

А.В.Аверьянов, Г.Э.Поливанов

Роль компьютерной томографии в количественной оценке эмфиземы легких у больных ХОБЛ

ФГУ НИИ пульмонологии Росздрава, г. Москва

A.V.Averyanov, G.E.Polivanov

A role of computed tomography for quantified evaluation of lung emphysema in COPD patients

В последние годы проблема эмфиземы обсуждается преимущественно в рамках концепции хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ). Согласно трактовке *Global Initiative For Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD, 2003 г.)* эмфизема является неотъемлемой частью структурных изменений, наблюдающихся у больных ХОБЛ. Определение эмфиземы, которым пользуется большинство современных исследователей, относится к 1985 г., когда был опубликован доклад рабочей группы института "Сердце, Легкие, Кровь", где эмфизема характеризуется как "необратимое увеличение воздушного пространства дистальнее терминальных бронхиол, сопровождающееся деструкцией альвеолярных стенок, без сопутствующего фиброза".

Возможность диагностики формы, распределения и количественной оценки эмфиземы очень важна по нескольким причинам.

Во-первых, форма эмфиземы часто указывает на этиологический фактор, определяет прогноз и выбор способа лечения. Например, панацинарная эмфизема, как правило, развивается у больных с тяжелым дефицитом α_1 -антитрипсина (ААТ) и сопровождается выраженной дыхательной недостаточностью, центроацинарная — обычно связана с длительным курением, дистальная ацинарная и буллезная эмфиземы характеризуются высоким фактором риска пневмоторакса и показанием к хирургическому лечению. Во-вторых, важно разграничивать анатомическую (эмфизематозную) и динамическую гиперинфляцию как процессы с различным потенциальным ответом на консервативную терапию. В-третьих, оценка эмфиземы необходима для определения показаний, объема, выбора метода хирургического вмешательства. Наконец, объективная оценка эмфиземы нужна для контроля течения заболевания, эффективности оперативной редукции легочной ткани и заместительной терапии у больных с недостаточностью ААТ.

Традиционно для оценки эмфиземы легких используются функциональные и рентгенологические методы диагностики.

Наиболее распространенный в практике функциональный метод спирометрии не имеет серьезного

диагностического значения для изолированной оценки состояния респираторных бронхиол, которые преимущественно поражаются при эмфиземе [1]. Исследования аутопсийного материала [2] показали, что до $1/3$ легкого может быть разрушено эмфиземой, прежде чем проявляются признаки бронхиальной обструкции. Более чувствительными являются методы исследования диффузионной способности легких и определения легочных объемов, которые были взяты за основу для разработки функциональных критериев эмфиземы, предложенных Американским торакальным обществом. Ими стали снижение DLCO (менее 80 %_{долж.}) при одновременном повышении остаточного объема легких более 120 % и / или снижении FEV₁ менее 80 %_{долж.}.

Рентгенологическое исследование органов грудной клетки при диагностике эмфиземы выявляет две характерные группы признаков: увеличение объема легких (уплощение и низкое расположение купола диафрагмы, увеличение ретростернального пространства, "сужение" сердечной тени) и признаки легочной деструкции (обеднение сосудистого рисунка, буллы). При наличии обеих групп признаков чувствительность рентгенографии возрастает до 80 %, но вероятность постановки диагноза зависит от тяжести болезни. Увеличение объема и повышение воздушности легких являются важными рентгенологическими критериями в постановке диагноза эмфиземы, но не всегда наблюдаются на ранних стадиях болезни или, наоборот, присутствуют у пациентов с динамической гиперинфляцией без эмфиземы (например, при обострении бронхиальной астмы (БА), бронхиолитах).

В отличие от рентгенографии рентгеновская компьютерная томография (РКТ) позволяет обнаружить эмфизему уже на первых этапах заболевания, четко выявляя локализацию, размеры и распространенность эмфизематозных зон (даже при стандартном исследовании на высоте вдоха).

Компьютерная томография (КТ), особенно с высоким разрешением (КТВР), обладает гораздо более высокой чувствительностью в диагностике эмфиземы, превышающей 90 %, вне зависимости от степени выраженности эмфизематозных процессов.

КТ — метод имидж-диагностики, представляющий собой получение поперечных анатомических изображений (срезов), на которых значение каждого наименьшего элемента изображения (пиксела) соответствует уровню поглощения рентгеновского излучения определенным объемом ткани [3]. Различные ткани, в зависимости от плотности, по-разному поглощают излучение, поэтому в настоящее время для каждой ткани и органа установлен физиологический коэффициент абсорбции (КА) по шкале Хаунсфилда (НУ). Согласно этой шкале КА воды принят за 0 НУ; костей, обладающих наибольшей плотностью, — за +1000 НУ; воздуха, имеющего наименьшую плотность, — за -1 000 НУ. Ослабленное рентгеновское излучение каждого среза регистрируется компьютером, суммируется и представляется в виде изображения исследуемой тканевой структуры. Огромное количество пикселей, формирующих картинку, и их цифровая обработка обеспечивают высокую чувствительность метода РКТ.

Для того чтобы объективно количественно оценить эмфизему легких, выделяется несколько порогов поглощения рентгеновского излучения легочной тканью. По данным *L.J.Rosenblum et al.* [4], КА нормального легкого колеблется от -500 до -900 НУ при средней плотности около -740 НУ. Плотность нижележащих отделов легких в силу гравитационного фактора несколько выше по сравнению с вышележащими участками. По мнению *H.Bergstermann* и *K.W.Westerburg* [4], плотность легочной ткани (ПЛТ) ниже -850 НУ является достоверным признаком эмфиземы. В более поздних исследованиях *N.L.Muller et al.* [5] пороговыми значениями для эмфиземы предложили считать величину КА < -910 НУ как наиболее соответствующую морфологическим изменениям. *P.A.Gevenois et al.* [6], сравнивая коэффициенты поглощения легочной ткани при КТВР с последующей морфометрией резецированных участков легкого, установили, что совпадение данных по оценке эмфиземы разными методами наблюдалось на уровне плотности -950 НУ. Пороги менее -950 НУ недооценивали эмфизему, а пороги более -950 НУ давали в некоторых случаях ложно положительные результаты. Тем не менее для практических целей и международных исследований обычно используется более высокий порог ПЛТ, ограничивающий эмфизему от нормальной легочной ткани -910 НУ.

Для повышения точности количественной оценки эмфиземы легких методом РКТ многие производители компьютерных томографов разработали программные продукты по автоматическому или полуавтоматическому анализу ПЛТ (денситометрии). Преимуществом программ денситометрии является исключение субъективного компонента, зависящего от квалификации, опыта исследователя, качества изображения и т. д. Объективная оценка эмфиземы позволяет сопоставлять результаты, полученные в разных лечебных учреждениях как в процессе дина-



Рис. 1. Автоматическая трассировка легочной ткани

мического наблюдения, так и при проведении научных исследований.

Количественная оценка эмфиземы легких автоматизированными (программными) методами основана на математических (метрических) подходах, которые особенно важны для анализа неоднородности пространственного распределения величин ослабления рентгеновского излучения, моделирования изображений и графиков, суммарного цифрового выражения полученных данных.

В норме у здоровых людей встречаются участки легочной ткани, обладающие пониженной плотностью. С возрастом их количество увеличивается. У лиц старше 50 лет допускается 26,8 % объема легких с коэффициентом поглощения ниже -910 НУ.

Интересные данные по субъективной диагностике эмфиземы клиницистами по компьютерным томограммам продемонстрировали *A.A.Bankier et al.* [7]. Визуальную оценку эмфиземы сравнивали с макроскопической морфометрией и объективной количественной оценкой при помощи программы денситометрии. Оказалось, что все врачи, вне зависимости от опыта, систематически переоценивали эмфизему. Нечто подобное наблюдается и в отечественной практике. Фактически диагноз "эмфизема" стал терминологическим клише врачей-рентгенологов отно-

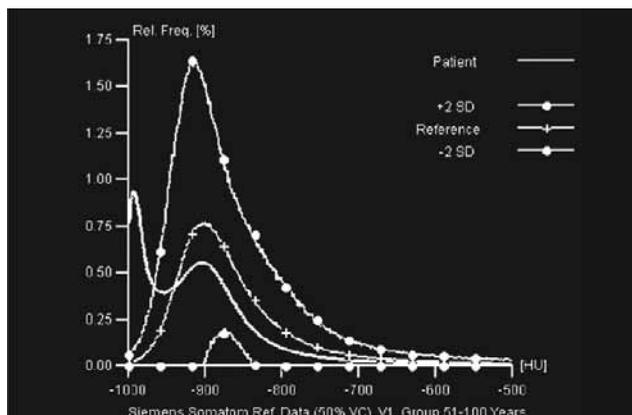


Рис. 2. Графическое распределение плотностей легких

Таблица 1
Функциональные параметры больных ХОБЛ (%_{долж.})

Возраст	FEV ₁	FEV ₁ / FVC	RV	IC	TLCO SB	TLCO VA
61,3 ± 9,6	48,3 ± 23,9	45,3 ± 13	205,1 ± 52,4	80,7 ± 20,4	57,7 ± 21	60,4 ± 19,9
43–77	18–106	20–69	110–342	49–125	21–97	22–87

сительно пациентов старшей возрастной группы и курильщиков.

В клинике НИИ пульмонологии Росздрава используется программа измерения плотности легочной ткани *Pulmo CT (Siemens®)*. Перед количественной оценкой эмфиземы проводится КТВР традиционным методом: сканирование выполняется двухмиллиметровыми срезами с шагом в 10 мм в краниокаудальном направлении на вдохе без применения контрастирования. В начале работы программа автоматически выделяет контур легочной ткани на полученных срезах, вычлняя элементы грудной стенки и средостения (рис. 1). Далее исследователь самостоятельно обводит и исключает из подсчета элементы легких, влияющие на показатели плотности, — срезы крупных бронхов, бронхоэктазы, участки фиброза и другие на каждом срезе от верхушек до оснований обоих легких. Необходимость ручного вычленения определяет полуавтоматический характер программы. Затем по установленным порогам КА программа количественно оценивает изменения легочной ткани, определяет среднюю ПЛТ, стандартное отклонение, площадь, объем и высоту легких. Результаты представляются в форме таблиц и гистограмм (рис. 2). Кроме того, программа предусматривает возможность цветного изображения томогра-

фических срезов в зависимости от ПЛТ. Цветовой спектр совпадает с радужным, где синий цвет соответствует участкам наибольшей плотности, а красный — минимальной плотности (рис. 3).

Наш опыт количественной оценки эмфиземы у больных ХОБЛ с использованием денситометрической программы позволил взглянуть на данную категорию пациентов с нетрадиционных позиций. Анализируя выраженность структурных изменений у больных ($n = 28$) на 1-4-й стадиях заболевания (табл. 1), мы обнаружили, что средняя ПЛТ у таких пациентов составила $-873 \pm 25,3$ НУ, а количественный индекс эмфиземы (КИЭ; процент эмфизематозной ткани с поглощением ниже -910 НУ) — $44,2 \pm 15,5$ %. В контрольной группе некурящих ($n = 7$) аналогичный показатель был достоверно выше ПЛТ = $-842 \pm 25,7$ НУ, КИЭ = $11,1 \pm 4,9$ % (табл. 2). Такие данные соответствуют результатам большинства международных исследований. Однако при индивидуальном анализе у 3 пациентов ПЛТ и КИЭ не выходили за пределы допустимых границ. При этом во всех случаях наблюдались очевидные признаки гиперинфляции (RV от 151 до 201 %). В то же время у 2 больных с гигантскими буллами и КИЭ 37–49 % показатели FEV₁ соответствовали 1-й стадии заболевания (> 80 %_{долж.}).

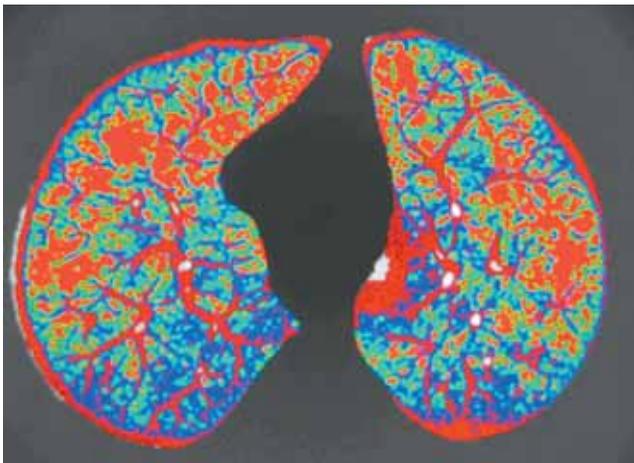


Рис. 3. Распределение ПЛТ на томографическом срезе

Таблица 2
Результаты количественной оценки эмфиземы у больных ХОБЛ

	ПЛТ (НУ)	КИЭ (%)
Больные ХОБЛ ($n = 28$)	$-873 \pm 25,3$	$44,2 \pm 15,5$
Контроль ($n = 7$)	$-842 \pm 25,7$	$11,1 \pm 4,9$
	$P < 0,05$	$P < 0,0001$

Клинические примеры

Больной М. 57 лет (индекс курящего человека 45 пачко-лет).

Жалобы на одышку при физической нагрузке (подъем по лестнице выше 2-го этажа), продуктивный кашель в утренние часы. При функциональном исследовании легких — минимальные обструктивные нарушения, соответствующие 1-й стадии ХОБЛ (табл. 3). КТ показала двусторонние буллезные изменения наряду

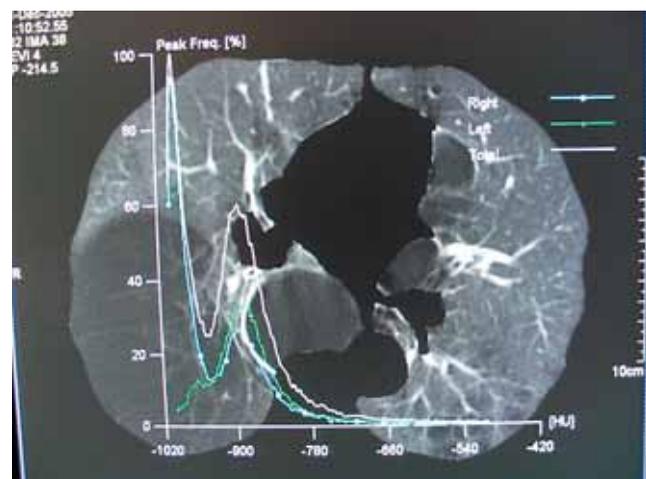


Рис. 4. Компьютерная томограмма больного М.

Таблица 3

Функциональные и рентгенологические характеристики больного М.

FEV ₁	FEV ₁ / FVC	RV	IC	TLCO VA	ПЛТ	КИЭ
85,9 %	68,96 %	163,5 %	92 %	84 %	-879 HU	49,4 %

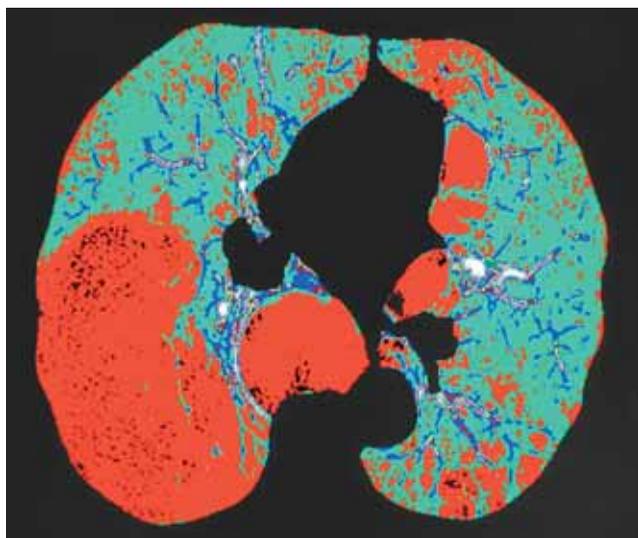


Рис. 5. Распределение ПЛТ больного М. на томографическом срезе

с диффузной центриацинарной эмфиземой (рис. 4). Денситометрия легочной ткани выявила, что эмфизема составляет до 50 % от общего объема легких (табл. 3, рис. 5).

Больной П., 55 лет (индекс курящего человека 50 пачко-лет).

Жалобы на одышку при минимальной физической нагрузке, кашель с умеренным количеством слизисто-гноной мокроты (до 50 мл / сут.). При бодиплетизмографии — значительные obstructивные нарушения, признаки выраженной гиперинфляции. Однако при КТ и количественной оценке ПЛТ эмфизематозных изменений выявить не удалось (табл. 4, рис. 6, 7).

Таким образом, применение КТВР и программы денситометрии легочной ткани даже на небольшой группе больных показало значительную структурную разнородность среди пациентов ХОБЛ на разных стадиях болезни. Весьма существенно, что данная методология помогает выделить группу больных ХОБЛ с динамической гиперинфляцией, как известно, имеющей определяющее значение в развитии дыхательной недостаточности. Кроме того, гиперинфляция без эмфиземы — процесс потенциально обратимый, и, вероятно, именно от таких больных следует ждать наилучшего ответа на терапию бронхолитиками.

Полученные результаты противоречат традиционному взгляду на ХОБЛ как заболевание, при котором одновременно происходят процессы воспаления бронхиального дерева и деструкции легочной паренхимы. Дальнейшие исследования, возможно, приведут к вычленению из ХОБЛ как единой болез-

ни разных нозологических форм или более точно определяют место так называемых фенотипов ХОБЛ с дифференцированным подходом к их ведению. Однако уже сейчас представляется очевидным, что РКТ у больных ХОБЛ должна превратиться из экзотического в традиционный метод диагностики.

Литература

1. Gurney J.W. Pathophysiology of obstructive airways disease. Radiol. Clin. N. A. 1998; 36: 15–27.
2. Uppaluri R., Mitsa T., Sonka M. et al. Quantification of pulmonary emphysema from lung computed tomography images. Am. J. Respir. Crit. Care Med. 1997; 156: 248–254.



Рис. 6. Компьютерная томограмма больного П.

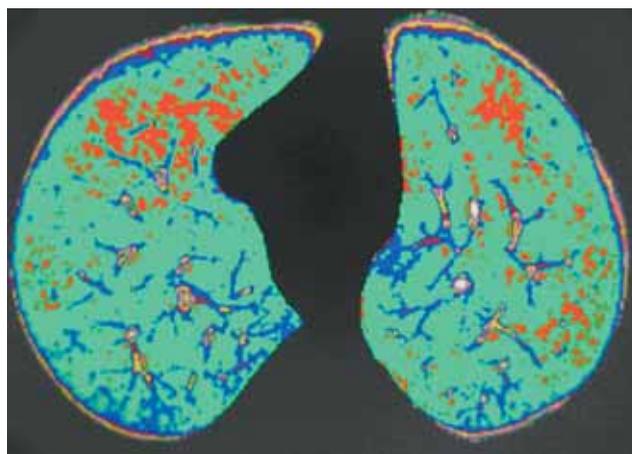


Рис. 7. Распределение плотности легких на томографическом срезе больного П.

Таблица 4

Функциональные и рентгенологические характеристики больного П.

FEV ₁	FEV ₁ / FVC	RV	IC	TLCO VA	ПЛТ	КИЭ
31,2 %	47,8 %	201,3 %	70,8 %	74 %	-796 HU	8,2 %

3. *Тюрин И.Е.* Компьютерная томография органов грудной полости. СПб.: ЭЛБИ; 2003. 347–349.
4. *Власов П.В.* Лучевая диагностика заболеваний органов грудной полости. М.: Издат. дом "Видар-М"; 2006. 65–77.
5. *Muller N.L., Stapels C.A., Miller R.R., Abboud R.J.* "Density Mask": an objective method to quantitate emphysema using computed tomography. *Chest* 1988; 94: 782–787.
6. *Gevenois P.A., Zanen J., de Maertelaer V. et al.* Macroscopic assessment of pulmonary emphysema by image analysis. *J. Clin. Pathol.* 1995; 48: 318–322.
7. *Bankier A.A., de Maertelaer V., Keyzer C., Gevenois P.A.* CT of pulmonary emphysema: subjective assessment and objective quantification by densitometry and macroscopic morphometry. *Radiology* 1999; 211: 851–858.
8. *Sanders C., Nath P.H., Bailey W.C.* Detection of emphysema with computed tomography: correlation with pulmonary function tests and chest radiography. *Invest. Radiol.* 1988; 23: 262–266.
9. *Юдин А.Л., Абович Ю.А.* Мед. Визуализ. 2001; 2: 30–33.
10. *Hoffman E.A., McLennan G.* Assessment of the pulmonary structure-function relationship and clinical outcomes measures. *Acad. Radiol.* 1997; 4: 758–776.

Поступила 07.07.06

© Аверьянов А.В., Поливанов Г.Э., 2006

УДК 616.24-003.4-06:[616.24-007.63-073.756.8]