

А.Л.Юдин, Г.П.Филимонов, С.Н.Щербинин

БИЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЛЕГКИХ

РГМУ, кафедра лучевой диагностики ФУВ;
ММА им.И.М.Сеченова, кафедра лучевой диагностики, Москва

DUAL-ENERGY CT IN DIFFERENTIAL DIAGNOSTICS OF SOLITARY PULMONARY NODULES

A.L.Yudin, G.P.Filimonov, S.N.Shcherbinin

Summary

The dual-energy computed tomography was performed for scanning of 95 peripheral pulmonary nodules up to 3 cm in a diameter without any visible petrification and cavities. The purpose of the study was a quantitative evaluation of diffusely located calcium contents. All the patients were divided into 3 groups. The first group included patients with nodules which did not change their density or changed it by ± 10 HU. The patients whose nodules' density grew by 10—25 HU were included in the 2-nd group. The third group was formed by patients whose nodules' density increased more than by 25 HU. The measurements were carried out before the morphological data reception. Among 40 patients of the 1st group malignant neoplasm was revealed in 37 persons and benign tumor was in 3 persons. Among 21 patients of the 2-nd group 13 persons had malignant neoplasm and 8 of them had benign nodules. All the patients of the 3-rd group had benign lung formations. These data allow the given technique to be recommended for selection of patients who need morphological verification of pulmonary nodules origin.

Резюме

Методом "двойной энергии" проведено сканирование 95 периферических образований легких размером до 3 см в поперечнике, без видимых петрификатов и полостей, с целью количественной оценки содержания диффузно расположенного кальция. Все пациенты разделены на 3 группы. В первую группу вошли пациенты, плотность узлов у которых не изменялась или изменялась на ± 10 HU. Во вторую группу вошли пациенты, у которых плотность узлов возрастала на 10—25 HU. В третью группу вошли пациенты, у которых показатели плотности возрастали более чем на 25 HU. Измерения проводились до получения морфологических данных. Среди 40 пациентов первой группы злокачественные новообразования выявлены у 37 и доброкачественные — у 3 человек. Из 21 пациента второй группы 13 имели злокачественные образования и 8 — доброкачественные. Все 34 пациента третьей группы имели доброкачественные образования. Эти данные позволяют рекомендовать данную методику для отбора пациентов, нуждающихся в верификации узлов.

Компьютерную томографию применяют преимущественно для исследования больных с целью выявления новообразований, дифференциальной диагностики и определения степени распространения на соседние органы. Особое значение компьютерная томография приобретает при выявлении новообразований тех локализаций, которые трудно поддаются диагностике обычными рентгенологическими и другими видами инструментальных исследований. Что касается органов грудной клетки, то компьютерная томография в значительной степени обогащает данные рентгенологического исследования. Насчитывается более 150 рентгенологических и компьютерно-томографических синдромов, так или иначе нацеленных на дифференциацию злокачественных и доброкачественных новообразований легких, однако данная проблема не потеряла актуаль-

ности и теперь, когда в компьютерной томографии накоплен и проработан большой объем материала.

В компьютерной томографии большое значение имеет определение коэффициента абсорбции — степень ослабления рентгеновского излучения при прохождении через ткани, а также через опухолевые очаги и другие патологические образования. Коэффициент абсорбции для каждого органа был разработан Хаусфильдом на основании среднего коэффициента абсорбции здоровой и патологически измененной ткани, а также воздуха и кости. Согласно шкале Хаусфильда коэффициент абсорбции воды принят за "0", воздуха за "-1000" и кости "+1000" и более. По этой шкале каждый орган имеет свой коэффициент абсорбции, выраженный в единицах Хаусфильда.

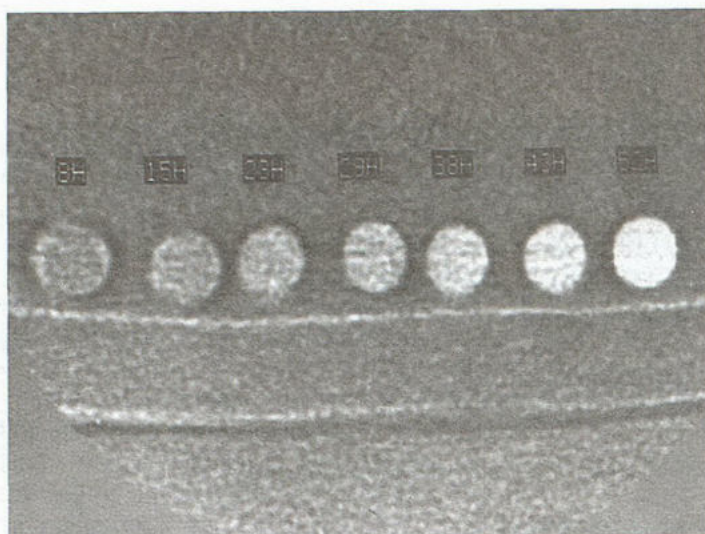


Рис.1. Методом субтракции изображений при 80 kV и 130 kV получены данные о проявлении фотоэлектрического эффекта в образованиях, содержащих кальций. Чем выше концентрация кальция, тем больше разница в показателях плотности.

Тем не менее попытки разграничения образований по пограничным показателям плотности не увенчались успехом из-за несовершенства денситометрической шкалы Хаусфильда, так как средние показатели плотности для различных тканей находятся в одном интервале плотности [1].

Коль скоро стало ясно, что используемая в компьютерной томографии денситометрическая шкала не обладает достаточной репрезентативностью, то было необходимо создание эталонной шкалы. Мы предложили свой тест-объект для денситометрии при проведении компьютерной томографии органов грудной клетки.

Тест-объект состоит из ряда полиэтиленовых пробирок, заполненных водными растворами хлорида кальция различных концентраций. Материалом для пробирок был выбран полиэтилен, так как его физическая и электронная плотности наиболее близки к плотностям воды. Полиэтилен не вызывает артефактов на изображении и искажений плотности соседних образований.

В первую пробирку тест-объекта наливается дистиллированная вода, во все остальные — растворы хлорида кальция. Растворы готовятся с таким расчетом, чтобы концентрация кальция в них соответствовала 2,5, 5, 7,5, 10, 12,5 мг/мл и так далее с интервалом в 2,5 мг/мл. Таким образом, мы имеем ряд пробирок с возрастающей концентрацией кальция, что при томографии данного тест-объекта при стандартных условиях приводит к повышению плотности на 10—15 HU [4].

В эксперименте выявлено, что при сканировании тест-объекта при 80 kV показатели плотности (выраженные в единицах Хаусфильда) повышаются в сравнении со сканированием при 120—140 kV. Чем больше концентрация кальция в пробирке, тем больше разница в плотностных показателях (рис.1).

Как известно, доброкачественные периферические образования легких (в силу особенностей метаболизма и длительных сроков развития) содержат в себе большее

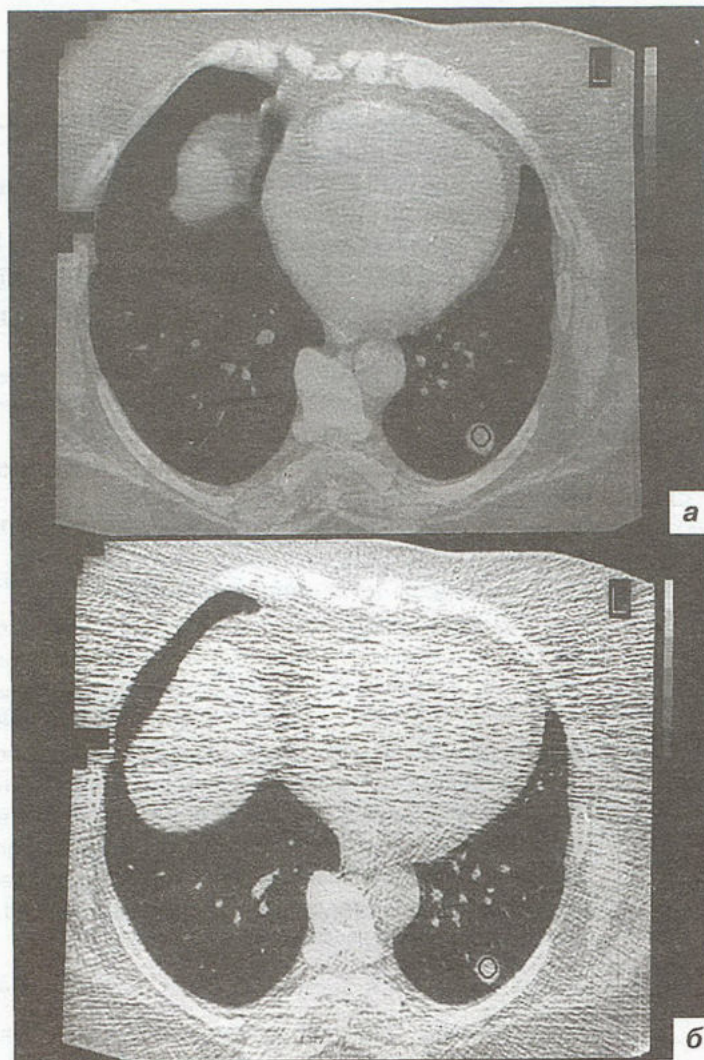


Рис.2. Компьютерная томограмма больной К-вой 62 лет. Периферическая аденокарцинома 9 сегмента левого легкого.

а — плотность образования при 130 kV = -24,6 HU. б — плотность образования при 80 kV = -27,4 HU. Разница в показателях плотности не превышает 10 HU, что свидетельствует о злокачественном процессе.

количество диффузно распространенного кальция, чем злокачественные опухоли.

Показатели плотности, получаемые при компьютерной томографии, обусловлены в основном комптоновским рассеиванием (стандартные условия 120—140 kV). При переходе с напряжения 120—140 kV на 80 kV начинает проявляться фотоэлектрический эффект в тканях, содержащих кальций, и показатели плотности в единицах Хаусфильда увеличиваются [2]. Сканирование разработанного нами тест-объекта подтвердило проявление этого феномена [3], что и позволяет применить эту особенность в дифференциальной диагностике малых периферических образований легких.

Методом "двойной энергии" проведено сканирование 95 периферических солитарных узлов легких размером от 0,6 до 3,0 см в поперечнике, без видимых петрификатов и полостей. При стандартном алгоритме реконструкции проводилось сканирование через центр образования. Напряжение на трубке 120—140 kV и 80 kV. Все остальные параметры сканирования оста-



Рис.3. Компьютерная томограмма больной Б-вой 54 лет. Гамартома 6 сегмента правого легкого.

а — плотность образования при 120 kV = -115,1 HU. б — плотность образования при 80 kV = -22,6 HU. Плотность образования повысилась на 92,5 HU (>25 HU), что свидетельствует в пользу доброкачественного процесса.

вались неизменными. Толщина среза 1,5—2,0 мм для устранения частичного объемного эффекта. Круговой зоной интереса равных размеров определяется средняя плотность образования при различных напряжениях на рентгеновской трубке и разница этих показателей. В связи с этим все пациенты были разделены на три группы. В 1-ю группу вошли пациенты, плотность узлов у которых не изменялась при переходе со 120—140 kV на 80 kV или изменялась на ± 10 HU. Во 2-ю группу вошли пациенты, у которых показатели плотности при переходе на 80 kV возрас-

тали на 10—25 HU (в пределах 2,5 доверительных интервалов). В 3-ю группу вошли пациенты, в узлах которых показатели плотности при переходе на 80 kV возрастали более чем на 25 HU (по нашим данным, от 28 до 127 единиц).

Измерения проводились до получения морфологических данных. Аспирационная биопсия была выполнена у 21 пациента, режущая биопсия — у 17, операция — у 57 больных. Периферический рак и солитарные метастазы выявлены у 50 пациентов, туберкулемы — у 13, гамартумы — у 7, паразитарные и ретенционные кисты — у 10, ограниченный пневмосклероз — у 15 пациентов. Среди 40 пациентов 1-й группы злокачественные образования выявлены у 37 пациентов (рис.2) и доброкачественные — у 3. Во 2-й группе из 21 пациента 13 имели злокачественные образования и 8 доброкачественные образования. Все 34 пациента 3-й группы имели доброкачественные образования (рис.3). Расчет показателей диагностической ценности данного метода показывает, что положительный предсказывающий индекс (*positive predictive index* — PPI) для злокачественных образований составляет 0,83, а для доброкачественных — 0,75. Это дает нам право рекомендовать данную методику для отбора пациентов, нуждающихся и не нуждающихся в морфологической верификации имеющихся периферических образований легких.

Таким образом, повышение показателей плотности на 25 HU и более при биэнергетическом сканировании свидетельствует в пользу доброкачественного процесса легких, а отсутствие изменений показателей плотности — в пользу злокачественных новообразований. Узлы с изменением плотности в пределах 25 HU требуют морфологической верификации. Дифференциация доброкачественных и злокачественных новообразований легких на основе денситометрических данных возможна без сложного программного обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cann C.E., Gamsu G., Brinberg F.A. Quantification of calcium in solitary pulmonary nodules using single and dual-energy CT // *Radiology*.— 1982.— Vol.145.— P.493—496.
2. Vetter J.R., Perman W.H., Kalender W.A. et al. Evaluation of a prototype dual-energy computed tomographic apparatus II. Determination of vertebral bone mineral content // *Med.Phys.*— 1986.— Vol.13.— P.340—343.
3. Yudin A.L. A possible way to solve problems in CT densitometry // *Clin. Imag.*— 1995.— Vol.19.— P.197—200.
4. Zerhouni E.A., Boukadoum M., Siddiky M.A. A standard phantom for quantitative analysis of pulmonary nodules // *Radiology*.— 1983.— Vol.149.— P.767—773.

Поступила 30.07.99.