

Рентгенофункциональная характеристика мукоцилиарного клиренса в дыхательных путях

А.А.Криштафович¹, Б.М.Ариэль^{1,2}

1 – ФГБУ "Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии" Минздрава России: 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., 2–4;
2 – Санкт-Петербургское ГБУЗ "Городское патологоанатомическое бюро": 194354, Санкт-Петербург, Учебный пер., 5

Резюме

При изучении функциональной активности слизистой оболочки дыхательных путей напылением микрочастиц тантала у больных ($n = 65$) контрольной группы ($n = 26$) выявлены ограниченные поражения легких и неизменная слизистая оболочка дыхательных путей, а у пациентов основной группы ($n = 39$) – распространенные процессы при туберкулезе, хронической обструктивной болезни легких и раке легкого (РЛ). Отмечено, что в контрольной группе для полного очищения слизистой оболочки гортани и глотки требуется 15–20 мин, трахеи – 45–60 мин, бронхов разного калибра – от 1–3 до 20–24 ч. Выявлено, что у пациентов основной группы клиренс частиц в бронхах был снижен. Установлены 3 степени его нарушения: умеренное (при острой воспалительной патологии, такой как инфильтративный туберкулез, пневмония, бронхит и т. п.); значительное (при хронической патологии бронхов и легких – фиброзно-кавернозном туберкулезе, хроническом бронхите, бронхоэктазах) и резко выраженное (при РЛ). При этих нарушениях полное очищение слизистой оболочки происходит через 24–48, 48–72 и ≥ 72 ч соответственно.

Ключевые слова: трахея и бронхи, мукоцилиарный клиренс, напыление танталом, зоны риска, рентгенологическая модель.

DOI: 10.18093/0869-0189-2015-25-2-199-204

Radiological and functional characteristics of mucociliary clearance of the airway

A.A.Krishtafovich¹, B.M.Ariel^{1,2}

1 – Federal Institution "Saint-Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology", Healthcare Ministry of Russia: 2–4, Ligovskiy pr., Saint-Petersburg, 191036, Russia;

2 – Saint-Petersburg City Bureau of Pathology: 5, Uchebnyy per., Saint-Petersburg, 194354, Russia

Summary

The aim of this study was to develop a radiological model for visual assessment of morphology and function of the ciliated epithelium of the upper and lower airways and mucociliary clearance at whole in healthy and in patients with pulmonary tuberculosis, COPD and lung carcinoma. *Methods.* We examined 65 patients aged 23 to 58 years, of them 26 patients with limited lung lesions and normal airway mucosa as controls and 39 patients with extended lung lesions due to tuberculosis, chronic obstructive pulmonary disease or lung carcinoma as the study group. The airway mucosa functional properties were investigated using spray coating of tantalum microparticles. *Results.* In the control group, the time of complete clearance was 15 to 20 min for larynx and pharynx, 45 to 60 min for trachea and 1–3 to 20–24 h for different bronchi. Bronchial clearance of the particle was decreased in the study group. The airway clearance disorders were considered as moderate (in patients with acute inflammation such as tuberculous, non-specific pneumonia, acute bronchitis, etc.), severe (in patients with chronic bronchial and pulmonary disease such as cavitary fibrocavous tuberculosis, chronic bronchitis, bronchiectasis) and very severe (in patients with lung carcinoma). The clearance time in these disorders was 24 to 48 h, 48 to 72 h and ≥ 72 h, respectively. *Conclusion.* Normally, the airway clearance rate is 60–65 times lower in small airways than in the upper airways (pharynx and larynx). Clearance local disorders caused by tobacco smoking, pollutants, etc., greatly decrease bronchial mucus transport and prolong the complete airway clearance time that could provide occurrence and progression of inflammatory and neoplastic pulmonary diseases.

Key words: trachea, bronchi, mucociliary clearance, spray coating of tantalum microparticles, risk zones, radiological model.

На фоне неуклонного роста числа воспалительных и опухолевых заболеваний легких и поздней их диагностики возникает необходимость более углубленного изучения морфофункциональных нарушений реснитчатого аппарата слизистой оболочки и мукоцилиарного клиренса (МК) в дыхательных путях (ДП). В литературе этот вопрос освещен недостаточно [1, 2], т. к. при помощи эндоскопических методов исследования при кратковременном осмотре *in vivo* невозможно изучить функциональную активность слизистой оболочки в динамике с помощью различных маркеров. Для этого применяются радиоизотопный [3], сахаринный [4], гемоглобиновый [5] и т. п. методы. Наиболее информативен радиоизотопный метод, дающий количественную оценку тотального клиренса частиц и позволяющий установить опреде-

ленную закономерность в скорости транспорта частиц от мелких бронхов до голосовых связок. Показано, что при неизменной слизистой оболочке эта скорость, подобно снежной лавине, возрастает в 20–25 раз, причем время полного очищения слизистой оболочки колеблется в пределах 20–24 ч.

Можно предположить, что морфофункциональное состояние реснитчатого аппарата слизистой оболочки и МК в норме и патологии характеризуется не только количественными показателями, но и его качественными особенностями, которые в настоящее время невозможно выявить при помощи традиционных эндоскопических методов с использованием известных маркеров. Для более полной, исчерпывающей характеристики МК принимаются во внимание структурные особенности слизистой

оболочки крупных бронхов. Установлено, что в последних имеются зоны риска, которые формируются в результате повреждения эпителия при длительном воздействии на слизистую оболочку частиц поллютантов, табачного дыма и других факторов, что оказывает отрицательное влияние на непрерывность транспорта содержимого ДП в краниальном направлении, тем самым создавая условия для развития воспалительных и опухолевых заболеваний. В зонах риска чаще встречаются расширенные выводные протоки, открытые кисты экзокринных желез и рубцовые изменения после заживления бронходулярных свищей [6]. Не исключено, что именно здесь сосредоточена та микробиота, которая может запускать аутоинфекцию, приобретающую фульминантное течение в определенных условиях, например, при тяжелой ожоговой травме ДП [7].

Согласно исследованиям [8, 9], слизистая оболочка ДП представляет собой информационное поле *sui generis*, что и явилось предпосылкой для проведения данной работы. Согласно исследованиям, напыление микрочастиц тантала дает возможность получения при проведении бронхографии отчетливого отображения отдельных деталей рельефа слизистой оболочки, таких как межскладочные промежутки, неровности, рубцовые изменения, выводные протоки экзокринных желез, их кисты и т. п. [9]. Сделано предположение, что напыление микрочастиц тантала на слизистую оболочку и прослеживание их транспорта в динамике дает возможность получить при проведении ларинго- и бронхографии объективную информацию, достаточную для оценки функции реснитчатого аппарата слизистой оболочки и МК на различных уровнях и имеющую важнейшее значение для понимания патогенеза некоторых заболеваний ДП и их ранней диагностики.

Целью исследования явилась разработка рентгенологической модели визуализации морфофункциональной активности реснитчатого аппарата слизистой оболочки верхних и нижних ДП, регионального и тотального МК в норме, при туберкулезе, хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) и раке легкого (РЛ) путем использования в качестве

маркера микрочастиц тантала и специального прибора для его напыления.

Материал и методы

Обследованы больные ($n = 65$) в возрасте 23–58 лет. Контрольную (1-ю) группу составили больные ($n = 26$) с ограниченными поражениями легких сегментарной и субсегментарной протяженности, такими как туберкулома ($n = 8$), инфильтрат ($n = 9$), каверна ($n = 4$), киста ($n = 2$) и периферический рак ($n = 3$). При эндоскопическом исследовании слизистой оболочки изменений и деформаций стенок бронхов у этих пациентов не выявлено.

В основную группу (2-ю) были включены пациенты ($n = 39$) со следующими распространенными патологическими изменениями легких: инфильтративный туберкулез – полисегментарный ($n = 13$), фиброзно-кавернозный туберкулез ($n = 9$), хронический бронхит ($n = 7$), бронхоэктазы ($n = 4$), центральный РЛ ($n = 6$). При бронхофиброскопии, выполненной у всех обследуемых этой группы, у 30 обнаружены следующие поражения: инфильтративный туберкулез бронха ($n = 5$), диффузный эндобронхит ($n = 15$), дренажный гнойный эндобронхит ($n = 4$), рак бронха ($n = 6$).

Для визуализации транспорта частиц по слизистой оболочке ДП в качестве маркера использовался порошок тантала, применяемый для бронхографии [4] (Постановление Фармакологического комитета Минздрава СССР, протокол от 25.06.92 № 11 "О разрешении применения в клинике в качестве рентгеноконтрастного средства для трахеобронхографии препарата тантала"). Разработчик – Ульбинский металлургический завод (Усть-Каменогорск, Россия). Порошок тантала вводился в виде ингаляций дозированно в фазе среднего вдоха через катетер в количестве 5–8 г при помощи прибора для ингаляции порошкообразных препаратов (патент РФ на изобретение № 2053801) [7], подключенный к аэрозольному ингалятору ПАИ-2 (Россия) [10].

В зависимости от задачи исследования изучались региональный и общий МК. Для изучения регио-

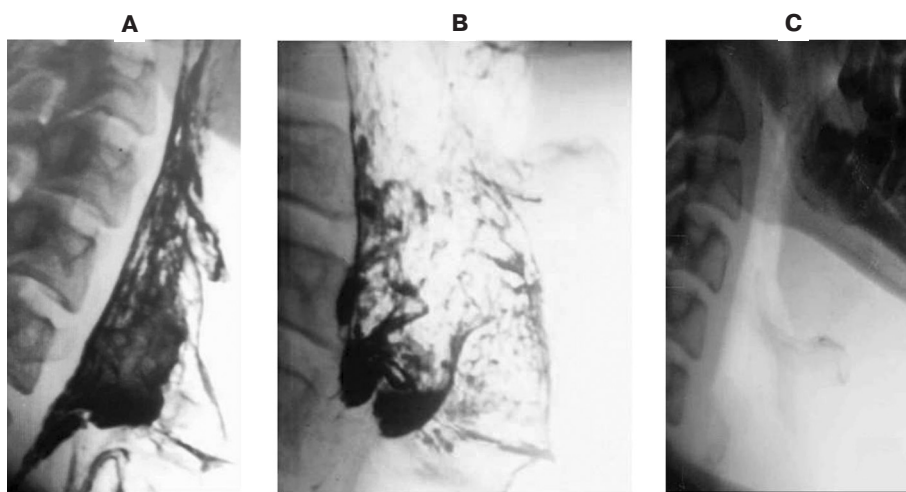


Рис. 1. Гортань пациента контрольной группы: А – непосредственно после напыления. Частицы тантала на слизистой оболочке; В – через 10 мин после напыления. 50%-ное очищение слизистой оболочки. Линейные потоки частиц в направлении грушевидных синусов; С – через 15 мин после напыления. Полное очищение слизистой оболочки

Figure 1. The control group. Pharynx: (A), immediately after the airway mucosa spray coating of tantalum microparticles; (B), 50% clearance of the airway mucosa in 10 min after spray coating of tantalum microparticles. Linear flow of the particles is seen towards the piriform sinuses; (C), the complete clearance is seen in 15 min after the airway mucosa spray coating of tantalum microparticles

нального МК катетер вводился в устья анатомически выделенных зон — гортань и глотку, трахею, главные и долевы́е бронхи и т. д.; при изучении общего МК катетер вводился в трахею. Рентгенографическое исследование проводилось сразу же после напыления и в динамике — через 10–20 мин, 1, 3, 5, 24, 48 и 72 ч. С целью снижения лучевой нагрузки рентгенограммы выполнялись выборочно, что позволяло сократить их общее количество до $\leq 2-3$ у каждого больного. Осложнений, связанных с процедурой напыления, не отмечено.

Результаты и обсуждение

Показано, что в 1-й (контрольной) группе ($n = 26$) при введении маркера в просвет гортани, глотки и грушевидных синусов ($n = 3$) до 95 % вдыхаемых частиц осаждалось на слизистой оболочке и лишь 5 %, в основном самые мелкие, проникали в подсвязочное пространство гортани (рис. 1А). Осаждение частиц осуществлялось путем турбулентных завихрений с многослойным их осаждением при соударении со слизистой оболочкой, что было подтверждено при помощи рентгенографии: на снимках визуализировались участки высокой оптической плотности. Именно эти участки, будучи зонами риска, в которых чаще развиваются воспалительные и опухолевые процессы, в наибольшей степени подвергались механическому и токсическому воздействию различных частиц и других патогенных факторов.

Через 10 мин после напыления отчетливо видно, что ≈ 50 % площади слизистой оболочки очистилось от частиц (см. рис. 1В). При этом четко прослеживался их ретроградный транспорт в виде изогнутых линейных потоков в направлении грушевидных синусов, представляющих собой своего рода депо таких частиц. Полное очищение слизистой оболочки от частиц тантала завершалось в течение 15–20 мин вследствие заглатывания частиц и попадания их в желудок (см. рис. 1С).

Таким образом, объективно доказанный ретроградный транспорт частиц и время полного очищения слизистой оболочки может быть эталоном при изучении регионального МК у пациентов с опухоле-

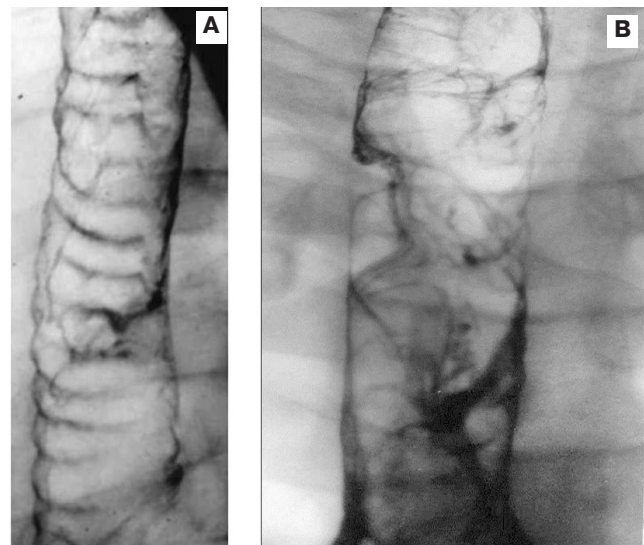


Рис. 2. Трахея пациента контрольной группы: А — катетер в подсвязочном пространстве; В — через 10 мин после напыления. Спиралевидные потоки частиц, направляющиеся в гортань
Figure 2. The control group. Trachea: (A), a catheter is seen in the infra-glottic cavity; (B), spiral flow of the particles is seen towards the larynx

выми и воспалительными заболеваниями глотки и гортани. Применение для местной анестезии 3–5 мл 1%-ного лидокаина не оказывало существенного влияния на транспорт частиц.

При исследовании трахеи ($n = 5$) катетер был установлен в подсвязочном пространстве (рис. 2А). Через 10 мин после напыления менялась архитектура рельефа слизистой оболочки, где формировались спиралевидные потоки, направлявшиеся в гортань (см. рис. 2В). При этом скорость транспорта частиц по слизистой оболочке трахеи замедлялась почти в 3 раза по сравнению с глоткой и гортанью. Полное очищение трахеи завершалось в течение 45–60 мин.

В главных и промежуточных бронхах ($n = 5$) частицы осаждались после напыления преимущественно в межскладочных промежутках мембранозной части бронхов и в зонах риска (рис. 3А). Через 7–10 мин после напыления в этих зонах были отчетливо видны участки различной величины и формы, свободные от частиц (см. рис. 3В). Можно предположить, что речь идет о метакхронных полях с отчет-

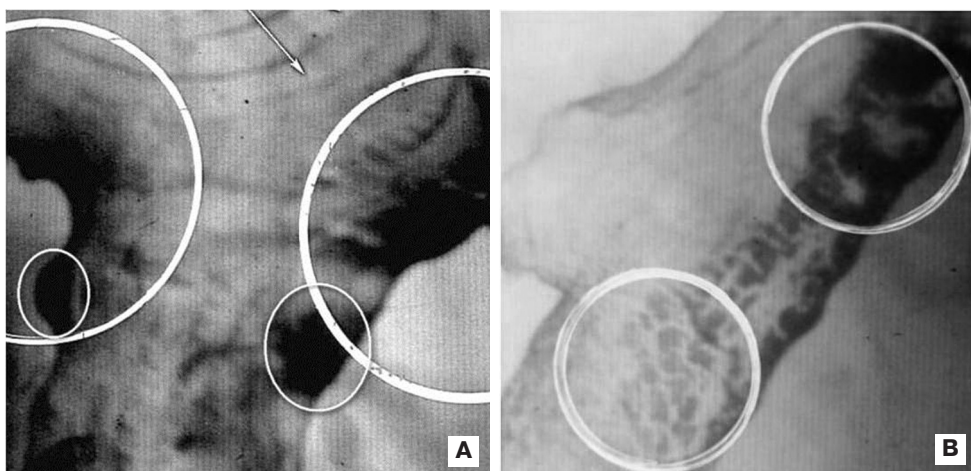


Рис. 3. Главный бронх пациента контрольной группы: А — частицы тантала в межскладочных промежутках мембранозной части бронхов и в зонах риска; В — через 10 мин после напыления. Участки слизистой оболочки в зонах риска, свободные от частиц тантала
Figure 3. The control group. The main bronchus: (A), tantalum microparticles are seen in the interpleural space of the membranous part of the bronchus and in "risk zones" immediately after the spray coating; (B), mucosa areas free of the tantalum microparticles are seen in 10 min after the spray coating

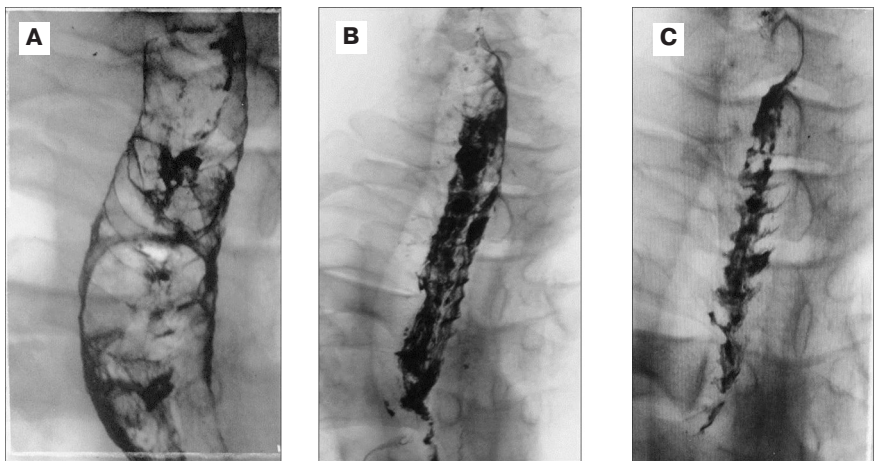


Рис. 4. Трахея пациента основной группы: А – смещение трахеи; В – через 20 мин после напыления. Широкий поток частиц по всей длине трахеи; С – через 30 мин после напыления. Транспорт частиц по слизистой оболочке хрящевой части

Figure 4. The study group. Trachea: (A), tracheal deviation; (B), an intensive flow of the tantalum microparticles in seen throughout the trachea length in 20 min after the spray coating; (C), the tantalum microparticle transport is seen on the mucosa of the cartilage part

ливой демаркационной линией [8, 9, 11]. В процессе транспорта частицы сливались в отдельные конгломераты разной величины и формы, образуя 2 потока шириной ≤ 5 мм, направлявшихся по зонам риска в трахею. Транспорт частиц был замедленным, так что весь процесс очищения слизистой оболочки ДП завершался в течение 1–2 ч.

В долевых и сегментарных бронхах (n = 4) транспортировавшиеся микрочастицы также сливались в конгломераты, которые в местах деления бронхов образовывали потоки и направлялись в главные бронхи. При этом транспорт частиц в бронхах был еще более медленным, чем в гортани и трахее, и время полного очищения слизистой оболочки колебалось в пределах 3–5 ч. Показано, что на путях транспорта потоков частиц порой располагались кисты экзокринных желез и устья расширенных выводных протоков.

В мелких бронхах (n = 6), особенно нижнедолевых, транспорт частиц настолько резко замедлялся, что процесс очищения слизистой оболочки колебался в пределах 20–24 ч.

Таким образом, с уменьшением калибра ДП различия в скорости транспорта частиц резко нарастали. Надо полагать, что этот градиент скорости закономерно отражает все возрастающее снижение региональной функциональной активности реснитчатого аппарата слизистой оболочки по мере уменьшения диаметра бронхов. Возможно также, что неоднородный состав больных и такие факторы, как курение, вязкость слизи, температура и т. п. также

оказывают влияние на скорость транспорта частиц, что требует дальнейших исследований.

В таблице продемонстрированы показатели транспорта частиц тантала по слизистой оболочке у больных туберкулезом, ХОБЛ и РЛ 2-й (основной) группы (n = 39). Показано, что у 31 (70,4 %) пациента время очищения слизистой оболочки от частиц составило ≥ 24 ч, у 9 – превысило 48 ч. Наиболее длительная задержка частиц (≥ 72 ч) была у 4 из 6 больных РЛ.

При туберкулезе легких у 14 (63,6 %) из 22 больных клиренс частиц в бронхах был снижен и находился в пределах 24–48 ч. У 5 из них при эндоскопическом исследовании был установлен инфильтративный туберкулез бронха, у 4 – дренажный эндобронхит, у 5 – диффузный эндобронхит. По результатам наблюдений установлено, что существенное влияние на характер транспорта частиц по слизистой оболочке оказывает смещение трахеи при фиброзно-кавернозном туберкулезе легких (рис. 4А). Спустя 20 мин после напыления транспорт частиц в трахее приобрел форму широкого потока (10 мм) по всей длине трахеи (см. рис. 4В). Через 30 мин после напыления отчетливо видно, что транспорт частиц осуществляется по слизистой оболочке хрящевой части трахеи (см. рис. 4С). Возможно, это обусловлено ее меньшей подвижностью по сравнению с мембранозной частью. Полное очищение трахеи от частиц при туберкулезе легких отмечено через 60 мин. Можно предположить, что при деформации ДП в процесс очищения слизистой оболочки включаются те или

Таблица
Транспорт частиц тантала по слизистой оболочке у больных 2-й группы
Table
Tantalum particle transport in airway mucosa of the study group patients

Клинический диагноз	Число больных	Время очищения, ч				Эндоскопическая картина	
		0–24	24–48	48–72	≥ 72	нормальная	патологическая
Туберкулез	22	8	14	–	–	4	18
Хронический бронхит, бронхоэктазы	11	–	8	2	1	–	11
РЛ	6	–	–	2	4		
Всего	39	8	22	4	5	4	29

иные дополнительные приспособительные механизмы, ускоряющие этот процесс за счет формирования широких потоков (как в трахее).

По результатам исследования показано, что при ХОБЛ клиренс частиц тантала по слизистой оболочке бронхов был снижен во всех случаях ($n = 11$). При хроническом бронхите ($n = 8$) задержка частиц была 48–72 ч, а при бронхоэктазах ($n = 3$) — превышала 72 ч. При эндоскопическом исследовании был диагностирован неспецифический диффузный эндо-бронхит ($n = 8$) и дренажный гнойный эндобронхит ($n = 3$).

При центральном раке ($n = 6$) у 4 больных задержка частиц превышала 72 ч, у 2 — 48–72 ч. Через 72 ч после напыления на протяжении 3 см проксимальнее от раковой опухоли при внешне неизменной слизистой оболочке отмечалась задержка частиц тантала. Эта задержка была обусловлена перибронхиальным ростом опухоли, что подтвердилось при гистологическом исследовании удаленного легкого. Следовательно, есть все основания реально судить о степени распространения опухолевого процесса в бронхе при отсутствии видимых изменений слизистой оболочки по скорости его очищения.

Наряду с резким снижением клиренса частиц тантала в месте расположения опухоли отмечено также нарушение клиренса дистальнее опухоли с ретроградным продвижением частиц в альвеолы. Вероятно, таков механизм развития параканкрозных воспалительных изменений.

Можно предположить, что аппарат, регулирующий подвижность ресничек мерцательного эпителия на слизистой оболочке, заложен в подслизистом слое. При гистологическом исследовании там выявляются нервные стволы, проникающие в эпителий и образующие своеобразные терминалы между эпителиоцитами [12].

Таким образом, в зависимости от времени очищения и морфофункциональных изменений слизистой оболочки при туберкулезе, ХОБЛ и центральном раке установлены 3 степени нарушения активности реснитчатого аппарата слизистой оболочки и МК:

- I степень (24–48 ч) — умеренное нарушение активности при острой воспалительной патологии легких (инфильтративный туберкулез, пневмония, бронхит и т. п.);
- II степень (48–72 ч) — значительное нарушение активности при хронической патологии бронхов и легких (фиброзно-кавернозный туберкулез, хронический бронхит, бронхоэктазы и т. п.);
- III степень (≥ 72 ч) — резко выраженное нарушение активности (РЛ).

Заключение

Установлено, что скорость транспорта содержимого ДП от гортани и глотки по направлению к мелким бронхам в неизменной слизистой оболочке снижается в 60–65 раз. При нарушении регионального клиренса в зонах риска, вызванного повреждающим воздействием частиц табачного дыма, поллютантов

и т. п., резко замедляется транспорт содержимого ДП и время полного очищения слизистой оболочки, что способствует развитию и прогрессированию воспалительных и опухолевых заболеваний легких.

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

- динамика изменений слизистой оболочки ДП после напыления тантала является моделью рентгенологической визуализации морфофункциональной активности реснитчатого аппарата слизистой оболочки ДП и МК как в норме, так и у больных туберкулезом, ХОБЛ и РЛ;
- время полного очищения слизистой оболочки от частиц тантала в норме составляет: в гортани и глотке — 15–20 мин, трахее — 45–60 мин, в мелких бронхах — 20–24 ч. Таким образом, скорость транспорта частиц в мелких бронхах в 60–65 раз меньше, чем в гортани и глотке;
- установлено, что повреждающее действие частиц различного происхождения в зонах риска слизистой оболочки является одним из ведущих факторов, нарушающих региональный клиренс и способствующих развитию воспалительных заболеваний и опухолей;
- различные сроки очищения слизистой оболочки при туберкулезе и РЛ могут быть использованы как один из надежных критериев дифференциальной диагностики этих заболеваний.

Литература

1. Iravani J., Melville G. N. Mucociliary function in the respiratory tract as influenced by physicochemical factors. In: Encyclopedia of Pharmacology and Therapeutics. Section 104 / Respiratory Pharmacology. Oxford; 1982: 477–500.
2. Путов Н.В., Федосеев Г.Б., ред. Руководство по пульмонологии. Л.: Медицина; 1984.
3. Кобылянский В.И. Методы исследования мукоцилиарной активности: возможности и перспективы. *Терапевтический архив*. 2001; 3: 73–76.
4. Норейко С.В., Лепшина С.М., Гришун Ю.А., Шкурят Э.Ю. Мукоцилиарный клиренс и бронхиальная проходимость у больных эпидемическим туберкулезом легких. *Архив клинической и экспериментальной медицины*. 2002; 11 (3): 359–363.
5. Солопов В.Н. Мукоцилиарный транспорт у больных обструктивными заболеваниями легких: Дисс. ... канд. мед. наук. М.; 1987.
6. Криштафович А.А., Колешко Л.Е., Ребане Л.Е., Ермолова Т.П. Изучение слизистой оболочки трахеи и бронхов при помощи порошка тантала. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 1982; 5: 59–66.
7. Ильина В.А. Морфология местных и общих патологических процессов у пострадавших с тяжелой термической травмой: Дисс. ... д-ра мед. наук. СПб; 2014.
8. Криштафович А.А., Пучкова Т.В. Оценка функциональной активности слизистой оболочки бронхов при туберкулезе и других заболеваниях легких. *Проблемы туберкулеза и болезней легких*. 2003; 10: 17–20.
9. Криштафович А.А., Ариэль Б.М. Кисты экзокринных желез в стенках трахеи и бронхов. *Пульмонология*. 2014; 3: 99–102.
10. Пат. РФ № 2053801. МПК А 61 В/00. Прибор для ингаляции порошкообразными препаратами. / Криштафович А.А.

- вич А.А., Рябинкин В.Д., Жуков С.Я. Оpubл. 10.02.96. Бюл. № 46.
11. Пат. РФ № 2173953. МПК А 61В 6/00. Способ дифференциальной рентгенодиагностики туберкулеза и рака легких. / Криштафович А.А., Ариэль Б.М., Козлова Н.А. Оpubл. 27.09.01. Бюл. № 27.
12. Hasleton H.S., ed. *Spencer's Pathology of the Lung*. 5th ed. New York: *McGraw-Hill*; 1996.
8. Krishtafovich A.A., Puchkova T.V. Functional evaluation of bronchial mucosa in patients with tuberculosis and other pulmonary diseases. *Problemy tuberkuleza i bolezney legkikh*. 2003; 10: 17–20 (in Russian).
9. Krishtafovich A.A., Ariel' B.M. Exocrine gland cysts in tracheal and bronchial walls. *Pul'monologiya*. 2014; 3: 99–102 (in Russian).
10. Krishtafovich A.A., Ryabinkin V.D., Zhukov S.Ya. A device for powder inhalation. Patent RF № 2053801. 1996 (in Russian).
11. Krishtafovich A.A., Ariel' B.M., Kozlova N.A. A method for radiological differentiation between pulmonary tuberculosis and lung carcinoma. Patent RF № 2173953. 2001 (in Russian).
12. Hasleton H.S., ed. *Spencer's Pathology of the Lung*. 5th ed. New York: *McGraw-Hill*; 1996.
1. Iravani J., Melville G. N. Mucociliary function in the respiratory tract as influenced by physicochemical factors. In: *Encyclopedia of Pharmacology and Therapeutics*. Section 104 / Respiratory Pharmacology. Oxford; 1982: 477–500.
2. Putov N.V., Fedoseev G.B., eds. *Handbook on pulmonology*. Leningrad: *Meditcina*; 1984 (in Russian).
3. Kobylanskiy V.I. Methods for investigation of mucociliary activity: opportunities and perspectives. *Terapevticheskiy arkhiv*. 2001; 3: 73–76 (in Russian).
4. Noreyko S.V., Lepshina S.M., Grishun Yu.A., Shkurat E.Yu. Mucociliary clearance and bronchial obstruction in patients with epidemic pulmonary tuberculosis. *Arkhir klinicheskoy i eksperimental'noy meditsiny*. 2002; 11 (3): 359–363 (in Russian).
5. Solopov V.N. Mucociliary transport in patients with pulmonary obstructive disease: Diss. Moscow; 1987 (in Russian).
6. Krishtafovich A.A., Koleshko L.E., Rebane L.E., Ermolova T.P. Studying of the tracheal and bronchial mucosa using tantalum powder. *Vestnik rentgenologii i radiologii*. 1982; 5: 59–66 (in Russian).
7. Il'ina V.A. Morphology of local and general pathology in patients with severe thermic injury: Diss. Saint-Petersburg; 2014 (in Russian).

Поступила 22.09.14
УДК 616.233-008.8-073.75

Refereces

Received September 22, 2014
UDC 616.233-008.8-073.75

Информация об авторах

Криштафович Адольф Адольфович – д. м. н., старший научный сотрудник, научный консультант отдела лучевой диагностики ФГБУ "Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии" Минздрава России; тел.: (812) 772-13-60; e-mail: kri-adolf@yandex.ru

Ариэль Борис Михайлович – д. м. н., профессор, член консультативно-методического экспертного совета патологоанатомической службы Санкт-Петербургское ГБУЗ "Городское патологоанатомическое бюро"; тел.: (812) 513-60-98; e-mail: arielboris@rambler.ru

Author information

Krishtafovich Adol'f Adol'fovich, MD, Senior Researcher, Academic Advisor of Department of Radiology Federal Institution "Saint-Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology", Healthcare Ministry of Russia; tel.: (812) 772-13-60; e-mail: kri-adolf@yandex.ru

Ariel' Boris Mikhaylovich, MD, Professor, a member of Advisory and Methodical Expert Council of Pathology Service, Saint-Petersburg City Bureau of Pathology; tel.: (812) 513-60-98; e-mail: arielboris@rambler.ru