

Компьютерная томография органов дыхания

И.Е. Тюрин

В течение последних 20 лет рентгеновская компьютерная томография (КТ) стала одним из важнейших методов диагностики заболеваний органов дыхания. Это обусловлено высокой точностью метода в выявлении патологических изменений органов и тканей грудной полости. Применение КТ позволило заменить традиционные рентгеноконтрастные методики, такие как бронхография, пневмомедиастинография, диагностический пневмоторакс и др. В тех лечебных учреждениях, где КТ является доступным методом исследования, практически не используется линейная томография.

В большинстве клинических ситуаций лучевая диагностика патологии органов дыхания может быть ограничена выполнением обзорной рентгенографии и КТ. При необходимости эти методики дополняются изотопными и ультразвуковыми исследованиями или магнитно-резонансной томографией (МРТ). Трансторакальная пункционная или чрезбронхиальная биопсия под контролем рентгеноскопии используется для верификации изменений в грудной полости. Пункции могут также выполняться под контролем эхографии или КТ. Наряду с современными бронхологическими и функциональными методами, комплекс лучевых исследований позволяет получить всестороннюю информацию о состоянии органов дыхания.

Смысл метода КТ заключается в выполнении трех последовательных действий: сканирования объекта тонким веерообразным пучком рентге-

новского излучения; регистрации ослабленного рентгеновского излучения детекторами, позволяющими преобразовать энергию квантов излучения в электрические импульсы; построения двумерного полутонного изображения поперечного (аксиального) среза исследуемой области. Технические подробности детально изложены в соответствующих руководствах [1–6].

Как и любой рентгеновский метод, КТ-исследование связано с воздействием на организм ионизирующего излучения. Доза облучения при стандартном КТ-исследовании сопоставима с дозой при линейной томографии легких и составляет 5–8 мЗв [5, 6]. В современных аппаратах, оснащенных программами автоматической коррекции экспозиции, доза может быть уменьшена в 1,5–2 раза. При использовании КТ высокого разрешения (КТВР), когда выполняются тонкие (1–2 мм) томографические срезы на расстоянии 10–20 мм друг от друга, доза составляет 2–3 мЗв [6–8]. В специальных протоколах так называемой низкодозной КТ, предназначенной для скрининга патологии легких, прежде всего бронхогенного рака, доза облучения сопоставима с обычной обзорной рентгенограммой и равна 0,2–0,4 мЗв. Эти же протоколы сегодня нередко используются для первичного сканирования пациентов с уже известной патологией.

Показания для КТ органов грудной полости

Принято выделять некоторые общие показания к проведению КТ органов грудной полости, большинство из которых предполагают проведение дифференциальной диагностики изменений, выявленных при обычной рентгенографии или флюорографии [2, 4]. К таким показаниям, в частности, относятся:

- патологическое образование (очевидное или предполагаемое) в грудной полости, включая легкие, средостение, плевру и грудную стенку;
- увеличение лимфатических узлов средостения и корней легких (очевидное или предполагаемое);
- долевые и сегментарные инфильтраты в легком, природа которых неясна по данным обзорной рентгенографии;
- распространенные двухсторонние изменения в легких (очевидные или предполагаемые), в том числе при интерстициальных заболеваниях легких;
- плевральный выпот неясного генеза;
- травмы и ранения груди.

В принципе, любые сомнения в правильности интерпретации данных рентгенографии являются серьезным аргументом в пользу выполнения КТ [6]. В ряде случаев КТ может выполняться и при нормальной рентгенологической картине с целью поиска патологических изменений, невидимых на обзорных рентгенограммах, например:

- стадирование злокачественных опухолей: бронхогенного рака, злокачественных лимфом (рис. 1);
- возможное патологическое образование в средостении у больных с миастенией;
- эмфизема у больных со спонтанным пневмотораксом (рис. 2);
- бронхоэктазы и эндобронхиальные опухоли у больных с кровохарканьем (рис. 3, 4);
- интерстициальные заболевания легких у больных с нарушением функции внешнего дыхания и клинической симптоматикой;
- тромбоэмболия легочной артерии при наличии спиральной технологии сканирования и возможности КТ-ангиографии (рис. 5).

Игорь Евгеньевич Тюрин – профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии СПб. государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова, главный рентгенолог Санкт-Петербурга и Ленинградской области.



Рис. 1. Стадирование рака легкого: рак левого верхнедолевого бронха, спиральная КТ-ангиография. а – аксиальный срез на уровне левого главного бронха: определяется мягкотканное образование, деформирующее левую легочную артерию. б – реформация во фронтальной плоскости. Опухоль циркулярно охватывает левую легочную артерию и левый главный бронх.

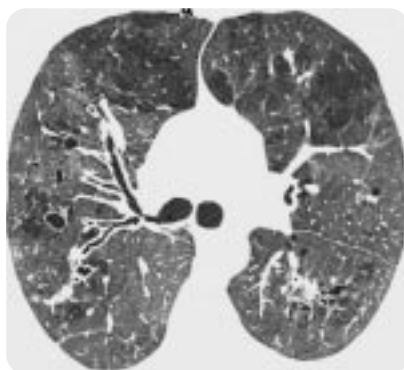


Рис. 2. Кистозный фиброз, КТВР. Томограмма на уровне бронха верхней доли. Видны расширенные по типу цилиндрических бронхоэктазов сегментарные bronchi справа, крупные мешотчатые бронхоэктазы, участки клапанного вздутия в передних сегментах.

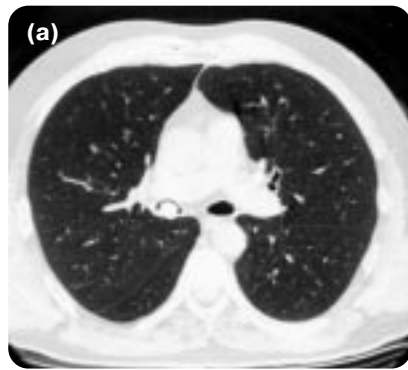


Рис. 3. Кровохарканье, эндобронхиальная опухоль (аденокарцинома) промежуточного бронха правого легкого. а – аксиальный срез. б – реформация во фронтальной проекции. Патологическое образование расположено в проксимальной части промежуточного бронха. Признаки нарушения бронхиальной проходимости (частичный или полный ателектаз) отсутствуют.



Рис. 4. Тромбоэмболия легочной артерии, спиральная КТ-ангиография. В просвете крупных легочных артерий видны пристеночные дефекты наполнения – тромботические массы.



Рис. 5. Саркоидоз, 2 стадия. Типичные очаги и ретикулярные изменения. Стенки мелких бронхов утолщены, очаги расположены перилимфатически (в плевральных листках, в стенках бронхов, в междольковых перегородках). Увеличены бронхопульмональные лимфатические узлы.

В ряде зарубежных стран КТ начинает применяться в качестве метода скрининга бронхогенного рака вместо рентгенографии и флюорографии. Хорошо известно, что КТ позволяет уверенно выявлять патологические образования в легких размером от 5 мм, в то время как рентгенография и флюорография – от 10 мм. При этом выявляемость мелких образований в легких при КТ не зависит от целого ряда негативных “рентгенографических” факторов (физико-технических условий выполнения снимка, интерпозиции костных структур, правильности установки больного и т.п.). В одном из наиболее крупных исследований в этой области [9] применение КТ при обследовании группы риска позволило выявить очаги в легких у 23,3% пациентов, в то время как при рентгено-

графии очаги обнаружены только у 7%. Рак легкого выявлен при КТ в 27 случаях (2,7%), из них 26 опухолей были резектабельны, а 23 (85%) имели I стадию, причем 19 из 23 очагов (75%) в I стадии не были видны на рентгенограммах. Сопоставимые данные получили и другие исследователи.

Применение современных протоколов низкодозной спиральной КТ позволило снизить облучение пациентов до уровня, сопоставимого с обзорной рентгенографией. Однако вопрос о принципиальной целесообразности скрининга рака легкого с помо-

щью лучевых методов исследования до настоящего времени остается предметом дискуссии. Неясно, смогут ли эти программы реально снизить смертность больных раком легкого, а также окажутся ли такие доро-

гостоящие программы экономически оправданными.

Методики КТ-исследований

Любое диагностическое КТ-исследование органов грудной полости представляет собой серию томограмм исследуемой области. Оно направлено на изучение легочной ткани, дыхательных путей, средостения, плевры и грудной стенки. При первичном исследовании томограммы выполняются от верхушек до диафрагмальных синусов, при этом толщина томографического слоя и расстояние между слоями составляет 8–10 мм. Эта методика позволяет изучить весь объем грудной полости с помощью срезов, прилежащих друг к другу (примыкающих срезов), не пропустив при этом существенной патологии. В случае выявления патологии на серии первичных (нативных) томограмм для уточнения характера изменений могут быть использованы специальные методики, связанные с введением контрастных веществ, уменьшением толщины томографического слоя, исследованием на выдохе и др.

В настоящее время принято выделять **две основные технологии КТ-исследования: пошаговую (последовательную) и спиральную** [6, 8]. Пошаговая технология предполагает остановку рентгеновской трубки после каждого вращения, во время которой стол с пациентом перемещается в следующую позицию, а пациент имеет возможность сделать вдох и задержать дыхание на время следующего вращения. Эта технология является основной и единственной на аппаратах, произведенных до середины 1990-х годов. В более поздних модификациях пошаговая КТ продолжает использоваться для изучения головного мозга, особенно в области основания черепа, костей лицевого скелета, крупных суставов, а также для высокоразрешающей КТ легких.

КТ высокого разрешения

КТВР представляет собой вариант пошагового сканирования и заключается в выполнении трех технологичес-

ких действий: уменьшении толщины томографического слоя до 1–2 мм, прицельной реконструкции изучаемой части грудной полости и применении специального высокоразрешающего алгоритма построения изображения. Все три действия направлены на максимально возможное повышение пространственной разрешающей способности. Методика предназначена для изучения наиболее тонких изменений легочной ткани на уровне анатомических элементов вторичной легочной доли и ацинусов.

В настоящее время КТВР используется для диагностики интерстициальных заболеваний легких, эмфиземы и бронхоэктазов. Оценка интерстициальных заболеваний легких при КТВР позволяет значительно сузить дифференциально-диагностический ряд, объективно высказаться об активности воспалительного процесса, выбрать оптимальное место и вид биопсии в случае ее необходимости. В ряде случаев при КТВР удается максимально приблизиться к гистоспецифическому диагнозу, в частности при саркоидозе, лимфангиолейомиоматозе, гистиоцитозе, лимфогенном карциноматозе (рис. 5, 6).

Важными показаниями к проведению КТВР являются спонтанный пневмоторакс и кровохарканье при отсутствии изменений на обзорных рентгенограммах. Основной причиной спонтанного пневмоторакса является эмфизема, в выявлении которой КТВР имеет неоспоримые преимущества перед любыми другими методами диагностики. У больных с кровохарканьем и нормальной рентгенограммой грудной клетки КТВР должна предшествовать бронхологическому исследованию. Эта тактика позволяет уверенно выявлять как эндобронхиальные опухоли, так и бронхоэктазы, невидимые при бронхоскопии. Важной находкой при КТВР у таких больных являются участки имбиции легочной ткани кровью, что указывает на локализацию источника кровотечения еще до выполнения бронхоскопии.

Изучение тонкой анатомической структуры легочной ткани тесно свя-

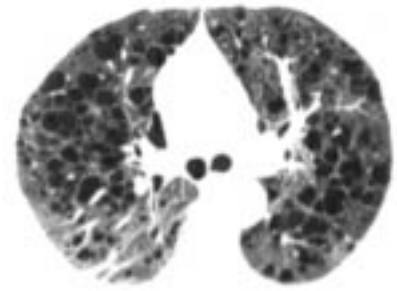


Рис. 6. Лимфангиолейомиоматоз. Множественные воздушные полости с ровными тонкими стенками на фоне неизменной легочной ткани.

зано с процессами вентиляции и кровообращения (перфузии). Состояние легочной ткани при нарушении вентиляции у больных с обструктивными изменениями изучается в условиях **экспираторной КТ**. При использовании этой методики КТВР выполняется на высоте задержанного выдоха. В зонах нарушенной бронхиальной проходимости, равных по объему отдельным долям, иногда сегментам и даже долям, при исследовании на выдохе выявляются участки повышенной воздушности – воздушные ловушки [8].

У больных с острой и, особенно, хронической тромбоэмболией легочных артерий (ТЭЛА) наблюдается перераспределение крови из зон с облитерированными сосудами в зоны с сохраненным кровотоком. В результате плотность нормальной легочной ткани повышается за счет избыточной перфузии, что отражается в наличии неравномерной или мозаичной перфузии в виде чередования участков пониженной и повышенной плотности. Эта картина может напоминать обструктивные изменения, но при исследовании на выдохе плотность легочной ткани повышается во всех участках [6].

Роль КТВР в изучении интерстициальных заболеваний легких долгое время оставалась недостаточно понятной. Как правило, такое исследование выполнялось при недостаточно очевидных изменениях на рентгенограммах или при несоответствии рентгенологических и клинических данных. Накопление опыта и клинико-морфологические сопоставления позволили

Показания и протоколы для высокоразрешающей КТ

Показания	Протоколы	Дополнительные изображения
Очевидные изменения на рентгенограмме – диффузный инфильтративный процесс	Инспираторная КТВР, шаг стола 10–20 мм	
Нормальная или почти нормальная рентгенограмма, предполагаемый диффузный инфильтративный процесс	Инспираторная КТВР, шаг стола 10–20 мм. Дополнительные срезы в положении на животе, шаг стола 30–40 мм.	Экспираторная КТВР, шаг стола 30–40 мм – при подозрении на экзогенный аллергический альвеолит. Проекция максимальной интенсивности (STS MIP) – при подозрении на милиарные очаговые изменения.
Предполагаемые или очевидные заболевания бронхов	Инспираторная КТВР, шаг стола 10 мм	Экспираторная КТ, шаг стола 20–30 мм – при подозрении на заболевания мелких бронхов. Сужение электронного окна для выявления эмфиземы или участков вздутия при патологии мелких бронхов. Проекция минимальной интенсивности (STS minIP) для выявления минимально выраженной мозаичной картины.

расширить и конкретизировать показания к проведению КТВР:

- выявление диффузных изменений в легких у пациентов с нормальной или почти нормальной рентгенологической картиной;
- сужение дифференциально-диагностического ряда при неспецифических изменениях на рентгенограммах вплоть до установления гистоспецифического диагноза;
- оценка обратимости изменений в легких;
- исследование пациентов с необъяснимыми обструктивными изменениями;
- оценка пациентов с кровохарканьем;
- определение вида и места биопсии легкого.

Наиболее используемые протоколы сканирования в типичных клинических ситуациях приведены в таблице. Помимо перечисленной группы заболеваний, КТВР может применяться для уточнения данных спирального сканирования, что широко используется при оценке одиночных округлых образований в легких или локальных (долевых и сегментарных) инфильтративных изменений. Однако большинство патологических процессов в легочной ткани, трахее и крупных бронхах, сосудах грудной полости, в средостении, плевре и грудной стенке целесообразно изучать с помощью спиральной КТ.

Спиральная КТ

Спиральная технология сканирования, в отличие от пошаговой, предполагает непрерывное вращение рентгеновской трубки при непрерыв-

ном смещении стола с пациентом через окно гентри. В результате траектория пучка рентгеновского излучения, проецируемая на тело человека, приобретает форму спирали. Главным преимуществом спиральной технологии является резкое ускорение процесса сканирования в результате ликвидации временных промежутков между отдельными вращениями рентгеновской трубки. Исследование груди может быть выполнено на одной задержке дыхания, в течение 10–20 с, что особенно важно для изучения органов дыхания.

Результатом спирального сканирования является единый непрерывный массив данных об исследуемой области. В отличие от пошаговой КТ, этот массив не разделен на отдельные фрагменты (томограммы) дискретными циклами вращения рентгеновской трубки. С помощью специальных математических программ из этого массива данных могут быть получены изображения в любой плоскости, как двухмерные, так и объемные, трехмерные. Появление **многослойной КТ** еще больше расширило границы применения виртуальных технологий, основанных на получении изотропных изображений. Сущность многослойной КТ заключается в использовании нескольких рядов детекторов вместо одного. В этом случае один томографический слой может быть разделен на несколько томограмм. Эти новые возможности устранили важнейший недостаток КТ в сравнении с МРТ, который заключался в получении информативных томографических изображений только в аксиальной плоскости.

КТ-ангиография

Необходимость контрастирования сосудов при КТ-исследованиях различных анатомических областей возникает вследствие недостаточного контрастного разрешения метода. Различия в рентгеновской плотности крови, протекающей по сосудам, стенок сосудов и большинства мягкотканых структур, за исключением жировой клетчатки, незначительны. Без введения контрастного вещества (КВ) не представляется возможным отличить кровь в просвете сосуда от стенки сосуда, выявить сужение внутреннего просвета за счет тромбообразования, а также утолщение, расслоение или повреждение сосудистой стенки.

При нативном КТ-исследовании грудной полости достаточно отчетливо видны лишь внешние контуры сосуда, и только если он окружен жировой клетчаткой средостения или воздухомосодержащей легочной тканью. Прослойки жира в средостении недостаточно выражены у детей, подростков, лиц астенической конституции, что существенно затрудняет оценку сосудов. Еще большие трудности возникают при наличии мягкотканых образований в средостении, корне легкого или легочной ткани, в зоне расположения которых сосуды не визуализируются.

Попытки использовать КТ для оценки сосудистой патологии грудной полости предпринимались с середины 1970-х годов. При этом использовали внутривенное капельное, а в последующем и болюсное введение КВ в локтевую вену, во время которого выполняли от 2 до 5–7 томографических срезов в минуту. За рубежом такая методика КТ

стала стандартной при исследовании больных с новообразованиями.

При спиральной КТ-ангиографии сканирование осуществляется в момент введения 80–100 мл КВ в периферическую вену со скоростью 2–4 мл/с. Время циркуляции КВ по крупным сосудам грудной полости или любой другой анатомической области ограничено несколькими десятками секунд. Если сканирование удастся провести в этот временной промежуток, появляется возможность увидеть внутренний просвет сосудов, заполненных контрастированной кровью.

КТ-ангиография сочетает в себе все преимущества собственно КТ с возможностями обычной ангиографии. Ее можно выполнять даже в амбулаторных условиях, так как не требуется наркоза и сложных внутрисосудистых вмешательств.

Наибольшее клиническое значение КТ-ангиография приобрела в стадировании злокачественных опухолей грудной полости (бронхогенный рак, злокачественные лимфомы), в диагностике ТЭЛА, оценке аневризм грудной аорты и сосудистых мальформаций в легких и средостении.

У больных с онкологическими заболеваниями КТ-ангиография позволяет достоверно выявлять сужение и деформацию сосудов средостения и корней легких при прорастании их первичной опухолью или измененными лимфатическими узлами. Наиболее достоверные результаты получены при наличии изменений полых вен, крупных легочных артерий и вен. Сужение этих сосудов или деформация их контуров прилежащими опухолевыми массами являются объективными признаками инвазии сосудистой стенки. Эти данные имеют большое значение в планировании оперативного или лучевого лечения.

Более сложно определить прорастание опухоли в грудную часть аорты. Лишь у единичных больных отмечается явная деформация просвета сосуда за счет врастания патологического обра-

зования. У остальных пациентов о вовлечении аорты в опухолевый процесс можно судить лишь на основании косвенных признаков. Наиболее важными из них являются прилегание опухолевых масс к сосуду на протяжении более 3 см в продольном направлении или кольцевидное охватывание сосуда опухолью более чем на 1/2 его диаметра.

ТЭЛА является одной из наиболее сложных диагностических проблем. Длительное время ее диагностика была основана на выполнении обзорной рентгенографии грудной клетки, перфузионной сцинтиграфии и, при необходимости, ангиопульмонографии.

Этот алгоритм подвергся серьезному пересмотру в последние годы. Установлено, что спиральная КТ-ангиография позволяет выявить до 98% эмболов в главных, долевыми и сегментарных артериях.

В конце 1990-х годов активно обсуждались трудности выявления изменений в субсегментарных легочных артериях. При использовании относительно толстых томографических слоев изменения в этих сосудах обычно пропускались, что ухудшало общие показатели информативности метода. Однако с появлением аппаратов, в которых время одного вращения рентгеновской трубки стало меньше 1 с, эта проблема была решена. Увеличение скорости сканирования позволило уменьшить толщину томографических слоев до 3–5 мм и резко улучшить качество изображения субсегментарных артерий.

Ряд исследований показал, что использование спиральной КТ-ангиографии в сочетании с ультразвуковым сканированием вен нижних конечностей в качестве первого и единственного метода оценки легочных сосудов является наиболее точным, коротким и дешевым алгоритмом диагностики ТЭЛА.

Сосудистые и комплексные мальформации у большинства больных при рентгенологическом исследовании напоминают опухолевый или воспали-

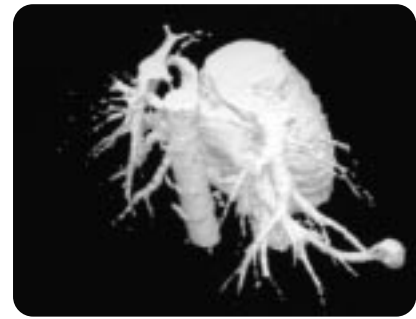


Рис. 7. Артерио-венозная аневризма, 3D-преобразование в программе SSD, вид сзади и справа. Видна правая задняя поверхность сердца, корень правого легкого и артерио-венозная аневризма в правом легком. Отчетливо прослеживаются артериальные и венозные сосуды в зоне мальформации.

тельный процесс. Применение КТ-ангиографии позволяет достоверно установить наличие сосудистой мальформации, ее локализацию и топографо-анатомические взаимоотношения с окружающими структурами и на этой основе кардинально изменить лечебную тактику. Особенно большое значение при этом имеют программы трехмерных преобразований (рис. 7). Важным преимуществом КТ-ангиографии в сравнении с традиционной ангиопульмонографией является возможность одновременной оценки состояния легочной ткани вокруг зоны мальформации.

Список литературы

1. Кармазановский Г.Г. и др. Компьютерная томография печени и желчных путей. М., 1997. С. 27–53.
2. Ищенко Б.И. и др. Лучевая диагностика для торакальных хирургов. СПб., 2000.
3. Позмогов А.И. и др. Томография грудной клетки. Киев, 1992.
4. Тюрин И.Е. Компьютерная томография органов грудной полости. СПб., 2003.
5. Naidich D.P. et al. Computed Tomography of the Thorax. N.Y., 1984.
6. Remy-Jardin M. et al. // Radiology. 1992. V. 185. № 2. P. 381.
7. Kalender W.A. et al. // Radiology. 1989. V. 173. № 2. P. 414.
8. Rubin G.D. et al. // Radiol. Clin. North Am. 1995. V. 33. № 1. P. 51.
9. Henschke C.I. et al. // The Oncologist. 2001. V. 6. P. 147.



Посетите наш сайт!

На сайте www.atmosphere-ph.ru вы найдете электронную версию нашего журнала, а также журналов “Астма и Аллергия”, “Атмосфера. Кардиология”, “Легкое сердце”, “Атмосфера. Нервные болезни”, переводов на русский язык руководств и популярных брошюр GINA (Глобальная инициатива по бронхиальной астме) и GOLD (Глобальная инициатива по хронической обструктивной болезни легких).