПК. Дуодено-гастральный рефлюкс (черная стрелка) – фокус радиоактивности в проекции желудка

Fig. 3. Scintigraphic variant of duodenal dyskinesia. Duodenal-duodenal reflux (white arrow) – the “depot” sign of  $^{99m}\text{Tc}$ -HIDA in the projection of duodenal upper and descending parts. Duodenal-gastric reflux (black arrow) – the focus of radioactivity in the projection of the stomach

**Воспаление желчного пузыря.** Сцинтиграфия гепатобилиарной системы не имеет самостоятельного диагностического значения в распознавании и дифференциальной диагностике холецистита. Принципиальные возможности ГХС с РФП Бромезида®  $^{99m}\text{Tc}$  заключаются в оценке тяжести заболевания на основе признаков, характеризующих функцию печени и желчного пузыря. Сцинтиграфическая картина при *хроническом бескаменном холецистите* чаще отличается тремя визуальными признаками, выявляемыми отдельно или в различных сочетаниях: поздняя визуализация желчного пузыря, уменьшенное его изображение, диспаритет времени визуализации желчного пузыря, общего желчного протока и выхода РФП в кишечник [14, 15]. Выраженность указанных признаков в конечном итоге отражает степень нарушения проходимости шеечно-протоковой зоны, независимо от причины. В результате при полной обтурации пузырного протока возникает сцинтиграфический феномен «отключенный желчный пузырь», т.е. длительное отсутствие его визуализации в сочетании с активным выходом гепатобилиарных РФП в кишечник. Констатация данного феномена более точна на отсроченных (не менее 2 ч) изображениях (рис. 4). «Отключенный желчный пузырь» – важный сцинтиграфический признак при *остром холецистите*, отражающий один из патофизиологических этапов острого воспаления: обструкцию пузырного протока. Причиной обструкции более чем у 90% пациентов является калькулезный холецистит, однако прямых сцинтиграфических признаков желчнокаменной болезни при ГХС выявить не удастся. «Отключенный желчный пузырь» рассматривается также как дифференциально-диагностический

признак острого холецистита и других состояний, обуславливающих болевой синдром (почечная колика, панкреатит). Считается, что визуализация желчного пузыря с высокой вероятностью (специфичность 99,2%, чувствительность 95,2%, точность 97,6%) исключает диагноз острого холецистита. Ложно-отрицательная трактовка (4,8%) в основном обусловлена задержкой РФП в ДПК, лоханке правой почки или добавочном пузырном протоке, имитирующих изображение желчного пузыря. Ложно-положительная трактовка (0,58%) может быть связана с недавним приемом пищи или, наоборот, длительным голоданием [16, 17].

### Другие диагностические методики / Other diagnostic techniques

Представленная методика ГХС с РФП Бромезида®  $^{99m}\text{Tc}$ , предусматривающая интегральную анатомо-функциональную оценку системы «печень – желчные протоки – желчный пузырь – двенадцатиперстная кишка», не исчерпывает клинического применения  $^{99m}\text{Tc}$ -мекрофенина.

Существуют разнообразные методические варианты и приемы, направленные на решение конкретных диагностических задач. Среди последних дифференциальная диагностика неонатальной гипербилирубинемии [18], послеоперационная диагностика синдрома афферентной петли и желчеистечения [19], расчет фракции выброса желчного пузыря для прогнозирования клинического ответа на холецистэктомию [20].

В контексте широко обсуждаемой взаимосвязи неалкогольной жировой болезни печени с атеросклерозом [21] представляют интерес данные о корреляционной связи сцинтиграфических

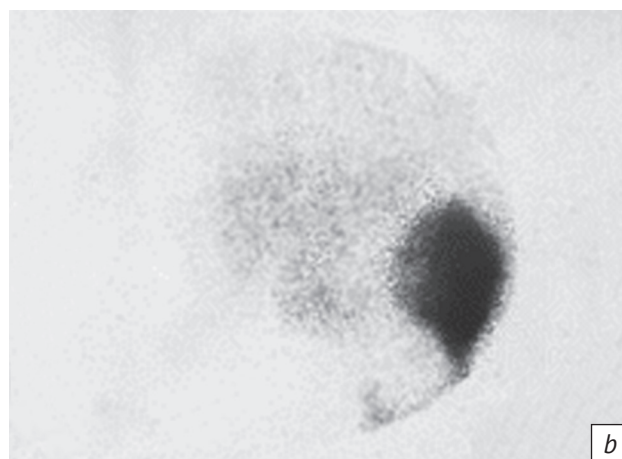
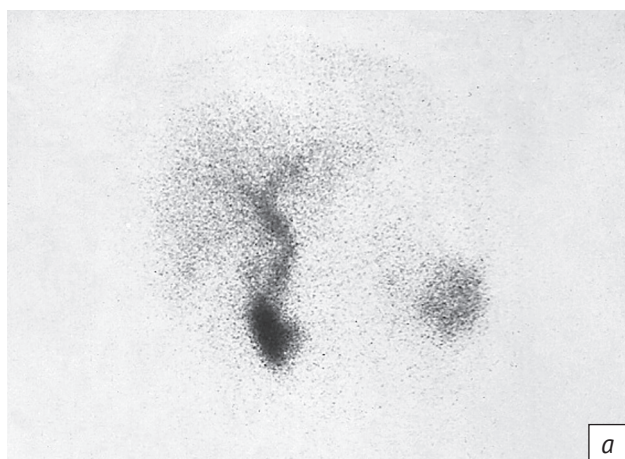


Рис. 4. Сцинтиграфический признак «отключенный желчный пузырь»: длительное отсутствие визуализации желчного пузыря в сочетании с активным выходом радиофармпрепарата (РФП) в кишечник. Изображения через 1 ч (а) и 2 ч (б) после внутривенного введения РФП Бромезида®  $^{99m}\text{Tc}$

Fig. 4. Scintigraphic “non-functional gallbladder” sign: prolonged absence of the gallbladder visualization in combination with prompt radiopharmaceutical excretion into the intestine. The images after 1 hour (a) and 2 hours (b) of intravenous administration of Bromesida®  $^{99m}\text{Tc}$

параметров функции печени и стадий стеатогепатита [22]. Существенно повышает информативность стандартной ГХС с  $^{99m}\text{Tc}$ -меброфенином использование гибридных технологий (однофотонной эмиссионной компьютерной томографии) для диагностики нарушений пассажа желчи после реконструктивных операций на желчевыводящих путях [23] и оценки функционального резерва печени перед частичной гепатэктомией [24, 25].

### Заключение / Conclusion

Динамическая ГХС с РФП Бромезида®  $^{99m}\text{Tc}$  позволяет решать широкий круг клинических задач. Они включают как функциональную характеристику печени, желчного пузыря и верхних отделов

желудочно-кишечного тракта, так и диагностику некоторых органических изменений внепеченочных отделов билиарной системы. Следует подчеркнуть, что корректная постановка диагностических задач и адекватное их решение тесно связаны с особенностями фармакокинетики используемых аналогов HIDA. Это следует учитывать при планировании ГХС с другими разновидностями гепатобилиарных РФП.

### Благодарность / Acknowledgement

Авторы выражают благодарность профессорам Ю.Н. Касаткину и Н.Н. Ходареву – пионерам использования сцинтиграфии в отечественной гепатологии.

### Литература [References]

1. Abel JJ, Rowntree LG. On the pharmacological action of some phtaleins and their devaties with especial reference to their behavior as purgatives. *Int J Pharmac Exp Ther*. 1909; 1(2): 231–64.
2. Dalprat G. Studies on liver functions: rose bengal elimination from blood as influenced by liver injury. *Arch Int Med*. 1923; 32: 401.
3. Taplin GV, Meredith OM, Kade H. The radioactive ( $^{131}\text{I}$ -tagged-Rose Bengal uptake) excretion test for the liver function using external gamma-ray scintillation counting techniques. *J Lab Clin Med*. 1955; 45(5): 665–78.
4. Ziessman HA. Hepatobiliary scintigraphy in 2014. *J Nucl Med*. 2014; 55(6): 967–75. <https://doi.org/10.2967/jnumed.113.131490>.
5. Loberg MD, Cooper M, Harvey E, et al. Development of new radiopharmaceuticals based on N-substitution of iminodiacetic acid. *J Nucl Med*. 1976; 17(7): 633–8.
6. Ryan J, Cooper M, Loberg M, et al. Technetium-99m-labeled N-(2,6-dimethylphenylcarbamoylmethyl) iminodiacetic acid ( $\text{Tc-99m HIDA}$ ): a new radlopharmaceutical for hepatobiliary imaging studies. *J Nucl Med*. 1977; 18(10): 997–1004.
7. Касаткин Ю.Н., Миронов С.П., Миронова Е.С. Сцинтиграфия гепатобилиарной системы с  $\text{HIDA-}^{99m}\text{Tc}$ . Медицинская радиология. 1980; 25(4): 54–7. [Kasatkin Yu.N., Mironov SP, Mironova ES. Scintigraphy of the hepatobiliary system with  $\text{HIDA-}^{99m}\text{Tc}$ . *Medical Radiology*. 1980; 25(4): 54–7 (in Russ).]
8. Cox PH. The radiopharmacological behavior of IDA-derivatives in normal animals. In: Cox PH (Ed.) *Cholescintigraphy. Development in nuclear med. Part 1*. Springer: Netherlands; 1982: 96–116.
9. Nunn AD, Loberg MD, Conley RA. A structure-distribution-relationship approach leading to the development of  $\text{Tc-99m mebrofenin}$ : an improved cholescintigraphic agent. *J Nucl Med*. 1983; 24(5): 423–30.
10. Klingensmith WC, Fritzberg AR, Spitzer VM, et al. Work in progress: clinical evaluation of  $\text{Tc-99m-trimethylbromo-IDA}$  and  $\text{Tc-99m-diisopropyl-IDA}$  for hepatobiliary imaging. *Radiology*. 1983; 146(1): 181–4. <https://doi.org/10.1148/Radiology.146.1.6681569>.
11. Tulchinsky M, Ciak BW, Delbeke D, et al. SNM practice guideline for hepatobiliary scintigraphy. *J Nucl Med Technol*. 2010; 38(4): 210–8. <https://doi.org/10.2967/jnmt.110.082289>.
12. Крашутский В.В. Компьютерная гепатобилигастросцинтиграфия – радионуклидный метод изучения функций гепатоцитов, желчного пузыря, сфинктеров Люткенса, Одди, внутрипеченочных желчных протоков, дуоденогастрального рефлюкса и эвакуаторной функции желудка в одном исследовании с технецием-99m-броммезидой. Госпитальная медицина: наука и практика. 2019; 1(2): 7–17. [Krasutsky V.V. Computer hepatobiliscintigraphy – radionuclide method of studying the function of hepatocytes, gall bladder, sphincters of lutkens, oddi, intrahepatic bile ducts, duodenal reflux and evacuation function of the stomach in one study with technetium-99m-bromezida. *Hospital Medicine: Science and Practice*. 2019; 1(2): 7–17 (in Russ).]
13. Farooq MA, Khan SA, Malik MI. Choledochal cyst in children, presentation and outcome – 10 years' experience from a tertiary care center in Pakistan. *Pak J Med Sci*. 2023; 39(2): 456–9. <https://doi.org/10.12669/pjms.39.2.6196>.
14. Chamarthy M, Freeman LM. Hepatobiliary scan findings in chronic cholecystitis. *Clin Nucl Med*. 2010; 35: 244–51. <https://doi.org/10.1097/RLU.0b013e3181d18ef5>.
15. Freitas JE. Cholescintigraphy in acute and chronic cholecystitis. *Semin Nucl Med*. 1982; 12(1): 18–26. [https://doi.org/10.1016/s0001-2998\(82\)80026](https://doi.org/10.1016/s0001-2998(82)80026).
16. Weissmann HS, Badia J, Sugarman LA, et al. Spectrum of  $^{99m}\text{Tc-IDA}$  cholescintigraphic patterns in acute cholecystitis. *Radiology*. 1981; 138(1): 167–75. <https://doi.org/10.1148/radiology.138.1.7192874>.
17. Rodriguez LE, Santaliz-Ruiz LE, De La Torre-Bisot G, et al. Clinical implications of hepatobiliary scintigraphy and ultrasound in the diagnosis of acute cholecystitis. *Int J Surg*. 2016; 35: 196–200. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2016.09.084>.
18. Kianifar HR, Tehranian S, Shojaei P, et al. Accuracy of hepatobiliary scintigraphy for differentiation of neonatal hepatitis from biliary atresia: systematic review and meta-analysis of the literature. *Pediatr Radiol*. 2013; 43 (8): 905–19. <https://doi.org/10.1007/s00247-013-2623-3>.

19. Muthukrishnan A, Shanthly N, Kumar S. Afferent loop syndrome: the role of  $^{99m}\text{Tc}$ -mebrofenin hepatobiliary scintigraphy. *Clin Nucl Med*. 2000; 25(6): 492–4. <https://doi.org/10.1097/00003072-200006000-00029>.
20. Ziessman HA. Functional hepatobiliary disease: chronic acalculous gallbladder and chronic acalculous biliary disease. *Semin Nucl Med*. 2006; 36(2): 119–32. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2005.12.001>.
21. Finney AS, Das S, Kumar D, et al. The interplay between nonalcoholic fatty liver disease and atherosclerotic cardiovascular disease. *Front Cardiovasc Med*. 2023; 10: 1116861. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1116861>.
22. Salgado WJ, Donadelli CAM, Santos JS, Nonino CB. Influence of Roux-en-Y gastric bypass on the hepatocellular function and bile flow of obese patients assessed by scintigraphy with DISIDA. *Obes Surg*. 2016; 26(11): 2718–23. <https://doi.org/10.1007/s11695-016-2176-2>.
23. Васина Е.А., Кулезнева Ю.В., Мелехина О.В. и др. Гепатобилиосцинтиграфия в оценке оттока желчи у пациентов с билиодигестивным анастомозом. *Анналы хирургической гепатологии*. 2022; 27(2): 82–93. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2022-2-82-93>. [Vasina EA, Kulezneva JV, Melekhina OV, et al. Hepatobiliary scintigraphy in the assessment of bile outflow in patients with biliodigestive anastomosis. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii / Annals of HPB Surgery*. 2022; 27(2): 82–93 (in Russ). <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2022-2-82-93>.]
24. Graaf W, Lienden KP, Gulik TM, Benning RJ.  $^{99m}\text{Tc}$ -mebrofenin hepatobiliary scintigraphy with SPECT for the assesment of hepatic function and liver functional volume before partial hepatectomy. *J Nucl Med*. 2010; 51(2): 229–36. <https://doi.org/10.2967/jnumed.109.069724>.
25. Шабунин А.В., Каралкин А.В., Греков Д.Н., Дроздов П.А. Гибридные технологии в определении функционирующего объема печени перед обширными резекциями. *Медицинская визуализация*. 2015; 4: 39–45. [Shabunin AV, Karalkin AV, Grekov DN, Drozdov PA. Hybrid technology in determining of functioning volume liver before major resection. *Medical Visualization*. 2015; 4: 39–45 (in Russ).]