



Лекция

Рак легкого

Лектор: Напольских В. М.

Эпидемиология

- С 1985 года рак легкого – главный онкологический киллер!
- По данным МАИР в 2002 году в мире зарегистрировано 1 350 000 новых случаев рака легкого, т. е. 12,4% от всех форм рака.
- Показатели мировой заболеваемости РЛ с 1985 года увеличился для мужчин на 51% и для женщин – на 75%
- В 2002 году в мире умерло 1 180 000 больных раком легкого или 17,6% от всех онкологических смертей у обоих полов.
- Соотношение умерших от рака легкого ко вновь зарегистрированным заболевшим составляет 0.87

Эпидемиология

- Рак легкого занимает первое место в структуре злокачественных опухолей
- Заболеваемость раком легкого возросла за последние 20 лет в 2 раза (в России составляет 34.1 на 100000 населения)
- Мужчины болеют раком легкого в 6 раз чаще женщин
- В начале XXI века рак легкого остается одной из основных причин смерти онкологических больных в мире.

Эпидемиология

- В США в 2005 году было зарегистрировано 172 570 больных РЛ, что составляет 12,6% от всех онкологических заболеваний умрет 163510 больных, т. е. 29,1% от всех ЗНО
- 5-летняя выживаемость в течение 25 лет остается на уровне 15%
- Только 16% больных регистрируется в ранней стадии
- Заболеваемость РЛ наивысшая у мужчин в Восточных странах – 65,7 на 100000, в Южной Европе – 56,9, в Западной – 50,9, в Северной Европе – 44,3 на 100000
- В 2000 году заболеваемость РЛ в Европе варьирует у мужчин от 95,4 в Венгрии до 21,4 до 21,4 в Швеции, у женщин от 27,7 в Дании до 4,0 на 100000 в Испании
- В странах Северной и Западной Европы заболеваемость РЛ у мужчин снизилась в связи с массовым отказом их от курения. Особенно это заметно в Великобритании, Финляндии, Норвегии. Швеции.
- У женщин по РЛ на первом месте Дания

Эпидемиология

- По смертности от РЛ мужчин список возглавляют Венгрия и Польша, у женщин – Дания.
- По данным 20 Европейских регистров в 1990-1994 гг. в первый год после установления диагноза РЛ в живых оставались 31,4%, через 5 лет – 9,7% (мужчины).
- В России РЛ стоит на 1 месте среди всех опухолей у лиц обоего пола. В 2003 году зарегистрировано 58812 больных. У мужчин РЛ составляет 22,8% от всех вновь выявленных ЗНО, у женщин – 4%. По показателям заболеваемости РЛ в 2002 г. среди европейских стран Россия занимала 3-е место среди мужчин, и 17 среди женщин

ЭТИОЛОГИЯ

I. Генетические факторы риска:

1. Первичная множественность опухолей (лечение ранее по поводу злокачественной опухоли).
2. Три и более наблюдений рака легкого в семье (ближайших родственников).

II. Модифицирующие факторы риска

A. Экзогенные:

1. Курение.
2. Загрязнение окружающей среды канцерогенами.
3. Профессиональные вредности.
4. Ионизирующее излучение.

Б. Эндогенные:

1. Возраст старше 45 лет.
2. Хронические легочные заболевания (пневмония, туберкулез, бронхит, локализованный пневмофиброз и др.).

Этиология. Курение

- Только 15 % РЛ не имеют отношения к экспозиции табака на слизистую бронхов
- У некурильщиков практически не возникает плоскоклеточный и мелкоклеточный рак
- Риск РЛ зависит от числа ежедневно выкуриваемых сигарет, продолжительности курения, от стажа, от типа сигарет.
- Кумулятивный риск смерти от РЛ у курящих мужчин в 22 раза выше, у женщин – в 12 раз выше, чем у некурящих
- Риск смерти от РЛ на 30% выше у женщин, живущих с курящими мужчинами
- Если после 10 лет курения человек бросает курить, риск РЛ у него уменьшается на 50%
- Курение сигар или трубки – в 2 раза повышает риск развития РЛ
- 85% РЛ у мужчин и 47% РЛ у женщин – последствия курения

Этиология. Прочие факторы

- Экспозиция асбеста от 1 до 5% РЛ, у некурящих рабочих риск РЛ в 3 раза выше чем у неработающих курящих, а у курящих, связанных с асбестом риск возрастает в 90 раз
- МАИР среди химических веществ, имеющих связь с РЛ называют радон, мышьяк, хром, никель, бериллий
- Хронические обструктивные болезни легких на 13% повышают риск РЛ у некурящих и на 16% у курящих

Патогенез

Воздействие факторов риска на эпителий бронхов

нарушение мукоцилиарного клиренса

воздействие канцерогенов на ткань респираторного тракта

десквамация эпителия

патологическая регенерация

метаплазия

дисплазия

плоскоклеточный рак

аденокарцинома

Клинико-анатомическая классификация

- **Центральный рак легкого**
(возникает в крупных бронхах -
главный, долевой, промежуточный,
сегментарный)
- **Периферический рак легкого**
(возникает в субсегментарных бронхах и
их ветвях или локализующийся в
паренхиме легкого)

Классификация рака легкого по Савицкому А. И. (1957 г.)

1. Центральный рак:

- а) эндобронхиальный (эндофитный и экзофитный)
- б) перибронхиальный узловой;
- в) перибронхиальный разветвленный.

2. Периферический рак:

- а) круглая опухоль;
- б) пневмониеподобный;
- в) верхушки легкого (Пенкоста);

3. Атипичные формы, связанные с особенностями метастазирования:

- а) медиастинальная;
- б) милиарный карциноматоз;
- в) мозговая;
- г) костная;
- д) печеночная.

Патогистологическая классификация

РЛ возникает из мультипотентных стволовых клеток бронхиального эпителия

I. Плоскоклеточный рак (возникает в проксимальных сегментарных бронхах):

- а) высокодифференцированный рак;
- б) умеренно дифференцированный рак (без ороговения);
- в) малодифференцированный рак.

II. Мелкоклеточный рак (возникает в центральных крупных воздухопроводящих бронхах):

- а) овсяноклеточный рак;
- б) промежуточно-клеточный рак.

III. Аденокарцинома (возникает в периферических бронхах):

- а) высокодифференцированная аденокарцинома (ацинарная, папиллярная);
- б) умеренно-дифференцированная аденокарцинома (железисто-солидная);
- в) малодифференцированная аденокарцинома (солидный слизееобразующий рак);
- г) бронхиолоальвеолярная аденокарцинома ("аденоматоз").

IV. Крупноклеточный рак:

- а) гигантоклеточный рак;
- б) светлоклеточный рак.

V. Смешанный рак

РЛ

(из-за различных и общих подходов к лечению)

Мелкоклеточный



Овсяноклеточный



Веретенноклеточный



- Крупноклеточный

Немелкоклеточный

- Аденокарцинома

- Плоскоклеточный

- Полигонально-клеточный

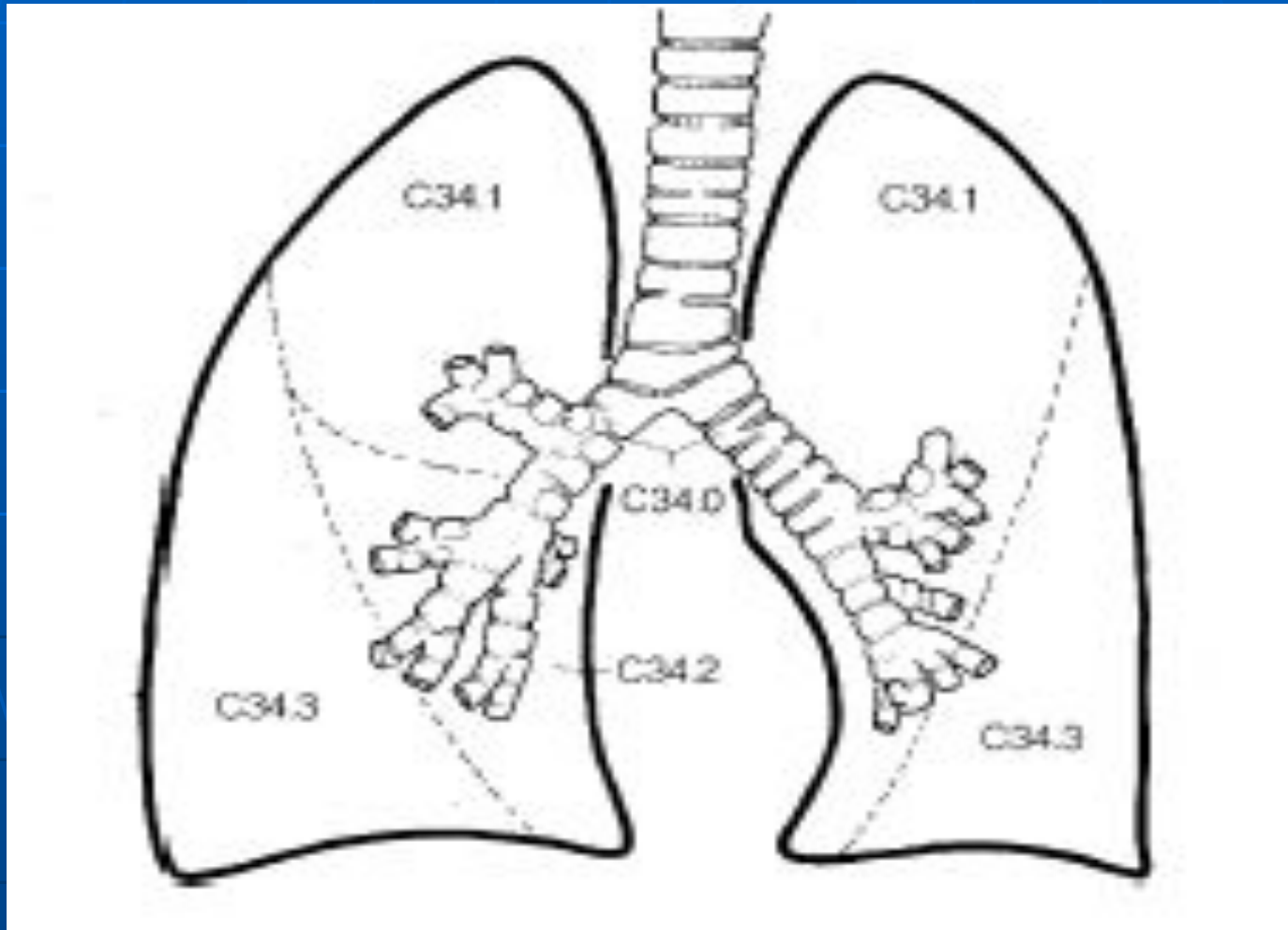
НМРЛ

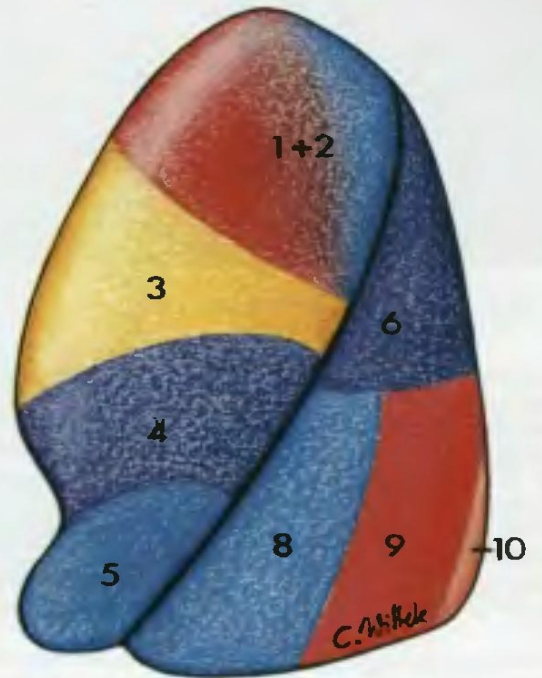
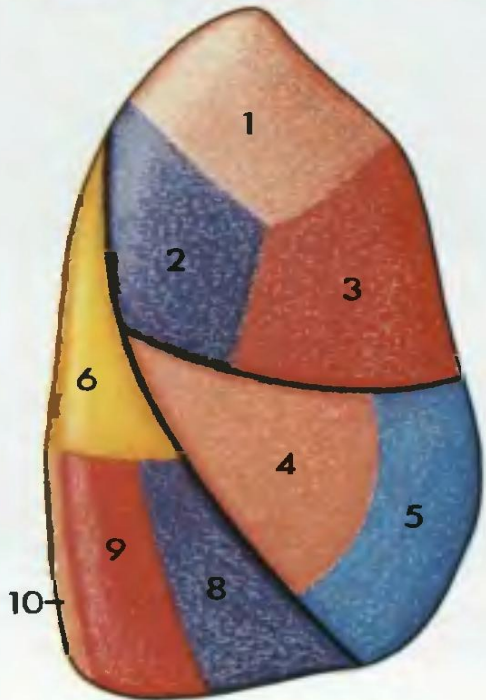
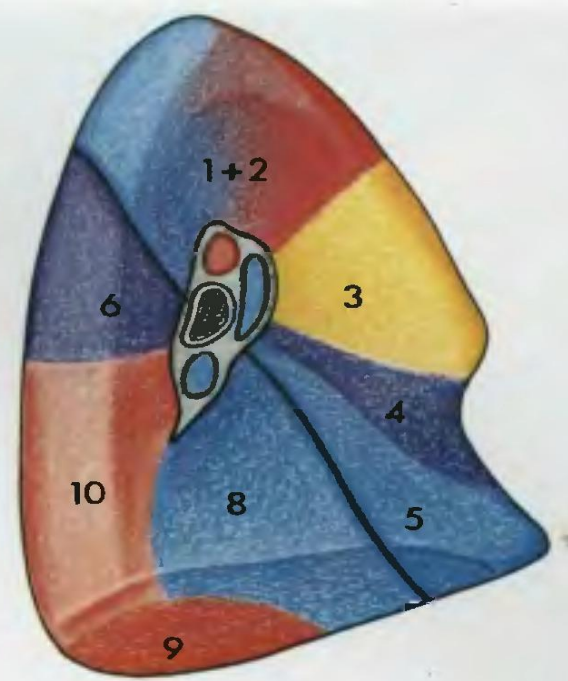
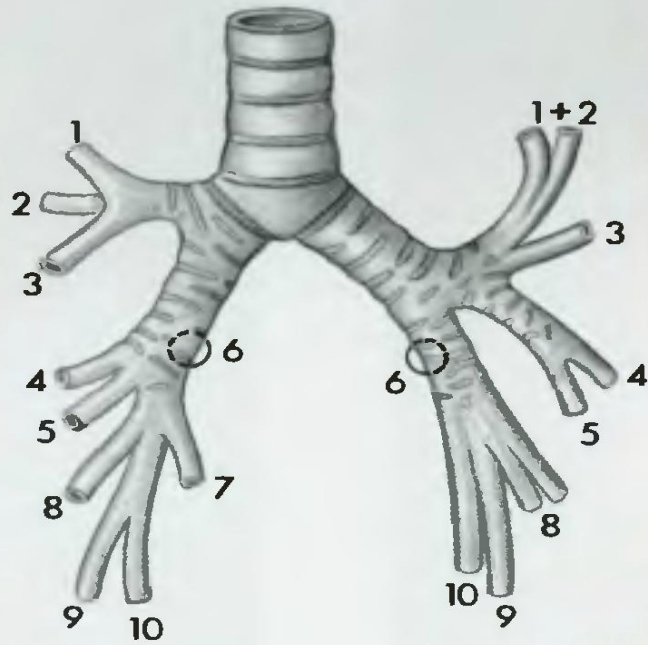
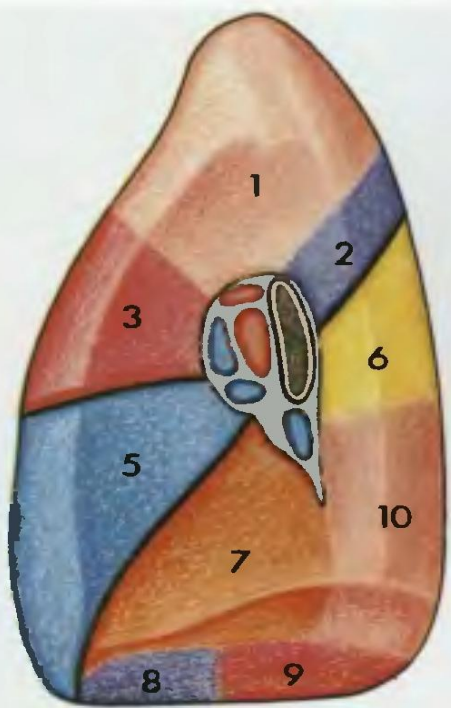
- На долю аденокарциномы приходится 40% РЛ. Встречается у некурящих женщин. Особый вид – бронхиолоальвеолярный рак, больные им эффективнее других отвечают на терапию таргетными препаратами – гефитиниб, эрлотиниб
- Плоскоклеточный рак встречается у 30% больных. Локализация – центральная зона легких

МРЛ

- Встречается у 15% больных РЛ, опухоль имеет центральное или хилюсное происхождение в 95%, 5% - периферическое. 98% больных МРЛ - курильщики

Анатомические области: 1. главный бронх (С34.0) 2. верхняя доля (С34.1) 3. средняя доля (С34.2) 4. нижняя доля (С34.3)





Клиника рака легкого

- ✓ Симптомы, вызванные интраторакальным распространением опухоли
- ✓ Симптомы, вызванные внеторакальным распространением опухоли
- ✓ Паранеопластические синдромы

(Для раннего РЛ нет специфических симптомов, 15% РЛ вообще бессимптомно)

Симптомы, вызванные внутриторакальным распространением опухоли

- Центральный рак легкого:
 - ✓ Кашель (80-90%)
 - ✓ Кровохарканье (50%)
 - ✓ Повышение температуры тела и одышка (ателектаз и гиповентиляция)
 - ✓ Лихорадка и продуктивный кашель (параканкротный пневмонит)
- Периферический рак легкого:
 - ✓ Боль в груди (60-65%)
 - ✓ Кашель
 - ✓ Одышка (30-40%)
 - ✓ Клиника абсцесса легкого (при распаде опухоли)

Симптомы, вызванные внеторакальным распространением опухоли

- ✓ Поражение печени
- ✓ Поражение надпочечников
- ✓ Поражение костей
- ✓ Поражение внеторакальных лимфоузлов (парааортальные, надключичные, передние шейные)
- ✓ Внутричерепные метастазы

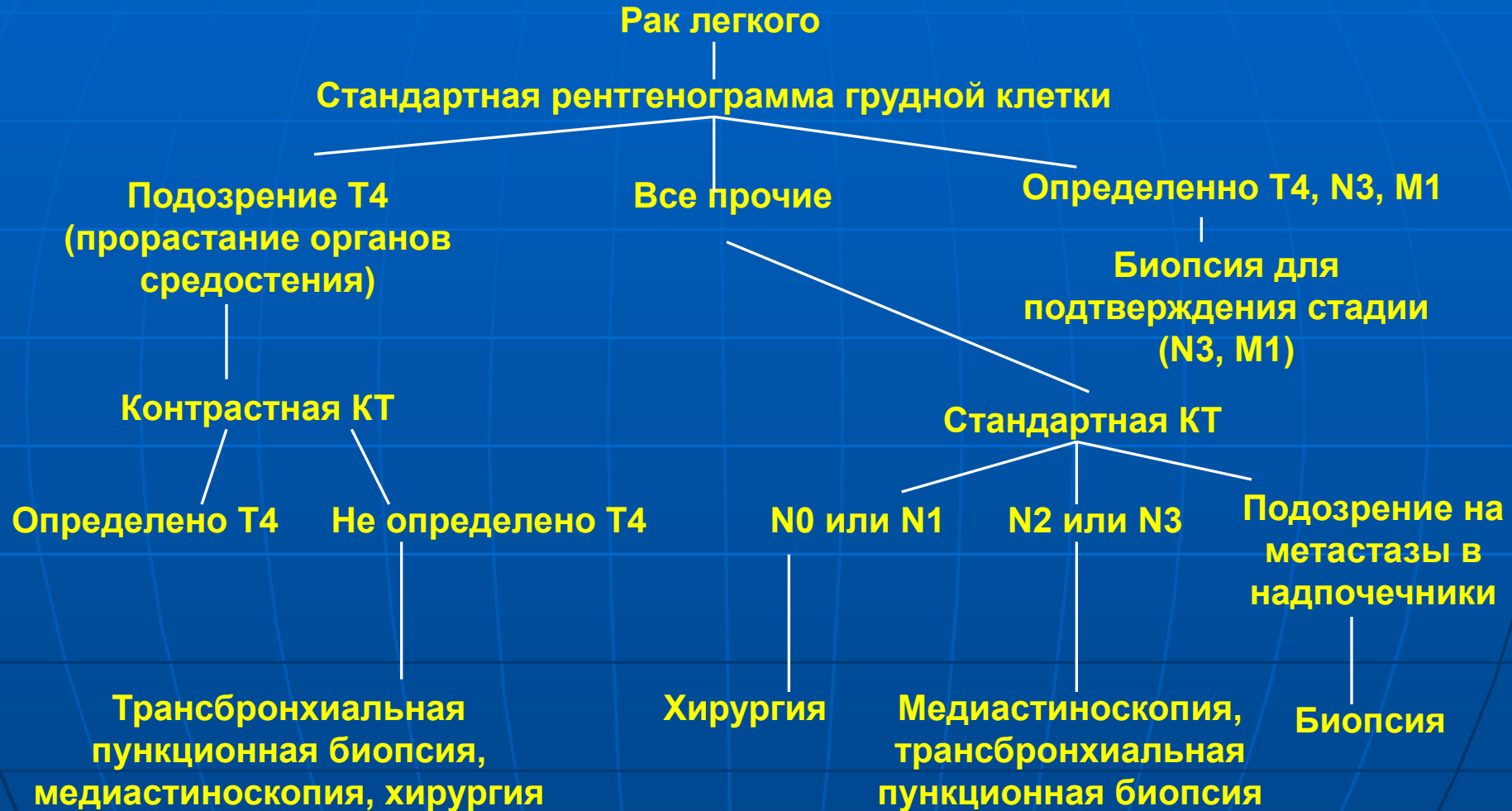
Принципы диагностики рака легкого

- Методы первичной диагностики (рекомендованные для всех пациентов):
 - ✓ Полное клиническое обследование
 - ✓ Рентгенологическое исследование органов грудной клетки
 - ✓ Бронхологическое исследование (в случае центрального рака)
 - ✓ Трансторакальная пункция опухоли (в случае периферического рака)
 - ✓ Патоморфологическое подтверждение злокачественности

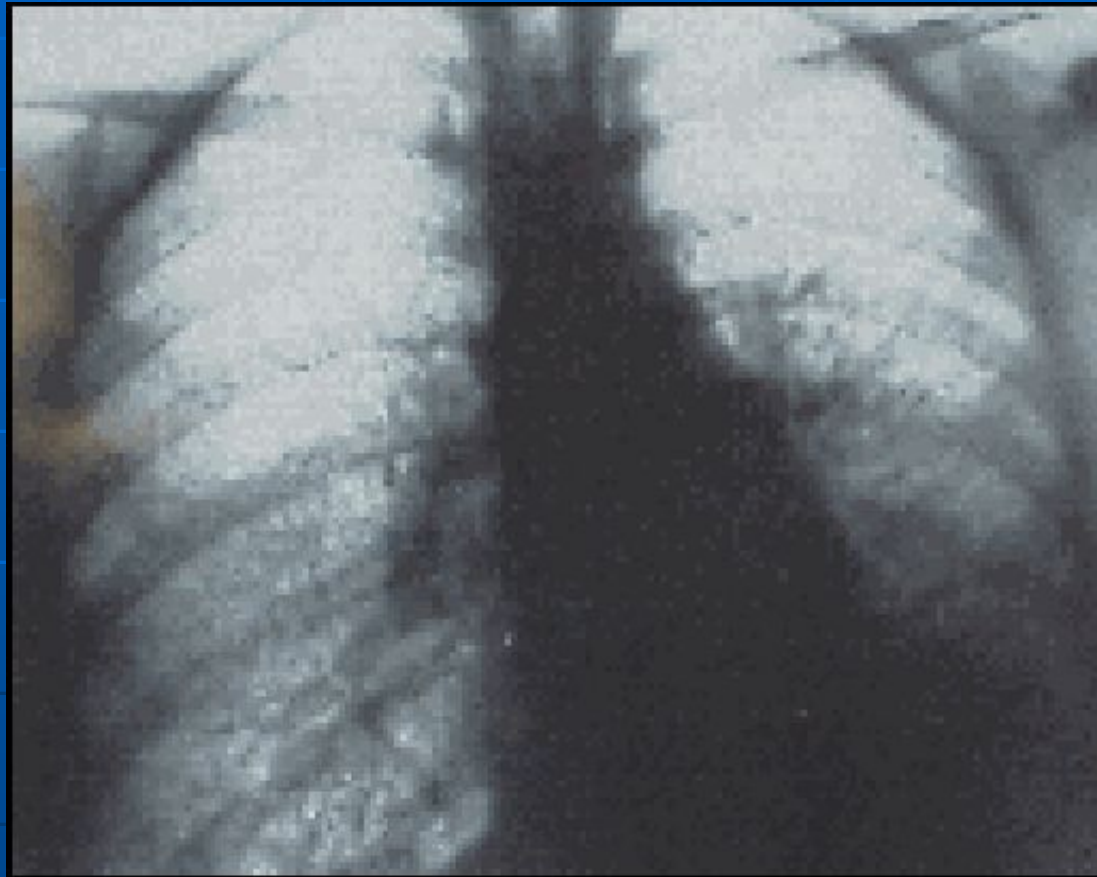
Принципы диагностики рака легкого

- Уточняющие методы диагностики (рекомендованные для пациентов, которым необходимо хирургическое или лучевое лечение):
 - ✓ Компьютерная томография органов грудной клетки (точность метода 70% и более) и надпочечников
 - ✓ Ультразвуковое исследование органов брюшной полости и грудной клетки
 - ✓ Сканирование костей скелета
 - ✓ Рентгенография костей скелета
 - ✓ Компьютерная или магнитно-резонансная томография головного мозга
 - ✓ Функциональное исследование легких и сердца
 - ✓ Медиастиноскопия, медиастинотомия, торакоскопия, торакотомия

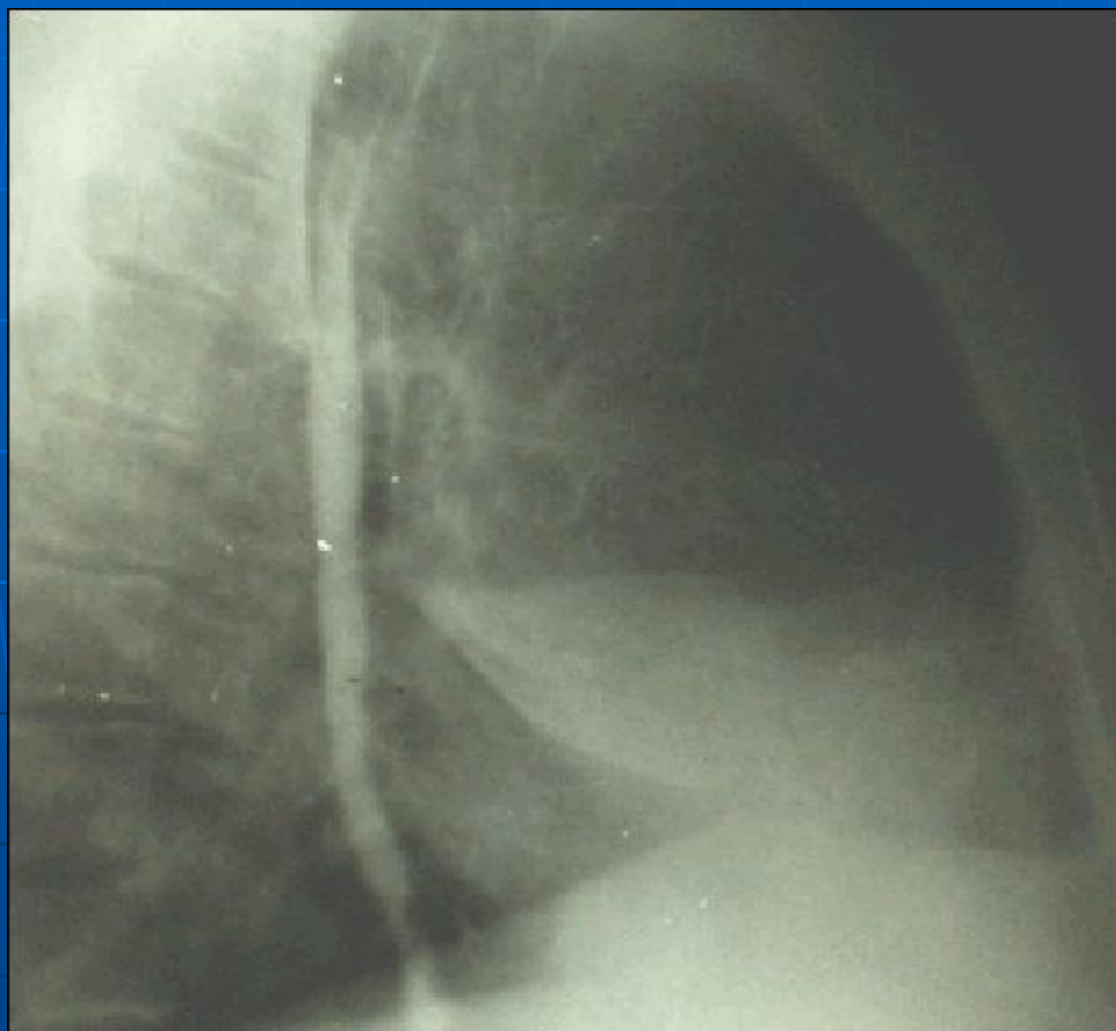
Алгоритм обследования больного раком легкого



Гематогенное метастазирование (милиарный канцероматоз)



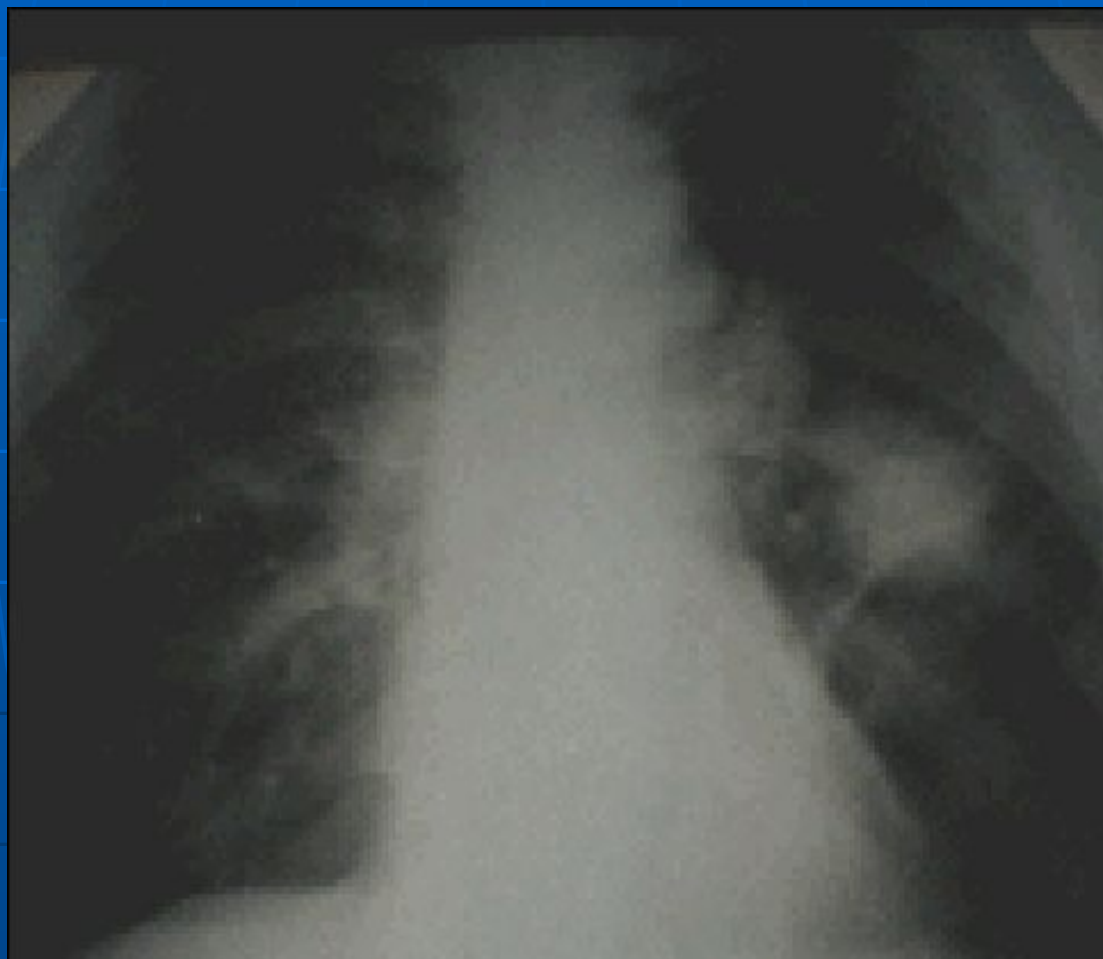
Ателектаз средней доли на фоне контрастированного пищевода



Центральный рак нижней доли правого
легкого (S6), перибронхиально-узловая
форма



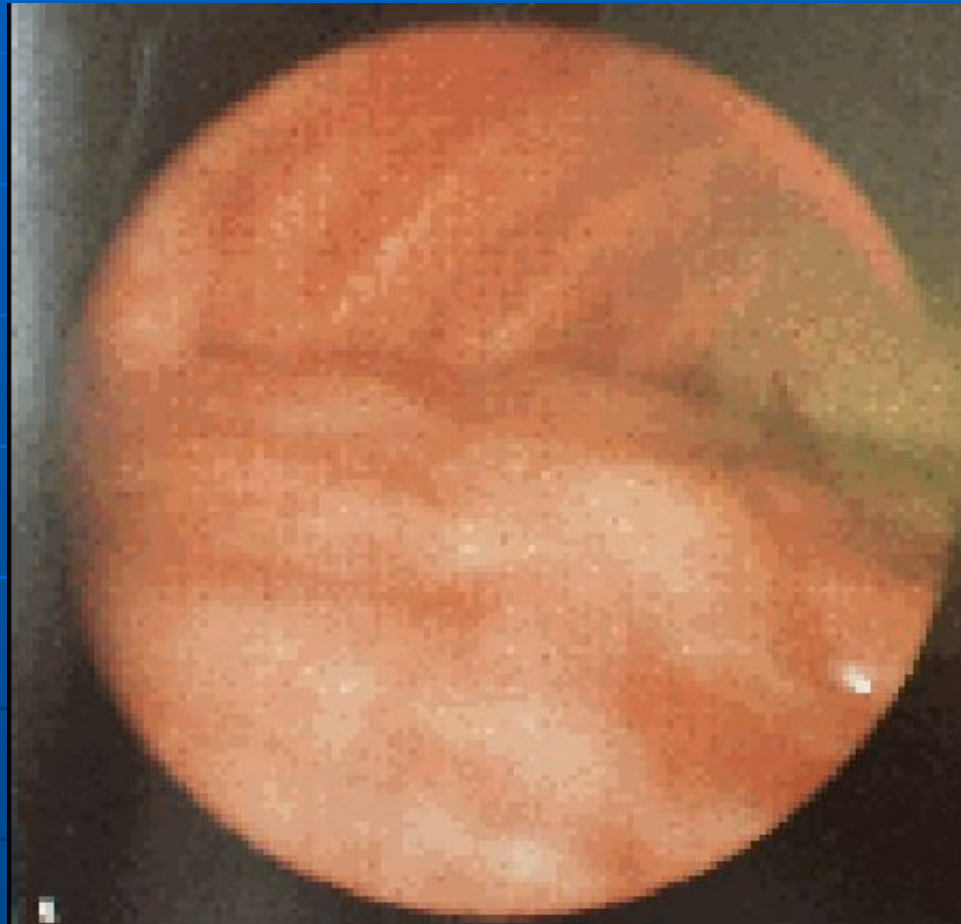
Периферический рак нижней доли левого легкого



Экзофитная опухоль в просвете промежуточного бронха



Инфильтративный рост опухоли правого главного бронха



Лечение рака легкого

- Мелкоклеточный рак легкого
 - ✓ Химиотерапия
- Немелкоклеточный рак легкого
 - ✓ Хирургическое лечение
 - ✓ Лучевое лечение
 - ✓ Химиотерапия
 - ✓ Комбинированное лечение

Объем оперативного вмешательства:

- **сегментэктомия**
- **лобэктомия**
- **лобэктомия верхняя с циркулярной резекцией бронхов**
- **билобэктомия верхняя, нижняя (правое легкое)**
- **пневмонэктомия**

Варианты оперативного вмешательства:

- **типичная (стандартная) операция**
- **расширенная операция:**
 - **расширенная по принципиальным соображениям**
 - **вынужденно расширенная операция**
- **комбинированные операции**
- **расширенно-комбинированные операции**

Лучевая терапия НМРЛ

**Лучевая терапия при НМРЛ
может носить радикальный и
паллиативный характер**

Лучевая терапия по радикальной программе (суммарная очаговая доза 60-79 Гр.) показана больным НМРЛ I-IIIА стадии, которые отказались от операции или которым хирургическое лечение противопоказано (возраст, общее состояние, сопутствующая патология)

Лучевая терапия по паллиативной программе (суммарная очаговая доза не более 40Гр.) проводится при местно нерезектабельном НМРЛ с целью облегчения тягостных клинических проявлений опухоли

При выраженной регрессии опухоли в процессе лучевой терапии и удовлетворительном общем состоянии больного план лечения может быть изменен и лучевая терапия может быть проведена по радикальной программе.

Противопоказанием к лучевой терапии являются:

- деструкция в первичной опухоли или ателектаз с образованием полостей распада
- обильное кровотечение
- злокачественный выпот в плевральной полости
- недавно (до 6 месяцев) перенесенный инфаркт миокарда
- активный туберкулез легких
- тяжелое общее состояние пациента

Сочетанная лучевая терапия

- Включает в себя дистанционное облучение и эндобронхиальную лучевую терапию.

Режимы облучения при ЭБЛТ

- По 5 Гр через день, 3 раза в неделю СОД 25-30 Гр;
- По 7-10 Гр 1 раз в неделю СОД 28-40 Гр

Дистанционное облучение проводят в различных режимах до СОД 40-60 Гр. Интервал между компонентами сочетанного лучевого лечения в среднем составляет 10-20 дней.

Лучевая терапия по радикальной программе:

- классическое фракционирование СОД - 70Гр x 35дн.
- динамическое фракционирование СОД - 70Гр x 30дн.
- суперфракционирование СОД - 46,8Гр x 13дн.
- сочетанная лучевая терапия СОД - 60-80Гр x 34дн

Лучевая терапия по паллиативной программе:

- классическое фракционирование - 40Гр x 20дн
- динамическое фракционирование - 40Гр x 17дн
- укрупненное фракционирование - 40Гр x 10дн

Предоперационная лучевая терапия:

- классическое фракционирование - 30Гр x 15дн
- динамическое фракционирование - 30Гр x 12дн
- укрупненное фракционирование - 20Гр x 5дн
- сочетанная лучевая терапия - 30-40Гр x 17дн

Послеоперационная лучевая терапия (после радикальной операции):

- классическое фракционирование - 46Гр x 23 дн
- динамическое фракционирование - 30Гр x 12дн
- суперфракционирование - 46,8Гр x13дн

Химиотерапия НМРЛ

Химиотерапия рака легкого

- Препараты:
- ✓ Винорельбин
- ✓ Гемцитабин
- ✓ Цисплатин
- ✓ Карбоплатин
- ✓ Паклитаксел
- ✓ Этопозид
- ✓ Циклофосфамид
- ✓ Доксорубицин
- ✓ Митомицин
- ✓ Ифосфамид
- ✓ винбластин

В настоящее время стандартной химиотерапией I линии при НМРЛ III-IV стадии являются комбинации:

- **таксол + карбоплатин**
- **таксол + цисплатин**
- **таксотер + цисплатин**
- **навельбин + цисплатин**
- **гемзар + цисплатин**

Применение этих режимов позволяет получить общий эффект у 40-60% больных, при однолетней выживаемости 31-50% больных.

Цели неоадьювантной химиотерапии

- уменьшение размеров первичной опухоли
- воздействие на микрометастазы
- повышение абластичности операции и резектабельности опухоли

Особенности неоадьювантной химиотерапии

1. Курсы лечения должны быть короткими, с небольшими интервалами. Оптимально проведение 2 курсов, но не более 3-4
2. Режимы лечения не должны обладать выраженной токсичностью, чтобы не препятствовать выполнению хирургической операции
3. Соотношение эффективность/токсичность, используемых режимов лечения должно быть оптимальным.

Таргетная терапия НМРЛ

- Таргетные препараты действуют на:
 - ✉ Угнетение ферментов, участвующих в синтезе ДНК, РНК
 - ✉ Пути передачи и механизмы трансдукции сигналов
 - ✉ Ангиогенез
 - ✉ Экспрессия генов
 - ✉ Апоптоз

Таргетная терапия НМРЛ

- Мишенью препаратов является рецептор эпидермального фактора роста. Он экспрессируется при НМРЛ (плоскоклеточный в 84%, железистый – 68%) и вовлечен в сигнальный каскад, ведущий к клеточной пролиферации ангиогенезу, инвазии, метастазированию, остановку апоптоза.
- Таргетные препараты в комбинации с химиотерапией дают объективный положительный эффект по сравнению с химиотерапией.
- Препараты: алимта, иресса, эрлотиниб, панитумумаб

Общие принципы современной тактики лечения больных МРЛ

- **при резектабельных опухолях (T1-2 N1 M0) возможна операция с последующей послеоперационной комбинированной химиотерапией (4 курса)**
- **целесообразность использования индукционной химио- и химиолучевой терапии с последующей операцией продолжает изучаться, однако убедительных доказательств преимуществ такого подхода пока не получено**

- при нерезектабельных опухолях (локализованная форма) показана комбинированная химиотерапия (4-6 циклов) в сочетании с облучением области опухоли легкого и средостения. В случае достижения полной клинической ремиссии – профилактическое облучение головного мозга (25-30 Гр).
- при наличии отдаленных метастазов (распространенная форма МРЛ) - показана комбинированная химиотерапия, лучевая терапия проводится по специальным показаниям (метастазы в головной мозг, в кости, в надпочечники)

- **в настоящее время убедительно доказана возможность излечения около 30% больных МРЛ в ранних стадиях заболевания и 5-10% больных с нерезектабельными опухолями.**
- **то обстоятельство, что в последние годы появилась целая группа новых противоопухолевых препаратов, активных при МРЛ, позволяет надеяться на дальнейшее усовершенствование терапевтических режимов и соответственно улучшение результатов лечения**

Современное стандартное
лечение больных раком
легкого в зависимости от
стадии заболевания

- Оккультный рак легкого (TхN0M0) – динамическое наблюдение
- Стадия 0 (TisN0M0):
 - ✓ резекция (сегментэктомия или клиновидная резекция) с максимальным сохранением легочной ткани
 - ✓ эндобронхиальная лучевая терапия (опухоли менее 1 см)

- Стадия IV (T1N0M0, T2N0M0):

- ✓ Лобэктомия

Альтернатива:

- ✓ радикальная лучевая терапия (не менее 60 Гр)

- ✓ эндобронхиальная лучевая терапия

- Стадия II A, B (T1N1M0, T2N1M0, T3N0M0):

- ✓ лобэктомия, пульмонэктомия

Альтернатива:

- ✓ радикальная лучевая терапия

- Стадия III A (T3N1M0, T1-3N2M0):
- ✓ неoadъювантная химиотерапия (с включением препаратов платины) + хирургическое лечение
- ✓ лучевая терапия + хирургическое лечение
- ✓ химиолучевая терапия + хирургическое лечение
- ✓ хирургическое лечение + лучевая терапия

Альтернатива:

- ✓ радикальная лучевая терапия
- ✓ химиолучевая терапия
- ✓ химиотерапия в самостоятельном варианте

- Стадия III В (Т-любая N3M0, T4N-любая M0):

В связи с возможной различной хирургической тактикой выделяют:

- ✓ T4a – прорастание трахеи, карины, верхней поллой вены, левого предсердия (потенциально резектабельные поражения)
- ✓ T4b – диффузное поражение средостения, поражение миокарда, прорастание позвонка, пищевода, злокачественный плевральный выпот (хирургия не показана)

- Стадия IV (Т любая N любая M1):
 - ✓ химиолучевая терапия
 - ✓ паллиативная полихимиотерапия
 - ✓ симптоматическое лечение

Прогноз при раке легкого

5-летняя выживаемость

I стадия – 65 %

II стадия – 40%

III A стадия – 19%

III B стадия – 5%

IV стадия – 2%

Скрининг РЛ

- РЛ диагностируется у большинства на поздних стадиях, лишь диагностика в I стадии позволяет 50-80% больных пережить 5 лет
- Ежегодная или 1 раз в 4 месяца рентгенография легких
- Спиральная компьютерная томография – выявляется от 0.44% до 2.7% РЛ, причем 74-78% в I стадии
- Изучается значение ПЭТ и флюоресцентной бронхоскопии

Профилактика рака легкого

- **Первичной, или гигиенической, профилактикой** является система медицинских и государственных мероприятий, направленных на прекращение или резкое уменьшение воздействия на организм веществ и факторов, признаваемых в настоящее время канцерогенными (борьба с загрязнением вдыхаемого воздуха, курением).
- **Вторичной, или клинической, профилактикой** называется специально организованная система выявления и лечения предопухолевых заболеваний (ежегодная флюорография, наблюдение и лечение у специалистов).

Профилактика рака легкого

- борьба с курением
- снижение содержания смол в сигаретах до установленных МАИР пределов
- борьба за чистоту атмосферного воздуха
- устранение или максимальное уменьшение влияния на производстве профессиональных вредностей
- оздоровление лиц с хроническими заболеваниями бронхов и легких
- рациональное питание с регулярным потреблением продуктов, богатых витамином А и каротиноидами
- проведение скрининга в группе повышенного риска по раку легкого с помощью крупнокадровой флюорографии

«В начале болезнь трудно
распознать, но легко излечить,
если же она запущена, то ее
легко распознать, но излечить
трудно.»

Н. Маккиавели, 1513г.

Резюме теории возникновения рака

- Ген-супрессор (при мутации – потеря контроля) ↓
- Протоонкоген (постоянно мутирует, что обеспечивает адаптацию)

Размножение опухолевых клеток

↓
Неоангиогенез и метастазирование

↓
Иммунологический паралич

↓ ↓ ↓
Организм гибнет Организм выживает, при
наличии помощи (лечения)

Оперативное Лучевое Химиотерапия



- Таким образом, рак – это полиэтиологическое заболевание, где многочисленные факторы внешней среды накладываются на генетически детерминированную предрасположенность, в результате чего возникают злокачественные новообразования.
- Современные эпидемиологи утверждают, что до 90 % опухолей вызывается внешними причинами:
 1. На 1 больного раком пищевода в Нигерии приходится 300 больных в Иране
 2. На 1 больного раком полового члена в Израиле приходится 300 больных в Уганде
 3. На 1 больного раком кожи индуса приходится 200 больных в Австралии

Первичная профилактика рака

- **Рекомендации по питанию: (35 %)**
 - ✓ Потребление свежих овощей, фруктов и грубоволокнистой клетчатки
 - ✓ Ограничение потребления соли и консервантов
 - ✓ Ограничение алкоголя
 - ✓ Избегать пищевых добавок
 - ✓ Рациональный пищевой рацион для сохранения нормальной массы тела
 - ✓ Ограничение жиров до 30% от общей энергетической ценности пищи

Первичная профилактика рака

- Отказ от курения (30 %)
- Профилактика и лечение хронических воспалительных, инфекционных, вирусных и паразитарных заболеваний
- Ограничение контакта с канцерогенами (в т. ч. контроль профессиональных факторов)
- Нормализация репродуктивной функции
- Ограничение инсоляции
- Ограничение ионизирующего излучения

Вторичная профилактика рака

Диагностика и лечение предраковых заболеваний,
а также ранняя диагностика рака

Действующие в мире программы скрининга:

1. Прямая кишка – геомукультест
2. Желудок (Япония) – флюорография
3. Легкие – флюорография
4. Молочная железа – самообследование (по данным ВОЗ может уменьшить смертность на 20 %), маммография (в 4 раза информативнее, чем пальпация, выявляет опухоли до 3-4 мм)

Скрининг

Скрининг – выявление опухолей среди практически здорового населения («просеивание»). Перспективное, но дорогое, требующее значительных денежных затрат, именно поэтому зачастую недоступные большинству государств.

Общие требования к скринингу опухолей любых локализаций:

- Недорогой
- Безопасный
- Легко проводимый
- Приемлемый для испытуемых и испытателей
- Высокочувствительный (мало ложноотрицательных ответов)
- Специфичный (мало ложноположительных ответов)

- Скрининг за счет диагностики предрака и последующего лечения его потенциально может уменьшить заболеваемость (и запущенность, конечно). А снижение заболеваемости приводит к уменьшению смертности.
- Скрининг проводится:
 - У групп повышенного риска
 - У формально здоровых

Таргетная терапия

В результате достижения молекулярной онкологии, вошедшей в 21 век с достаточно четкими представлениями о патогенезе опухоли, возникла и активно развивается весьма перспективная, так называемая таргетная терапия опухолей. Ранее существовавший эмпирический подход (чаще случайный подбор лекарств) замещается научно-обоснованным, молекулярно-направленным поиском специфических противораковых средств, направленных на активацию или инактивацию биохимических компонентов опухолевой трансформации. Это таргетные препараты. Их действие направлено на:

- Угнетение ферментов, участвующих в синтезе РНК и ДНК
- Пути передачи и механизмы трансдукции сигналов
- Ангиогенез
- Экспрессия генов
- Апоптоз

Таргетные препараты в комбинации с химиотерапией дают объективный положительный эффект, а поиск новых средств внушает большой оптимизм. Известно уже множество подобных препаратов, действующих на различные звенья патогенеза. Это уже активно применяемые герцептин, мабтера, гливек, алипта, иресса, моноклональные антитела – авастин, сутент.

Фотодинамическая терапия

- ФДТ – многообещающая методика лечения злокачественных и других новообразований. Суть ее состоит в том, что в организм вводится фотосенсибилизатор (ФС) с последующим облучением ткани светом в видимом спектральном диапазоне (400-700 нм). При этом происходит возбуждение молекул ФС и молекулярных энергетических переносов, что приводит к высвобождению синглетного кислорода и других высокореактивных цитотоксических веществ, вызывающих гибель клетки. Обычно ФС захватываются злокачественными или диспластическими клетками. При сочетании этих условий (тропности ФС к злокачественной ткани и селективной доставке света к опухоли) обеспечивается эффективность противоопухолевой терапии с минимальным повреждением здоровых тканей