

ПЕЧЕНОЧНАЯ ГЕМОДИНАМИКА И ЕЕ РОЛЬ В БОЛЮСНОМ КОНТРАСТНОМ УСИЛЕНИИ ПРИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ОБРАЗОВАНИЙ В ПЕЧЕНИ

С.А. Бурякина – ординатор отд. лучевой диагностики

Г.Г. Кармазановский – проф., рук. отд. лучевой диагностики

*ФГБУ «Институт хирургии им. А.В. Вишневского»
Минздравсоцразвития России
Москва, Россия*

Введение

В настоящее время компьютерную (КТ) и магнитно-резонансную (МРТ) томографию с болюсным контрастным усилением (БКУ) активно используют как наиболее эффективные методы неинвазивной визуализации патологических образований различных органов и тканей. Интерстициальная ткань паренхиматозных органов хорошо накапливает контрастное вещество (КВ).

Основная цель КТ с применением КВ состоит в максимальном увеличении разницы в плотности между нормальной паренхимой печени (НПП) и патологическими новообразованиями. Это возможно из-за различной перфузии и распределения КВ в здоровых и патологических тканях.

Материалы и методы

С помощью многосрезовой компьютерной томографии (МСКТ) за счет высокой скорости сканирования можно подробно проследить все этапы перфузии. Из-за разной архитектоники сосудистой сети и скорости кровотока в НПП и патологических очагах (в том числе опухолевых) при контрастировании (Кст) выявляются значимые для диагностики отличия.

В частности, активное использование

БКУ при исследовании печени очень информативно и позволяет не только поставить предварительный диагноз, но и провести дифференциальную диагностику.

Для правильной интерпретации полученных при исследовании данных учитывают варианты нормального анатомического строения исследуемого органа и физиологические особенности его гемодинамики.

Кровоснабжение печени за счет собственной печеночной артерии (ПА) осуществляется в 20% и воротной вены (ВВ) – около 80%. При этом в ПА кровь поступает примерно на 19 сек раньше, чем она достигает ВВ. Внутри печени артерия и вена разветвляются до междольковых печеночных артерий (МПА) и вен (МПВ), которые расположены рядом с междольковыми желчными протоками. Эти сосуды впадают в синусоиды, а те в свою очередь – в центральную вену, в дальнейшем соединяются друг с другом и вместе впадают в поддольковые вены (ПДВ), которые также соединяются, и в итоге из печени выходят 2–3 печеночные вены (ПВ), впадающие в нижнюю полую вену [1, 2].

На основании такого строения паренхимы печени определяют принцип прохождения крови, а следовательно и введенного КВ в исследуемом органе.

Однако примерно у 45% людей есть варианты артериального кровообращения печени, которые необходимо учитывать при выявлении патологических образований и соотношения патологического очага в ней и НПП при планировании хирургического вмешательства.

Так, аберрантные артерии могут быть замещающими или дополнительными. Выделяют абберантные левую (наиболее часто), правую ПА, правую и левую нижние диафрагмальные артерии, внутреннюю грудную, левую желудочную и межреберную артерии.

Примерно у 20% пациентов выявляют анатомические варианты ВВ – трифуркацию, отхождение позади от средней ПВ, спереди от левой ПВ, наличие дополнительных правой, средней, левой ПВ, дополнительной нижней ПВ, а также различные варианты сегментарных ветвей. В этом случае 3D-реконструкция особенно актуальна для более наглядной визуализации таких анатомических вариантов [3].

При КТ и МРТ печени также возможно оценить не только поражения ее паренхимы, но и сосудистой и желчевыделительной систем.

При заболеваниях желчных путей применяют тонкосрезовую КТ с целью выявления размеров желчных протоков, обнаружения их расширений и сужений. Постконтрастное исследование обычно используют для выявления лимфоаденопатии, обструкции желчных путей, печеночных метастазов.

Помимо анатомических особенностей при КТ и МРТ важно оценивать изменения гемодинамики печени. При этом нарушение кровообращения в ней может быть обусловлено рядом причин, среди которых – изменение количества притекающей крови, сопротивление ее оттоку, боковое давление на стенки сосудов и изменение реологических свойств самой крови.

Ее поступление в ВВ увеличивается в процессе пищеварения, однако в этом случае оно превышает кровоток в покое не более чем на 50%. Значительно возрастает приток крови при воспалительных процессах (например, перитоните).

Уменьшение поступления крови в ВВ возможно при резких изменениях положения тела (ортостатический коллапс), при ишемии кишечника в результате кровопотери, тяжелой механической травмы и др. Нарушения оттока крови из системы сосудов ВВ, приводящие обычно к повышению в ней

давления (при портальной гипертензии), могут быть вызваны сердечной недостаточностью, сужением или тромбозом ПВ, а также возрастанием сопротивления кровотоку в сосудах печени в результате изменений их тонуса под влиянием нервных и гуморальных факторов, а также вследствие сужения их просвета (например, при развитии цирроза печени), или экстравазальной компрессии сосудов крупными очагами (кистами, абсцессами, гематомами).

Повышение внутрибрюшного давления при асците, метеоризме, атонии кишечника и др. также сопровождается нарушениями портального кровотока.

Изменения реологических свойств крови (например, вследствие повышения ее вязкости) способствует замедлению кровотока в ВВ, что увеличивает временные промежутки прохождения КВ.

При затруднении оттока крови через ПВ или возрастании ее притока в печени может депонироваться до 20% общего объема крови. Ее задержка в синусоидных капиллярах этого органа увеличивает экстравазацию жидкости в перисинусоидальные пространства, что имеет значение для физиологической регуляции водно-солевого обмена.

Приведенные выше изменения гемодинамики в печени необходимо учитывать предварительно, до проведения исследования – при сборе анамнеза пациента.

При ишемических нарушениях кровообращения может развиваться ишемический очаг, состоящий из некротизированной ткани, при резорбции которой часто формируется киста. При локальных нарушениях кровообращения с геморрагическим пропитыванием формируется гематома, при лизисе которой также образуется киста [4]. Кистозные образования могут иметь как паразитарное, так и первичное (врожденное) происхождение [5].

По данным Е. А. Белолопатко и др. [6] истинные кисты печени относятся в 90% случаев к бессосудистым образованиям, без изменений кровотока в перифокальной зоне (ПФЗ). При паразитарных кистах соотношение бессосудистых (отсутствие кровотока как в самой кисте, так и в ПФЗ) и умеренно васкуляризированных кист (с отсутствием кровотока в очаге, но с появлением дополнительных сосудистых сетей в ПФЗ) составляет соответственно 44–56%.

Таблица 1.

**Параметры для одно- и мультифазного 64-срезового томографа
в фазы сканирования [8]**

Параметр/ фаза	Нативная	Двух-трехфазная	Портальная венозная	Отсроченная
Коллимация (мм)	64 × 1,5	64 × 1,5	64 × 1,5	64 × 1,5
Толщина среза (мм)	5	5	5	5
Питч	1,375	1,375	1,375	1,375
Шаг стола (мм)	55,0	55,0	55,0	55,0
Сила тока (мА)	100–700	100–700	100–700	100–700
Напряжение (кВт)	120	120	120	120
Задержка сканирования (сек)	не применяется	БВ	около 30 сек	около 15 мин

Примечание: БВ – болюсное введение.

Методика проведения исследования

Параметры сканирования

КТ печени при исследовании брюшной полости практически всегда предполагает внутривенное (в/в) применение Кст за исключением тех случаев, когда у пациента выявлены повышенный уровень креатинина (при почечной недостаточности) или аллергическая реакция на йодсодержащие КВ. МСКТ и МРТ с в/в Кст в настоящее время используют чаще по сравнению с внутриартериальным введением КВ (КТАГ и КТ с артериальной портографией – с введением КВ непосредственно в собственную ПА).

В зависимости от вида томографа (одно-слойная КТ, многослойная КТ – 4-, 8-, 16-, 64-, 256-слойные томографы) с учетом таких параметров, как коллимация среза, его эффективная ширина, питч (отношение шага стола к коллимации), применяют разные режимы сканирования. Так, для выявления маленьких очагов и улучшения оценки их морфологии и построения в дальнейшем 3D-реконструкций используют более тонкие срезы и перекрывающиеся реконструкции (для спиральной КТ), при которых обеспечивается 30–50% перекрытия между срезами. Оно позволяет захватить мелкие образования, находящиеся на границе между ними (табл. 1).

Однако при таком сканировании возрастает как время проведения исследования, так и доза излучения, полученная пациентом, и растет вероятность появления артефактов от дыхания. В итоге целесообразным при сканировании печени считается использование

относительно узкой коллимации и увеличенного питча [7].

Важно отметить, что оценку анатомии артериальной системы печени, отношение опухоли к ее воротам, печеночным сосудам и желчным протокам проводят в течение артериальной фазы сканирования, которая длится очень короткое время и быстро переходит в портальную венозную фазу, продолжающуюся значительно дольше.

Таким образом, при обычной спиральной КТ большинство срезов, расположенных краниальнее, представлено в относительно раннюю артериальную фазу, тогда как более каудальные срезы получают в позднюю артериальную и раннюю портальную фазы.

Однако применение многосрезовых томографов дает возможность произвести быстрый сбор данных в короткий срок (до нескольких сек) и получить изображения всего органа в каждой фазе и даже в отдельных ее частях (например, как в ранней, так и в поздней артериальных фазах контрастирования) [3].

Нативная КТ

Ее используют для выявления такой патологии печени, как сливной фиброз, цирроз, различные обызвествления, гемохроматоз, а также аваскулярные образования (непаразитарные кисты) и гипervasкулярные опухоли (муцинозная аденокарцинома, карциноид).

Основной показатель, подвергающийся анализу, – сравнение денситометрических данных НПП и патологического участка. При этом кровеносные сосуды выглядят гиподенсными на фоне НПП. При непаразитар-

ных кистах печени контрастное усиление (КстУ) также считается излишним (основной критерий отличия – сравнение денситометрических показателей печени (50–70 ед. Н) и самой кисты (от – 10 до +10 ед. Н), хотя в некоторых случаях его можно использовать – например, для дифференциации кист малых размеров с распадающимися метастазами [9].

При рассасывающейся гематоме сравнение денситометрических данных не всегда бывает эффективным из-за их постепенного снижения в гематоме до показателей НПП. Применение в/в КстУ помогает выявить отсутствие Кст гематомы.

Обычно при исследовании печени используют методики с применением болюсного введения (БВ) КВ. По мере его прохождения по сосудам печени выделяют сменяющие друг друга фазы Кст.

1. Артериальная (ранняя, поздняя) наступает через 25–30 сек после БВ КВ, при этом каждая из них имеет временное окно примерно по 8–10 сек.
2. В портальной венозной фазе (ВФ) с 30-й сек контрастируются портальные вены (ПтВ) на фоне неконтрастированных ПВ. После нее идет печеночная ВФ (или паренхиматозная, состоящая из поступающей крови из ПА и ПтВ) с 40–60-й сек, при которой контрастируются ПВ и ПтВ печени. При ней виден контрастированный кровоток в ПВ на фоне контрастированной паренхимы.
3. С 3–5-й мин от начала Кст, когда начинается ослабление паренхиматозной фазы, возникает отсроченная фаза [8, 9]. Различают раннюю (или фазу сосудистого равновесия) и позднюю (или фазу паренхиматозного равновесия) [10].

При этом в зависимости от целей исследования и технических характеристик компьютерного томографа методику применяют только в портальную фазу, или при двух- и трехфазном сканировании.

Портальная фаза сканирования

Его проводят только в портальную ВФ пациентам с уже диагностированными злокачественными образованиями для выявления гиповаскулярных метастазов. Объем и скорость введения КВ – 150–200 мл 2,5–5 мл/сек. Необходимая концентрация йода в КВ –

370 мг/мл. Задержка сканирования для достижения максимального паренхиматозного усиления – обычно 50–100 сек после начала введения КВ в зависимости от его объема и скорости.

Часто применяют метод «болюс – триггер», при котором происходит запуск сканирования при повышении плотности в «области интереса» (ROI), используя его с целью более точного определения времени наступления той или иной фазы Кст. Этот способ особенно актуален у пациентов с синдромом портальной гипертензии, когда транзит крови по ВВ резко замедлен и применение стандартной методики МСКТ значительно затруднено, так как необходимо в каждом отдельном случае подбирать увеличенное время задержки сканирования в зависимости от степени выраженности заболевания [11].

Когда ROI установлена на селезенке, время задержки сканирования – 15–20 сек для портальной ВФ, а для печеночной ВФ – 30–40 сек. При ROI, помещенном на аорту, время задержки сканирования – соответственно 40–45 сек и 55–65 сек.

Более точную корректировку времени сканирования проводят с учетом индивидуального времени циркуляции крови в организме у каждого пациента в зависимости от конституции, веса, частоты сердечных сокращений и т. д. [12].

Очаговые образования печени разделяют на аваскулярные, гипо- и гиперваскулярные.

Двухфазная спиральная КТ

Этот метод сканирования – стандартная методика исследования при очаговых гиперваскулярных поражениях печени, а также при планировании хирургического вмешательства.

Проводят сканирование печени в артериальную и портальную ВФ. При этом начинают несколько раньше – через 5–10 сек после введения КВ (в начале артериальной фазы Кст), а в портальную ВФ – после завершения артериальной. При этом задержка сканирования при ROI на аорте для портальной ВФ – 40–45 сек, а для печеночной ВФ – 55–65 сек. Примерно на 30% больше как первичных, так и метастатических гиперваскулярных новообразований печени (например, метастазы рака молочной железы, меланомы, саркомы, нейроэндокринной опухоли, рака щитовидной железы) определяется именно в эту фазу.

Сама артериальная фаза редко помогает выявить опухоль и часто используется для 3D реконструкций артериального кровотока. Так, при КстУ в артериальную фазу хорошо видны аденомы печени, у которых выявлено артериальное кровоснабжение, но обычно нет связи с внутривенными венами.

Они быстро накапливают КВ, приводя к выраженному повышению денситометрических показателей с последующим постепенным их снижением. Первичные и метастатические новообразования с очагами некроза и гиповаскуляризации (например, после химиотерапии) хорошо оцениваются в позднюю артериальную фазу.

При венозном тромбозе, наличии солидной опухоли, которая прорастает из печеночной паренхимы в просвет вены, также нужна оценка артериальной неоваскуляризации. Типичный вид артериального кровотока в опухоли описан в литературе как «нити и полосы» [10]. Его определяют в раннюю артериальную фазу при МСКТ, а также при двух- и трехмерных компьютерно-томографических ангиографических изображениях.

Артериальную фазу используют для выявления аномалий артериальной перфузии печени. Так, НПП, окружающая опухоль, может быть гиперденсной в позднюю артериальную фазу. Это гиперусиление образуется за счет эффекта «колодца», при котором новообразование способствует большему притоку артериальной крови в сегмент или долю печени для питания как его самого, так и НПП [10].

Таким образом, ускорение печеночного артериального кровотока приводит к усилению Кст обоих (злокачественного образования и рядом находящегося участка НПП), поэтому важно выявить различия между этими структурами и уточнить границы.

Также артериальную фазу Кст используют для выявления таких аномалий артериальной перфузии, как, например, артериовенозные фистулы, образующиеся в опухолях или в НПП после проникающих ранений, в том числе после чрескожной пункционной биопсии. Артериальный поток при этом приводит к усилению Кст печеночной паренхимы, прилежащей к фистуле.

Эти фистулы необходимо дифференцировать с гепатоцеллюлярным раком (ГЦР), который характеризуется неоднородностью строения с очагами кровоизлияний и некроза, нали-

чием лакун, артериопортальных и артериовенозных шунтов (в 63% случаев) [13].

Изменение артериального кровотока может происходить после аблации (введения этанола, криоаблации и радиочастотной аблации), когда в пограничных (периферических) опухолевых венах возникает периферический портальный венозный тромбоз. При этом компенсаторно возрастает артериальный приток к НПП вблизи опухоли, что приводит к появлению картины частичного или полного кольца из контрастной гиперусиленной НПП. Эта контрастированная паренхима расположена по внешнему краю облитерированного новообразования и отличается от необлитерированного тем, что в ней контрастированная ткань будет визуализироваться снаружи от края опухоли [10].

Однородное местное повышение артериального притока происходит при тромбозе опухолевых вен, тромбоземболии, компрессии или сужении портальной вены. Неоднородное местное повышение артериального притока бывает при кавернозной трансформации тромбированной главной портальной вены из-за лучшего кровоснабжения коллатеральными сосудами центральных (перипортальных) областей, чем периферических [14, 15].

Значительную трудность в клинической практике представляет прижизненная диагностика очаговых воспалительных изменений печени – абсцессов. С помощью Кст при КТ и МРТ расширились возможности выявления этих заболеваний. При в/в Кст компьютерно-томографическое изображение сформировавшегося абсцесса представляет собой накопление КВ на периферии образования, в зоне грануляционной капсулы (гиперконтрастный ободок) и в зоне воспалительной инфильтрации с отсутствием Кст центрально расположенной зоны некроза.

Трехфазная спиральная КТ

Она состоит из сканирования печени в артериальную, портальную и отсроченную (раннюю и позднюю) фазы Кст печени. Эту методику применяют для диагностики таких новообразований в ней, как гемангиомы, ГЦР, холангиокарциномы, а также диффузных заболеваний печени. При них (жировая инфильтрация, цирроз, гемосидероз, синдром Бадда – Киари) используют комбинацию поздней артериальной фазы и портальной печеночной ВФ.

Связано это с тем что, например, гемангиомы визуализируются в артериальную, но преимущественно в венозную фазу и далее в раннюю отсроченную фазу (через 3–5 мин). Кст гемангиом происходит от периферии к центру, без усиления центрально расположенной гиалиновой щели, которая характерна для крупных гемангиом (> 6 см) и представлена участком пониженной плотности, состоящим из гиалинизированной соединительной ткани звездчатой или продолговато-ветвистой формы, с четкими контурами.

В гемангиоме КВ задерживается, и на 2–3-й мин она становится гиперденсной на фоне паренхимы печени. Эта характеристика помогает дифференцировать гемангиому от злокачественной опухоли, которая уже в ВФ быстро теряет КВ и становится изо- и гиподенсной по сравнению с НПП.

В отличие от гемангиомы время появления КВ в первичных опухолях и метастазах по сравнению с НПП практически не отличается. Обычно есть разница в скорости нарастания плотности. Эти данные позволяют дифференцировать гемангиомы от злокачественных новообразований и паренхимы печени [16].

Гемангиомы имеют типичное расположение по отношению к сосудам печени, что позволяет отличать их, например, от аденом. Обычно гемангиомы выявляют рядом с внутривенными венами и довольно часто – в области крупных ветвей ВВ. Аденомы же не имеют связи с внутривенными венами. Контрастированные аденомы преимущественно из-за артериального кровотока быстро накапливают КВ и равномерно во всем образовании с последующим равномерным снижением плотности [17]. ГЦР может быть представлен в зависимости от кровоснабжения как гипо- (ГипоВО), так и гиперваскулярным (ГиперВО) образованием. Варианты ГипоВО обычно встречаются на ранних стадиях развития опухоли и при контрастировании незначительно или совсем не усиливаются в артериальную фазу. ГиперВО имеют быстрое Кст в артериальную фазу и быстрое вымывание КВ в ВФ.

Обсуждение

Необходимо учитывать, что в крупных опухолях структура отличается гетерогенностью

за счет некрозов и кровоизлияний, лакун, артериопортальных и артериовенозных шунтов (мозаичный рисунок). В позднюю венозную и отсроченную фазы (через 10–15 мин) Кст определяют гиперденсную капсулу и фиброзные септы опухоли на фоне гипо- или изоденсной ткани самого новообразования [3, 8, 11].

Узловая очаговая гиперплазия – ОГП (фокальная нодулярная гиперплазия – ФНГП) относится к доброкачественным новообразованиям и состоит из нерегулярно ориентированных гиперплазированных гепатоцитов, содержащих артериальную сеть [18]. Очаговая НГП контрастируется одновременно по всей площади за счет центрально расположенного сосуда. Она также имеет центральную зону, содержащую соединительную ткань, которая в отличие от гемангиомы накапливает КВ в отсроченную фазу и может становиться гиперденсной в отличие от самой ткани ФНГП [19].

Таким образом, БКУ позволяет наиболее точно оценить кровоток и выявить характерные признаки того или иного патологического очагового образования печени.

С учетом современного технического оборудования, при котором стало возможным проводить сканирование больших анатомических областей в короткий срок (около нескольких сек), можно проследить продвижение КВ в разные фазы Кст – от артериальной до печеночной ВФ.

Выводы

Варианты анатомического строения кровеносной системы печени, а также общее состояние организма значительно влияют на характеристики изображений, полученных после сканирования. Характер и время накопления и вымывания КВ из новообразования, сравнение его с НПП – основа диагностики патологических опухолей этого органа.

Знание особенностей гемодинамики в НПП и в патологических образованиях печени дает возможность подобрать правильный протокол исследования, проанализировать полученную информацию и достоверно поставить диагноз. ■

Список литературы

1. Райн С., МакНиколас М., Юстейс С. Анатомия человека при лучевых исследованиях. 2009; 169–180.
2. Baron R.L. Understanding and optimizing use of contrast material for CT of the liver. *A.J.R.* 1994; 163: 323–331.
3. Прокоп М., Галански М. Спиральная и многослойная компьютерная томография. Том 1. М.: Медпресс, 2009; 102–118.
4. Струков А.И., Серов В.В. Патологическая анатомия. М.: Медицина. 1995; 134–232.
5. Hosten N., Puls R., Bechstein W.O. Focal liver lesions. Doppler ultrasound. *Eur. Radiol.* 1999; 9: 428–435.
6. Белолопатко Е. А., Кунцевич Г. И., Скуба Н. Д. Сопоставление данных комплексного ультразвукового исследования и морфологического анализа в диагностике очаговых поражений печени. *Журнал ультразвуковой диагностики.* 1998; 4: 5–13.
7. McCollough C.H., Zink F.E. Performance evaluation of a multislice CT system. *Med Phys.* 1999; 26: 2223–2230.
8. Hoon Ji., Jeffrey D., McTavish K.J. Mortele hepatic imaging with multidetector CT. *Radiographics.* 2001; 21: 71–80.
9. Кармазановский Г.Г., Вилявин М.Ю., Никитаев М.С. Компьютерная томография печени и желчных путей. М.: Паганель-Бук. 1997; 358.
10. Special focus session: multidetector CT. *Abd. Visc. Imag. Radiographics.* 2002; 22: 701–719.
11. Кудрявцева А.В., Дзидзава И.И. Возможности многофазной спиральной КТ в предоперационном обследовании больных с синдромом портальной гипертензии. *Вестник Российской военно-медицинской академии.* 2009; 3 (27): 151–158.
12. Boll D.T., Merkle E.M. Diffuse liver disease. Strategies for hepatic CT and MR imag. *Radiographics.* 2009; 29: 1591–1614.
13. Felix R., Langer R., Langer M. Bildgebende diagnostik bei lebererkrankungen. Springer, Berlin. *Heidelberg, New York.* 1993; 23–66.
14. Kwack S.W. et al. Hepatic capsular and subcapsular pathologic conditions. Demonstration with CT and MR imaging. *Radiographics.* 2008; 28: 1307–1323.
15. Gryspeerdt S. et al. Evaluation of hepatic perfusion disorders with double-phase spical CT. *Radiographics.* 1997; 17: 337–348.
16. Hoon Ji. et al. Hepatic Imaging with multidetector CT. 2001.
17. Кармазановский Г.Г., Тинькова И.О. Гемангиома печени. Компьютерно-томографические и морфологические (лекция). *Медицинская визуализация.* 2003; 4: 37–45.
18. Uggowitz M. Power Doppler imaging and evaluation of resistive index in focal nodular hyperplasia of the liver. *Abdom. Imag.* 1997; 22: 268–273.
19. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Состояние гемодинамики при очаговых поражениях печени. Обзор литературы и анализ собственных наблюдений. *Son. International.* 2000; 6: 3–14.

Адрес для корреспонденции:

Бурякина Светлана Алексеевна
ФГБУ «Институт хирургии им. А.В. Вишневского»
Минздравсоцразвития России
E-mail: sburyakina@yandex.ru