

Опыт применения ингаляционной статодинамической бронхосцинтиграфии при заболеваниях легких

☞ А.А. Карабиненко¹, Г.И. Сторожаков¹, Д.Б. Утешев²,
В.И. Светлаков¹, С.С. Еремина¹, А.О. Касимов³

¹ Кафедра госпитальной терапии № 2 Лечебного факультета
Российского государственного медицинского университета им. Н.И. Пирогова

² Кафедра госпитальной терапии Московского факультета
Российского государственного медицинского университета им. Н.И. Пирогова

³ Городская клиническая больница № 12 г. Москвы

Работа посвящена диагностике нарушений функции бронхов при различных заболеваниях легких с использованием разработанного авторами метода ингаляционной статодинамической бронхосцинтиграфии. Метод представляет собой инновационный подход к оценке мукоцилиарной и воздухопроводящей функции бронхов при патологических процессах в трахеобронхиальном дереве. Динамика выведения из бронхов ингалируемого изотопа ^{99m}Tc визуально подтверждает особенности бронхокинетики в норме и при различных типах нарушения двигательной и мукоцилиарной функции бронхов. Это имеет практическое значение для выбора тактики лечения при заболеваниях легких и для оценки распределения ингалируемых лекарственных веществ при проведении фармакодинамических исследований.

Ключевые слова: ингаляционная статодинамическая бронхосцинтиграфия, заболевания легких, бронхокинетика.

При патологии органов дыхания часто наблюдаются нарушения прохождения воздушного потока по трахее и бронхам, что сопровождается симптомами **бронхиальной обструкции** (БО) — сужения просвета бронхов и/или **трахеобронхиальной дискинезии** (ТБД) — нарушения транспорта слизи из трахеи и бронхов. БО и ТБД являются различными клинико-функциональными состояниями: бронхообструктивный синдром обусловлен сужением просвета бронхов вследствие спазма, гипертрофии гладких мышц или отека слизистой оболочки, а ТБД связана с нарушением мукоцилиарной и эвакуаторной функции, что проявляется застоем бронхиальной слизи в просвете трахеи и бронхов (рис. 1).

Для выявления БО используют неинвазивные спирометрические методы исследования. Выявление дискинезии бронхов и нарушений **мукоцилиарного клиренса** (МЦК) осуществляется более сложными методами: рентгенологическими, эндоскопическими, лабораторными и радиоизотопными. Данные методы позволяют изучать морфофункциональные характеристики патологического процесса, характер и стадию воспаления, а также оценивать МЦК при хронических обструктивных заболеваниях легких, однако при этом недостаточно учитывается состояние двигательной функции бронхов (бронхокинез). Для оценки перфузии в легких используется метод перфузионной изотопной сцинтиграфии легких, но он лишь косвенно может

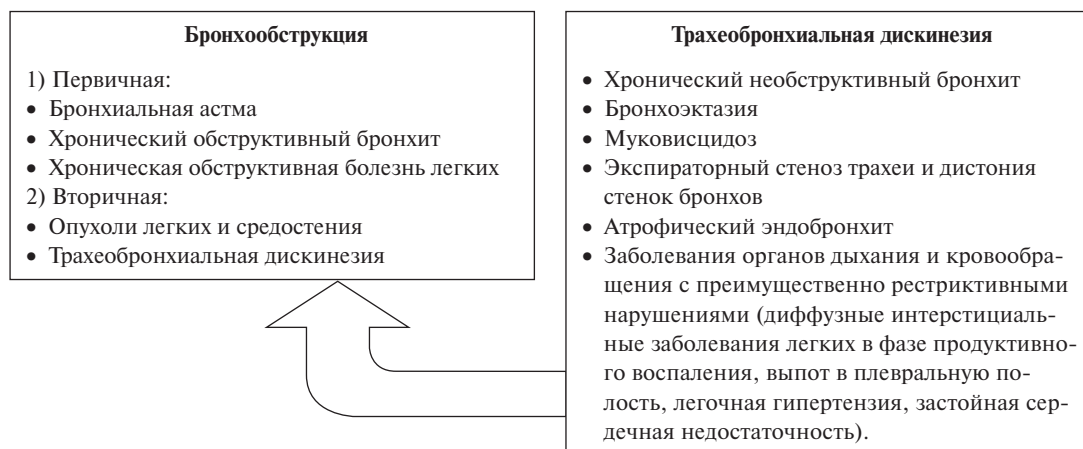


Рис. 1. Варианты нарушения бронхокинетической функции.

свидетельствовать о нарушении вентиляционной функции легких, связанной с патологией бронхокинетики, и не отражает состояние МЦК.

Начиная с 1986 г. в нашей стране и за рубежом применяется метод ингаляционной доставки **радиофармпрепаратов (РФП)** в бронхи. В качестве РФП используется макроагрегат изотопа технеция ^{99m}Tc , связанного с альбумином. Риск бронхоспазма в ответ на ингаляционное введение альбумина, большой размер частиц аэрозоля и высокая стоимость макроагрегата РФП с альбумином послужили стимулом к тому, что в 2003 г. нами был разработан модифицированный способ **ингаляционной статодинамической бронхосцинтиграфии (БСГ)** с изотопом ^{99m}Tc без носителя (альбумина).

Исследование накопления РФП в легких и динамики его выведения осуществлялось с помощью радиодиагностической системы MB9100_9191/A (Венгрия), включающей γ -камеру и персональный компьютер с программным обеспечением "Голд Рада+ 3.0" (Россия). Ингаляцию РФП производили с помощью небулайзера Pari LC (Pari, Германия) в течение 10 мин при скорости воздушного потока 10 л/мин. Для защиты от γ -излучения выдох пациента осуществлял-

ся в специальную вентиляционную камеру. Активность ^{99m}Tc -пертехнетата составляла 300 мБк, что эквивалентно дозе облучения 0,1 мЗв. Исследование проводили в помещении радиоизотопной лаборатории, оснащенном кондиционером, при температуре $21 \pm 1^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 55–65%. Активность γ -излучения после ингаляции РФП регистрировалась на протяжении 30 мин в режиме 1 кадр в 2 мин. Ингаляционная БСГ включала в себя определение накопления РФП в легочной ткани (**статическая БСГ**) и исследование клиренса РФП (**динамическая БСГ**).

При **статической БСГ** оценивалось накопление РФП в различных отделах легких, что позволяло визуализировать отделы со сниженной вентиляционной способностью. Объем ингалируемого РФП и площадь его распределения в легких принимали за 100%. Незначительная часть РФП при ингаляции задерживается в ротовой полости, заглатывается со слюной и определяется в виде метки свечения в желудке. Суммарное распределение РФП у здоровых лиц составило в правом легком $52,7 \pm 3,1\%$, в левом — $47,3 \pm 2,3\%$. Через 30 мин после ингаляции большая часть РФП (80–90%) в составе бронхиального секрета выводится из трахеобронхиального дерева в желудочно-ки-

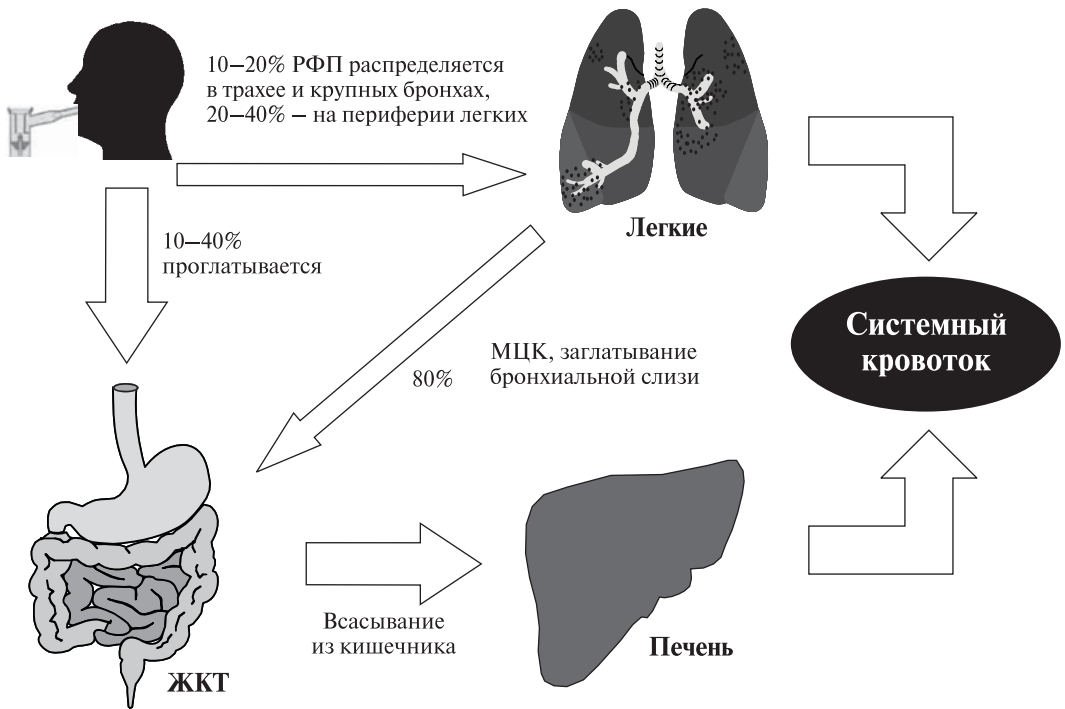


Рис. 2. Распределение ингалируемого РФП в организме. ЖКТ — желудочно-кишечный тракт.

шечный тракт, а около 10–20% всасывается в системный легочный кровоток (рис. 2). Период полувыведения РФП составил у лиц без патологии органов дыхания для правого легкого — $20,6 \pm 4,2$ мин, для левого легкого — $28,3 \pm 3,8$ мин, что соответствует анатомическим особенностям бронхиального дерева.

Методом ингаляционной статодинамической бронхосцинтиграфии **обследовано 327 пациентов** (208 мужчин и 119 женщин в возрасте от 17 до 88 лет), находившихся в стационаре с различными заболеваниями легких (табл. 1).

Всем пациентам были выполнено стандартное клиническое обследование, в том

Таблица 1. Распределение больных по нозологиям

Нозологии	Число пациентов	%
Бронхиальная астма, среднетяжелое персистирующее течение, фаза стихающего обострения	43	13,1
Хронический обструктивный бронхит, обострение	57	17,4
Хроническая обструктивная болезнь легких II–III стадии, среднетяжелое обострение	53	16,2
Хронический необструктивный бронхит, обострение	59	18,0
Бронхоэктатическая болезнь, обострение	31	9,5
Рак легкого III–IV стадии	45	13,8
Внебольничная пневмония, неосложненное среднетяжелое течение	32	9,8
Диффузная интерстициальная пневмония	7	2,1

числе рентгенография грудной клетки, спирография и фибробронхоскопия (ФБС). В качестве контроля было обследовано 15 пациентов в возрасте от 21 до 67 лет, находившихся на стационарном лечении по поводу внелегочных заболеваний, которым ФБС была показана в рамках дифференциальной диагностики. По данным спирографии в контрольной группе не было отмечено нарушений функции внешнего дыхания, а при ФБС не обнаружено нарушений бронхокинетики (рис. 3*).

Распределение РФП по объемно-количественным характеристикам в сегментах и долях легких соответствовало имеющейся патологии. Для **хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ)** и обострения хронического обструктивного бронхита были характерны нарушения бронхокинетики по смешанному типу: замедление выведения РФП из трахеобронхиального дерева, уплощение кривой выведения РФП и снижение концентрации ^{99m}Tc во внутрилегочном респираторном объеме (рис. 4).

У больных **бронхиальной астмой** в фазе обострения и при гиперреактивности бронхов наблюдалось преимущественно нарушение бронхокинетики по гиперкинетическому типу — выраженное снижение объемного наполнения внутрилегочного респираторного пространства ингалируемым РФП и появление крупных амплитудных деформаций на кривой выведения (рис. 5). Это, вероятно, соответствовало наличию воздушных ловушек и гиперинфляции при бронхоспазме.

Для заболеваний с **рестриктивными нарушениями** вентиляционной функции (бронхоэктатическая болезнь, диффузная интерстициальная пневмония, посттуберкулезный пневмофиброз и др.) характерны изменения бронхокинетики по гипокинетическому типу, что выражается резкими нарушениями регионарной вентиляции и

почти полным отсутствием накопления ингалируемого изотопа ^{99m}Tc , а также резким уплощением кривой выведения РФП. Примером могут служить данные БСГ пациента с тяжелой ХОБЛ и врожденной буллезной эмфиземой легких, с неоднократными эпизодами спонтанного пневмоторакса слева (рис. 6). Больному было проведено хирургическое лечение пневмоторакса, в результате чего имелись рентгенологические признаки расправления коллабированного легкого. Однако при проведении ингаляционной БСГ отмечалось почти полное отсутствие накопления РФП в бронхах левого легкого вследствие их гипокинеза (накопление РФП в правом легком — 93,1%, в левом — 6,9%). На динамической бронхосцинтиграмме выведения РФП из бронхов левого легкого не наблюдалось (резко уплощенная линия “b”). Выведение РФП из бронхов правого легкого было удовлетворительным, период полувыведения составил 22 мин.

Проведение ФБС и сопоставление ее с результатами ингаляционной статодинамической БСГ позволяет визуально оценить выраженность воспалительного процесса в слизистой оболочке бронхов, определить скоростные параметры МЦК и выявить трахеобронхиальную дискинезию. В зависимости от состояния слизистой оболочки бронхиального дерева можно выделить три основные стадии эндобронхита, имеющие характерные клинические признаки — например, развитие БО (табл. 2).

Метод ингаляционной БСГ мы также применяли в клинических исследованиях, в которых изучался терапевтический эффект ингалируемых через небулайзер препаратов для лечения бронхиальной астмы и ХОБЛ.

Таким образом, ингаляционная бронхосцинтиграфия позволяет выявлять нарушения бронхиальной проходимости (по данным статического исследования), а также кинетики — по форме кривой и времени выведения РФП из бронхиального

* Рисунки 3–6 см. на цветной вклейке на с. 70–71.

Таблица 2. Соответствие стадии эндобронхита (по данным ФБС) типам бронхокинетики

Стадии	Эндоскопическая характеристика	Соответствующий тип бронхокинетики
1-я стадия	Катаральный эндобронхит 1-й степени воспаления, умеренно выраженный. Наличие бронхообструктивного синдрома.	Гиперкинетический
2-я стадия	Катарально-десквамативный эндобронхит 2-й степени воспаления. Возможно формирование склеротической обструкции бронхов и вторичных бронхоэктазов на уровне мелких и средних бронхов.	Смешанный
3-я стадия	Атрофический эндобронхит 3-й степени воспаления. Бронхи акинетичны с явлениями застоя секрета. Формирование экспираторного стеноза трахеи и бронхов.	Гипокинетический

дерева при динамическом исследовании. Метод ингаляционной статодинамической БСГ позволяет:

- неинвазивно определять состояние бронхокинетической функции и тип ее нарушения при заболеваниях легких;
- оценивать эффективность ингаляционных препаратов, воздействующих на тонус гладкой мускулатуры бронхов;
- визуально определять локальные нарушения бронхиальной проходимости при наличии воздушных ловушек и обтурации бронхов;
- по динамическим характеристикам определять скорость всасывания и выведения РФП, что косвенно отражает мукоцилиарную функцию бронхов.

Литература

Герасин В.А., Кокосов А.Н., Кобылянский В.И. Оценка мукоцилиарного клиренса радиоаэрозольным методом при хронических заболеваниях легких // Тер. архив. 1989. Т. 61. № 3. С. 62–65.

Kosuda S., Kubo A., Sanmiya T. et al. Assessment of mucociliary clearance in patients with tracheo-bronchoplasty using radioaerosol // J. Nucl. Med. 1986. V. 27. № 9. P. 1397–1402.

Ingels K., Van Hoorn V., Obrie E., Osmanagaoglu K. A modified technetium-99m isotope test to measure nasal mucociliary transport: comparison with the saccharine-dye test // Eur. Arch. Otorhinolaryngol. 1995. V. 252. № 6. P. 340–343.

Патент RU № 2208389 от 17.02.2003 / Карабиненко А.А., Утешев Д.Б., Касимов А.О., Сапронова Н.А., Филатова Е.Н., Сторожаков Г.И. 2003. № 20. С. 9.

Карабиненко А.А., Утешев Д.Б., Еремина С.С. и др. Методы диагностики и лечения нарушений бронхокинетики / Под ред. Г.И. Сторожакова. М.: Изд. ГОУ ВУНМЦ, 2001. 20 с.

Утешев Д.Б., Карабиненко А.А., Светлаков В.И., Соколов А.С. Эффективность сальгима при стационарном лечении бронхиальной астмы // Пульмонология. 2002. № 3. С. 92–95.

Светлаков В.И., Карабиненко А.А., Широкова Н.М. и др. Бенакорт – первый отечественный ингаляционный глюкокортикостероид для ингаляций через небулайзер // Пульмонология. 2005. № 2. С. 113–118.

The Experience of Application of Statodynamic Bronchosintigraphy in Pulmonary Diseases

A.A. Karabinenko, G.I. Storozhakov, D.B. Uteshev, V.I. Svetlakov, S.S. Eremina, and A.O. Kasimov

The work is dedicated to the diagnostics of bronchial dysfunction in different diseases of the lung with the devised by authors method of inhalational statodynamic bronchosintigraphy. This method is innovative approach to the investigation of mucociliar and airconductual bronchial function in pathological processes in tracheal- and bronchial tree. Dynamics of elimination out of bronchial tree the inhaled isotope 99mTc can show the peculiarities of normal bronchokinetics and in different types of bronchial dysfunctions. This is of practical significance when we have to make a choice of treatment in pulmonary diseases and for evaluation of distribution drugs during the pharmacodynamic studies.

Key words: inhalational statodynamic bronchosintigraphy, pulmonary diseases, bronchokinetics

**Цветные рисунки к статье А.Д. Карабиненко и соавт.
“Опыт применения ингаляционной статодинамической бронхосцинтиграфии
при заболеваниях легких”**

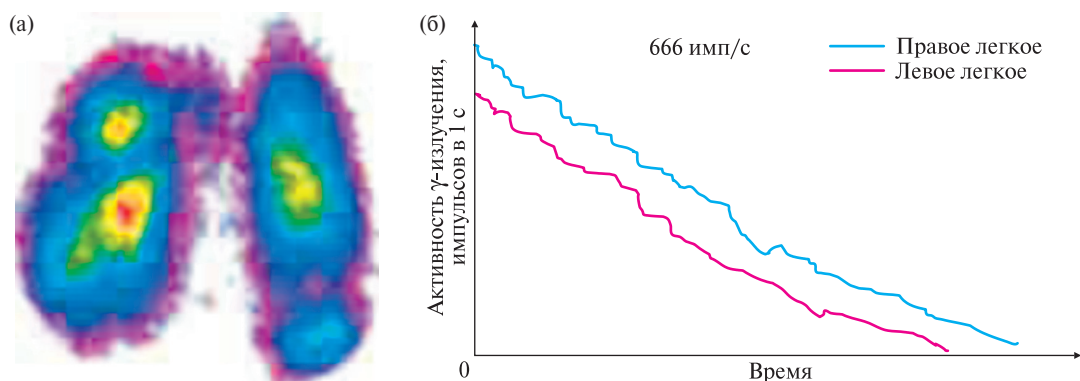


Рис. 3. Сканограмма легких в передней позиции (а) и кривая выведения РФП из трахеобронхиального дерева (б) в норме (статический и динамический режимы).

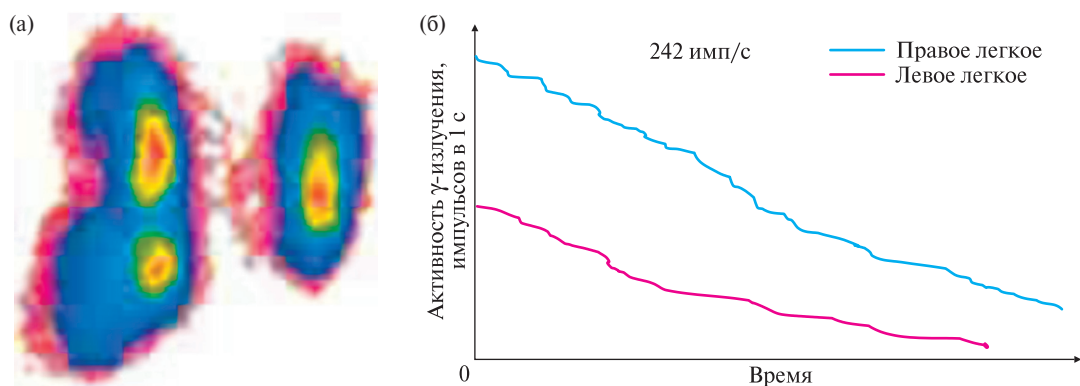


Рис. 4. Сканограмма легких (а) и кривые выведения РФП (б) у пациента 70 лет. Дефект заполнения трахеобронхиального дерева в нижней доле слева и замедление выведения РФП на фоне ХОБЛ с фиброзом и вторичными бронхоэктазами. Нарушение бронхокинетики по смешанному типу.

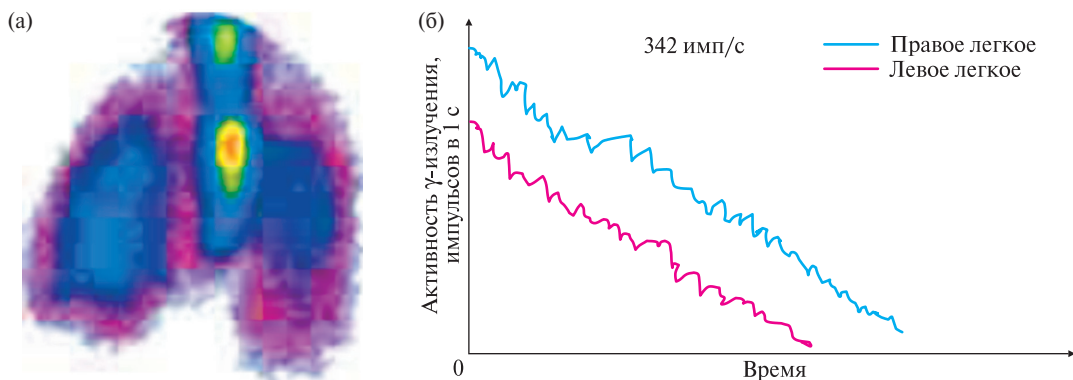


Рис. 5. Сканограмма легких (а) и кривые выведения РФП (б) у больной с обострением бронхиальной астмы. Нарушение бронхокинетики по гиперкинетическому типу.

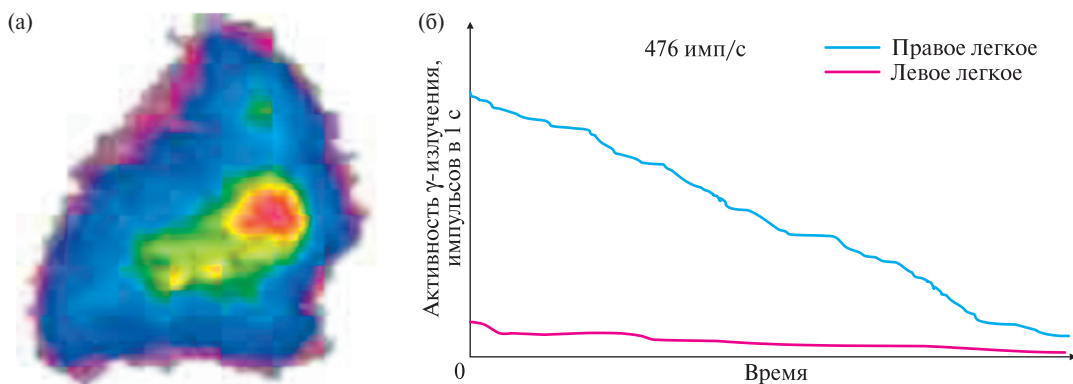


Рис. 6. Сканограмма правого легкого (а) и кривые выведения РФП (б) у пациента с тяжелой ХОБЛ и врожденной буллезной эмфиземой легких, с неоднократными эпизодами спонтанного пневмоторакса слева.