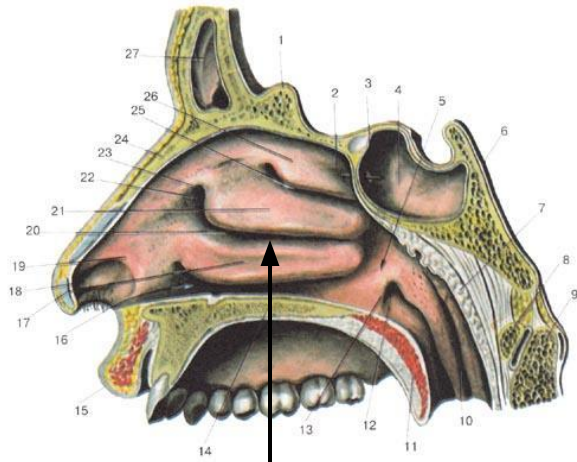




# Старение дыхательной системы

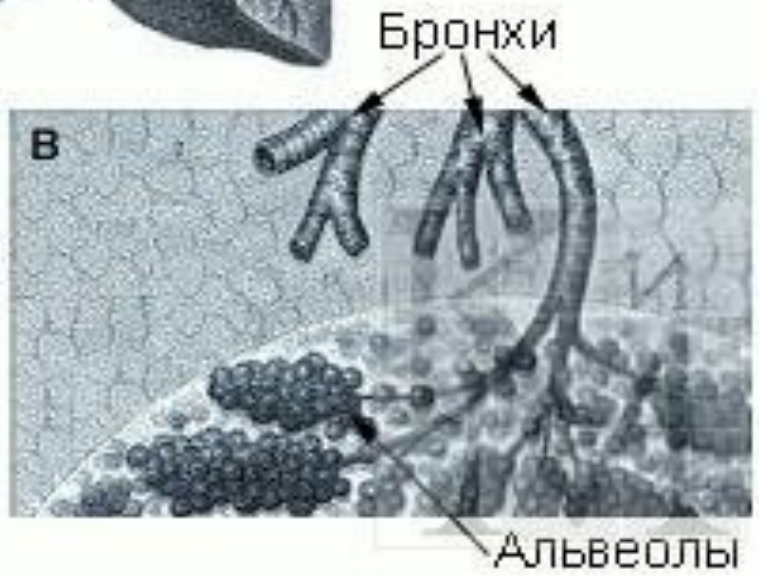
- В комплексе исследований, проводимых с целью познания механизмов старения, важное место занимает изучение возрастных особенностей системы внешнего дыхания. Актуальность этой проблемы определяется, прежде всего, существенной ролью **гипоксии** в происхождении возрастных изменений ряда органов и систем при старении.
- В настоящее время установлено, что дыхательный аппарат при старении претерпевает значительные изменения, затрагивающие все его звенья – грудную клетку, дыхательную мускулатуру, бронхиальное дерево, легочную ткань, сосудистую систему малого круга кровообращения.



Носовая полость



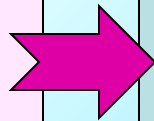
Ацинус



# I. Структурные изменения аппарата внешнего дыхания

## 1. Старческие изменения **верхних дыхательных путей** разнообразны.

Атрофия оболочки и слизистых желез носа (с расширением его придаточных пазух), глотки, гортани, трахеи



Увеличение вязкости выделяемого секрета, некоторая сухость поверхности; падение активности мерцательного эпителия, нередко он замещается плоским.



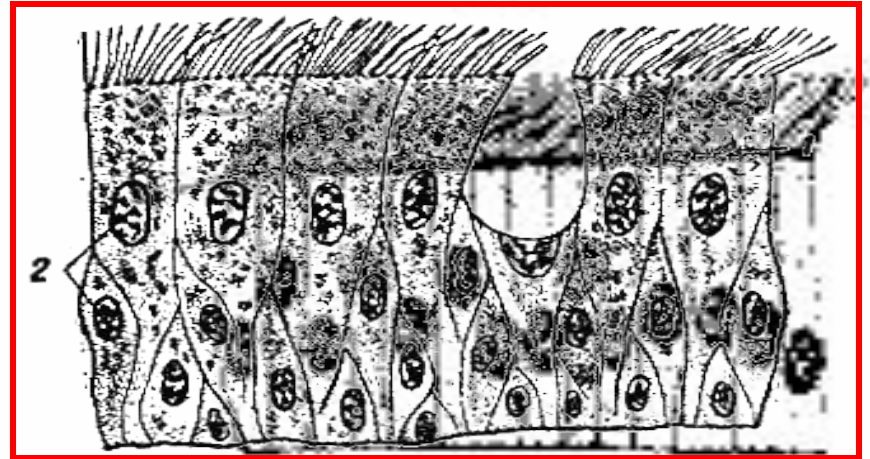
А



Б



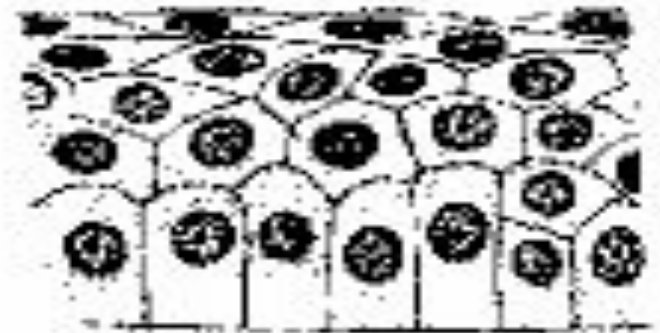
В



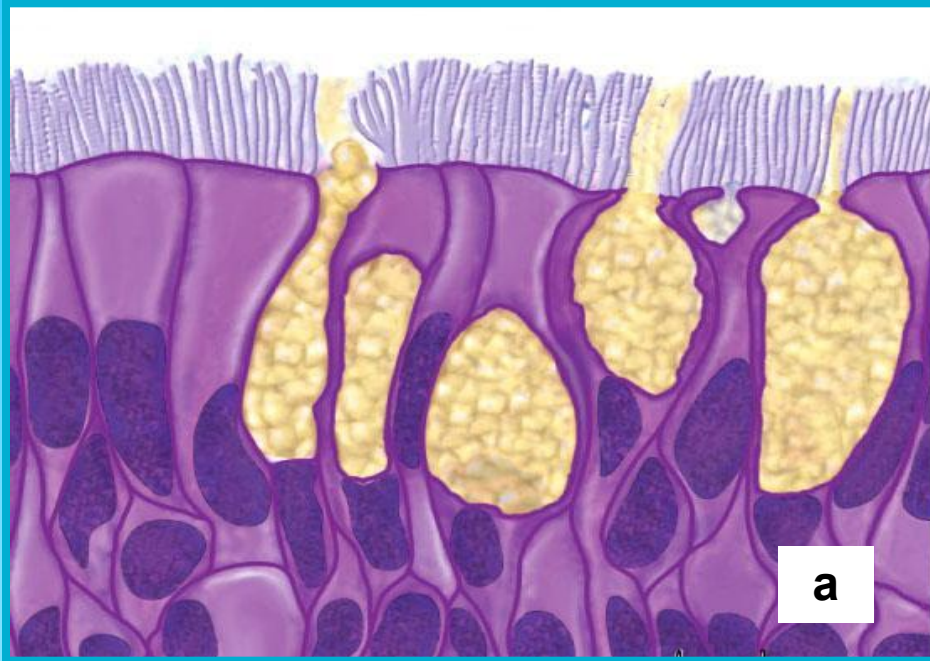
Мерцательный эпителий Г



Д

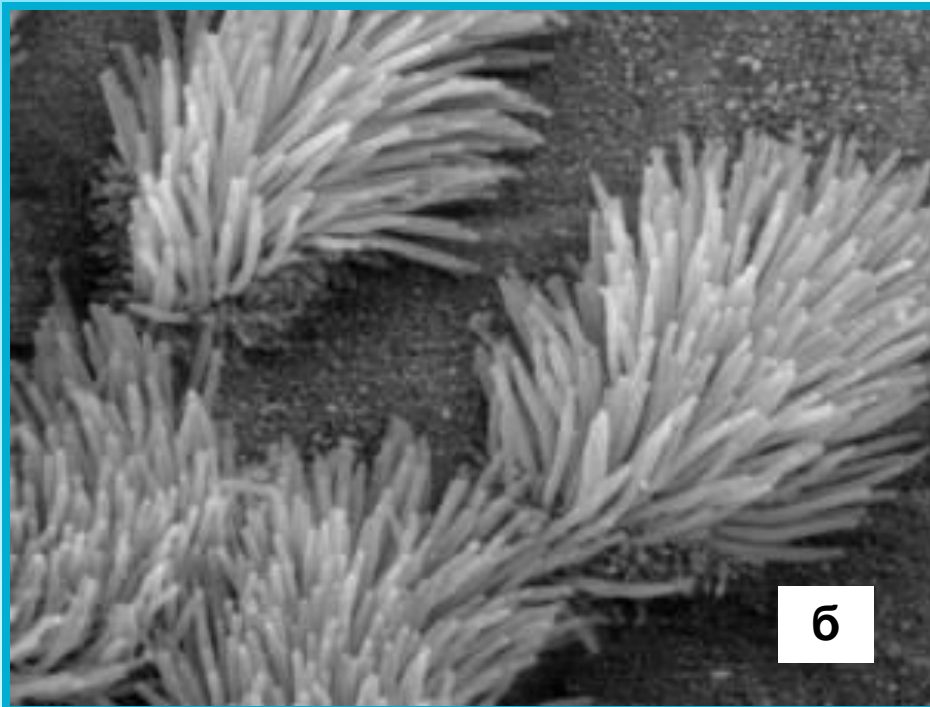


Е



а – мерцательный эпителий дыхательных путей

б – ворсинки мерцательного эпителия



Вся слизистая оболочка дыхательных путей от носовой полости до легких покрыта мерцательным эпителием. Каждая ресничка мерцательного эпителия колеблется **40 тысяч раз в час**, способствуя очищению воздухоносных путей.

**Мерцательный эпителий**



**Плоский эпителий**

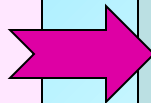


**Атрофия мерцательного эпителия**



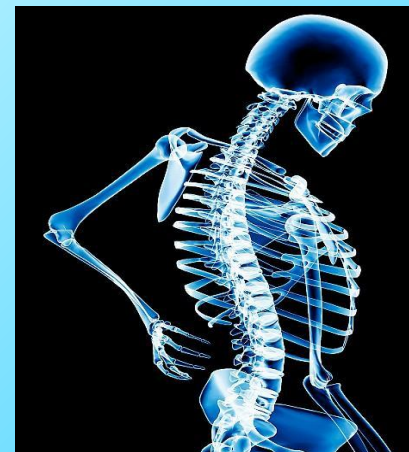
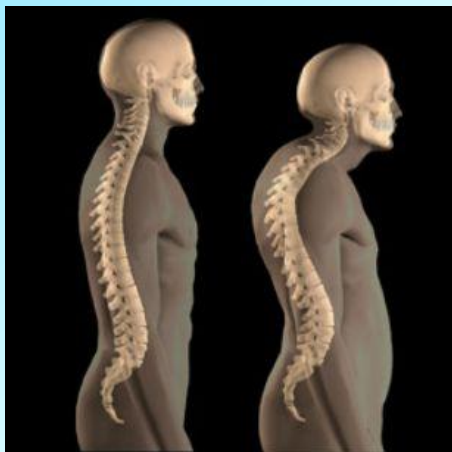
**Плоский многослойный  
эпителий**

Атрофические изменения мышц гортани ,  
окостенение хрящей  
гортани



истончение голосовых  
связок, и специфичес-  
кие изменения голоса  
старых людей

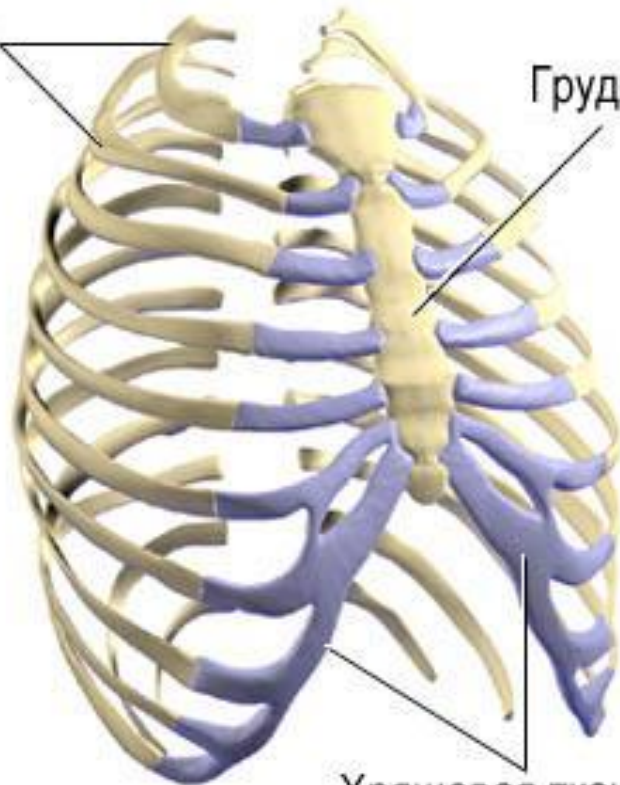
При анализе тех изменений дыхательной системы, которые возникают при старении организма, первое, что привлекает внимание, - это сгорбленная спина и деформация грудной клетки.





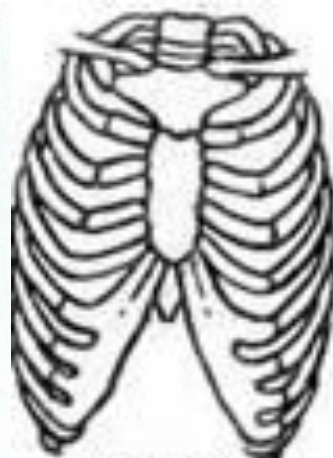
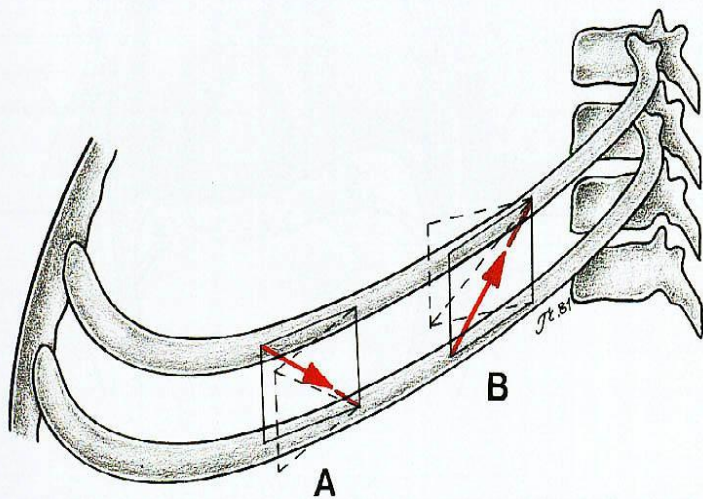
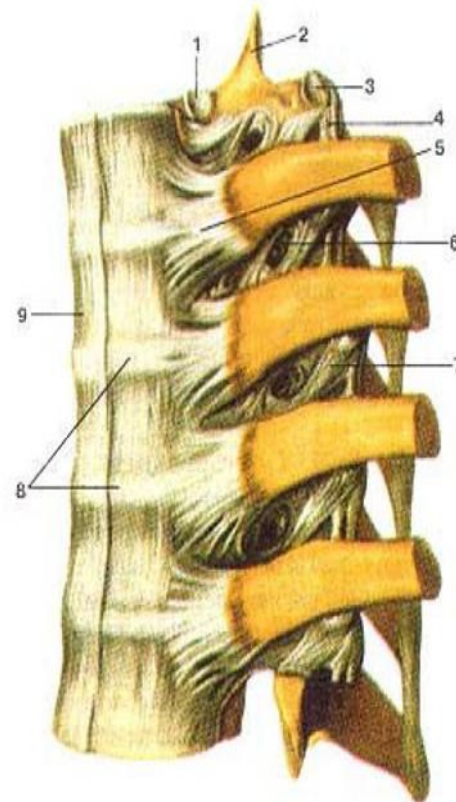


Рёбра



Грудина

Хрящевая ткань



ВЫДОХ



ВДОХ

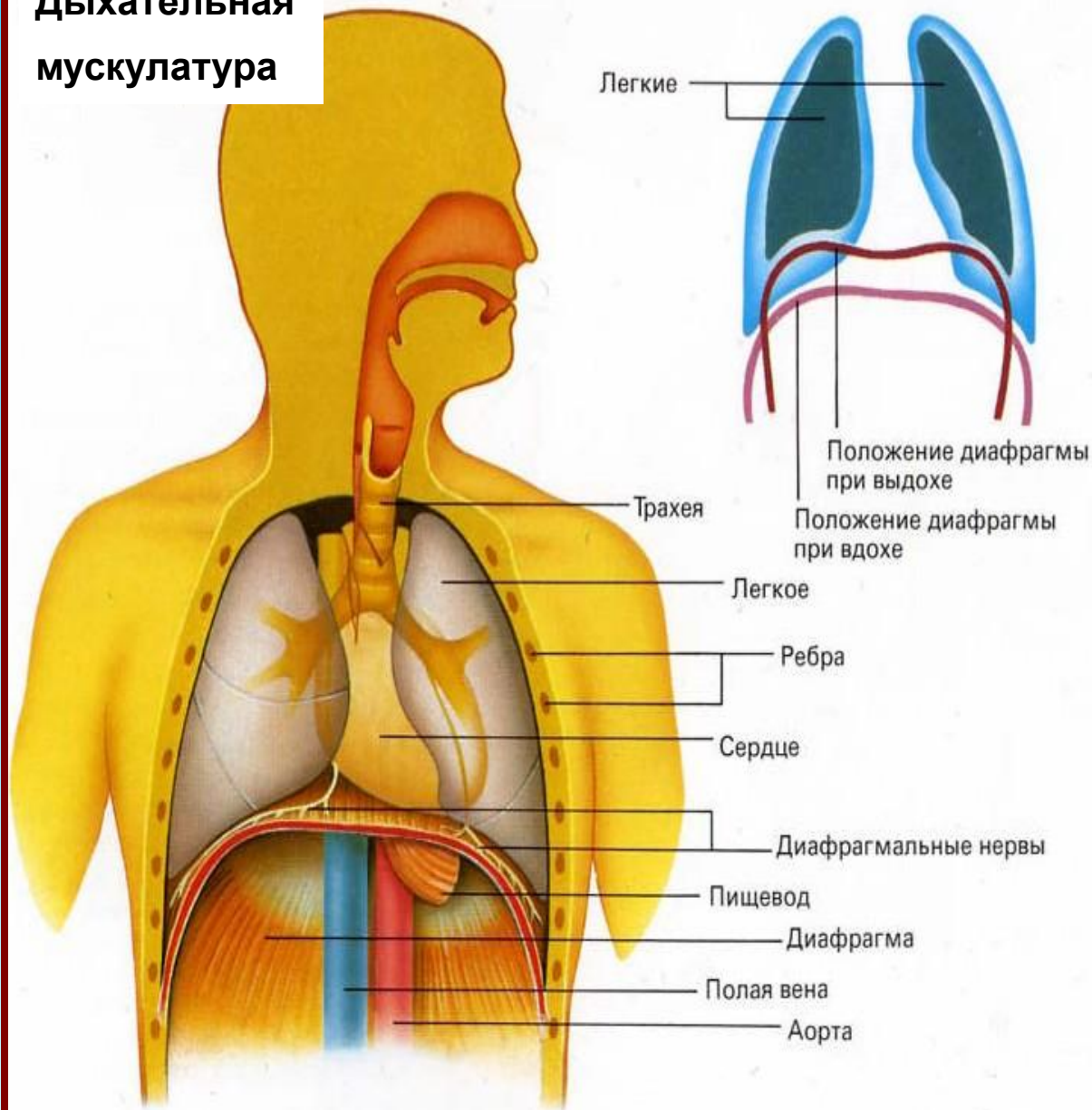
## 2. Старческие изменения скелета **грудной клетки** заключаются в:

- а) **обызвествлении** (кальцификация и окостенение) реберных **хрящей** – что ведет к потере их эластичности и снижает подвижность позвоночно-реберных сочленений;
- б) **нарушении подвижности** в реберно-позвоночных **суставах** происходит также из-за деструктивных изменений в самих суставах (изменения синовиальной оболочки, капсулы, опорной ткани суставов);
- в) **остеопорозе** ребер и позвоночника;
- г) **остеохондрозе** грудного отдела позвоночника и деформирующем спондилезе, представляющем собой сочетание уплощения межпозвоночных дисков из-за их дегенеративных изменений, окостенения передней, продольной связки позвоночника. В совокупности с атонией и атрофией длинных мышц спины это приводит к развитию **старческого кифоза**.

Все эти процессы обуславливают общий характер изменения *грудной клетки*, которая

- во-первых – *деформируется* – укорачивается, уплощается с боков, приобретает бочкообразную форму,
- а во-вторых, *теряет свою подвижность* – грудная клетка старого человека уже не способна увеличивать свой объем в такой степени, как это имеет место в молодом возрасте. При фор-сированном выдохе и вдохе разница периметров грудной клетки, подвижность нижних краев легких и экскурсия грудной клетки уменьшаются.

# Дыхательная мускулатура



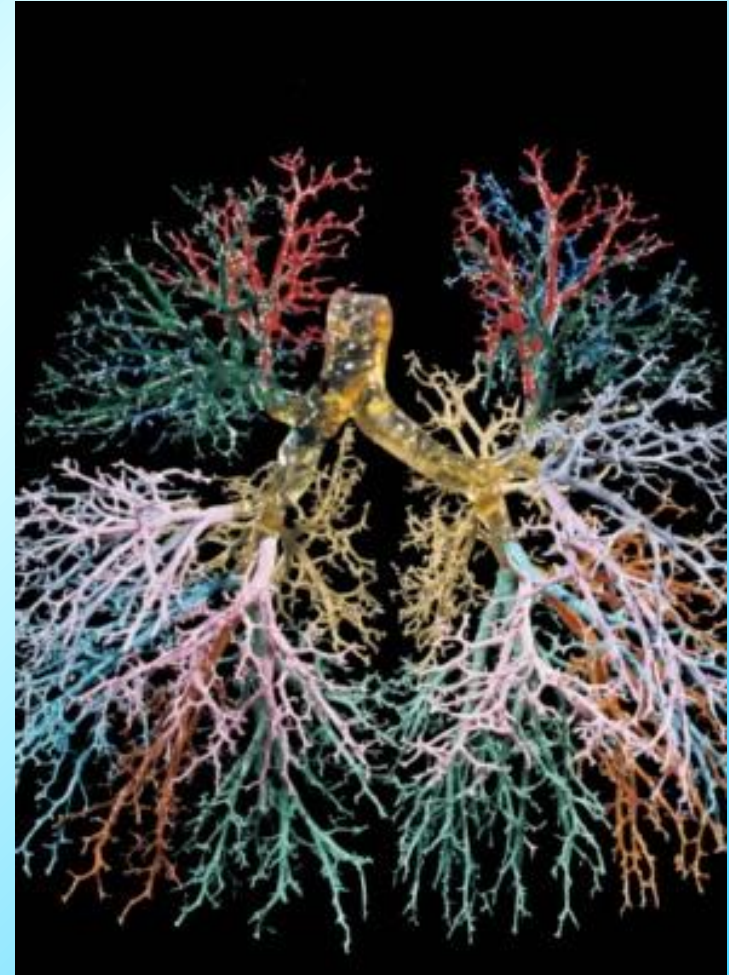
3. Заметные изменения происходят в **мышцах грудной клетки**, особенно принимающих непосредственное участие в акте дыхания – межреберных и диафрагме.

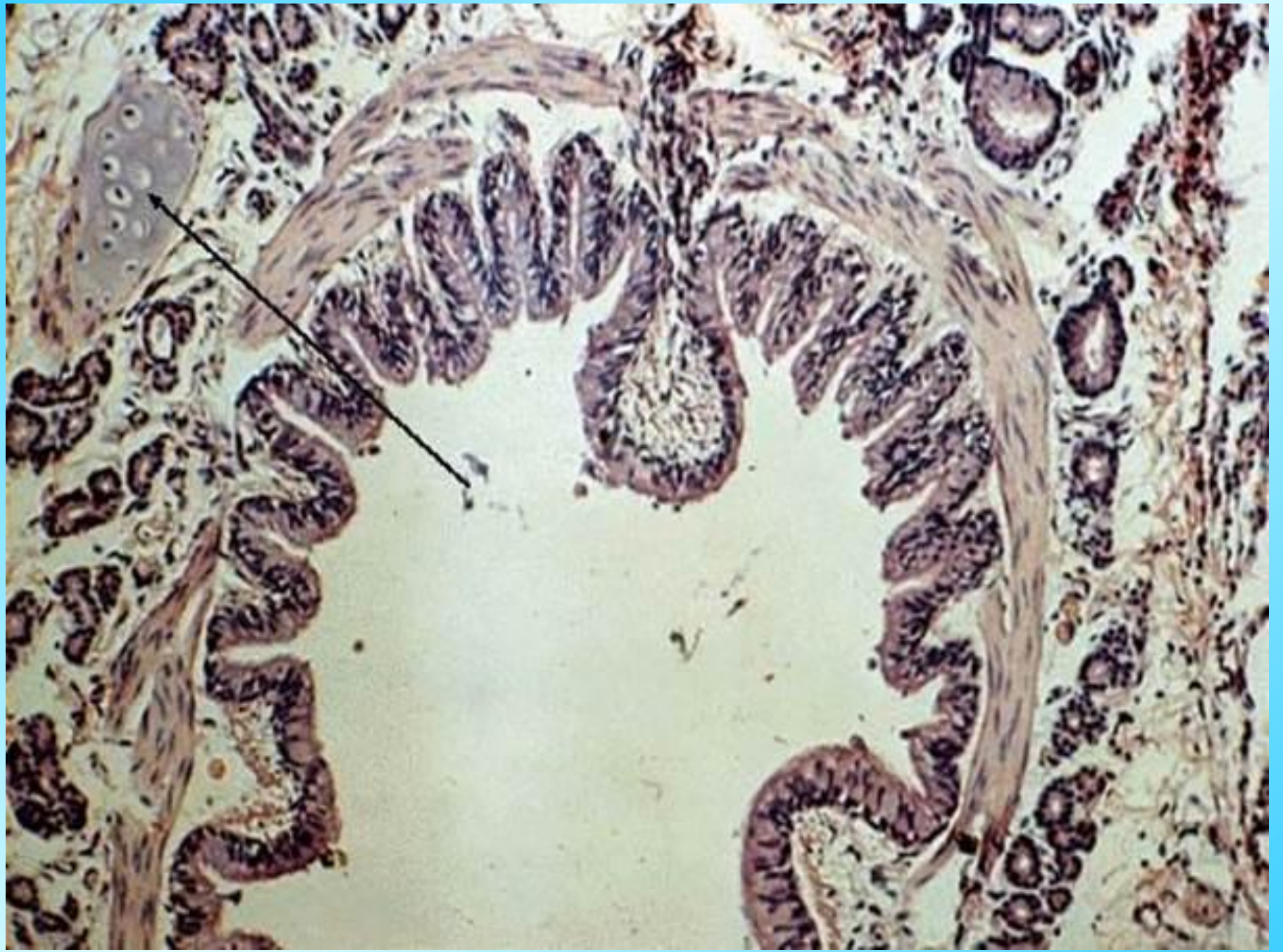
Теряется поперечная исчерченность миофибрилл, происходит их обезвоживание и гомогенизация сократительного аппарата мышц, перерождение мышечных волокон. Между мышечными волокнами появляются жирные отложения, разрастается соединительная ткань.

Большое значение имеет атрофия диафрагмы. Дегенеративно-дистрофические процессы в дыхательной мускулатуре также *ограничивают подвижность грудной клетки, ослабляя дыхательные движения.*

#### 4. Закономерным изменениям подвергается и **бронхиальное дерево**.

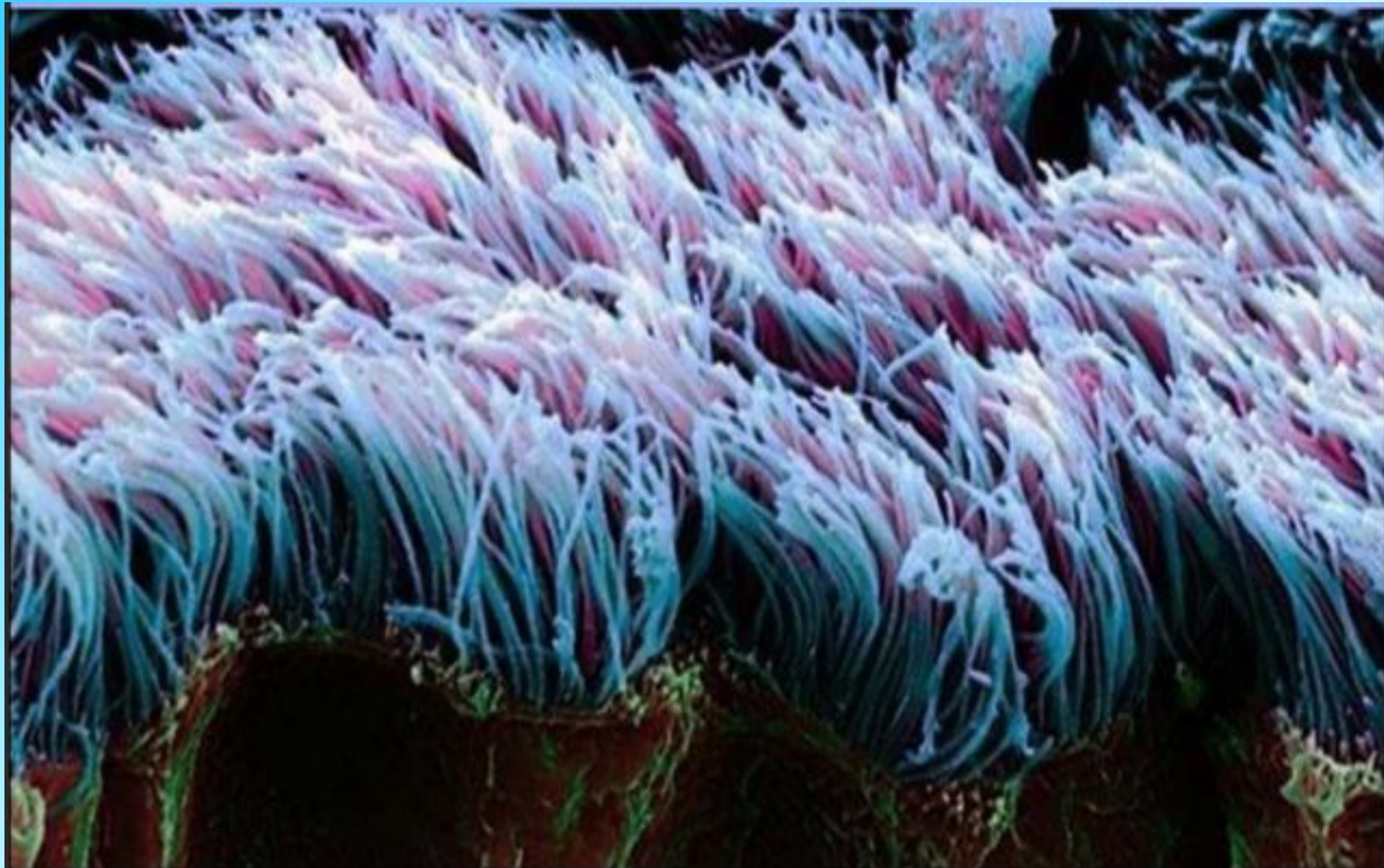
- а) Происходит уплощение цилиндрического эпителия бронхов,
- б) бронхиальная мускулатура атрофируется.
- в) В хрящевых пластинках бронхов появляются участки окостенения,
- г) снижается количество эластических волокон – все это ведет к снижению эластичности бронхиальной стенки.





- a)** Вследствие атрофии бронхиального эпителия, желез, ослабления перистальтики бронхов, снижения кашлевого рефлекса *нарушается дренажная функция бронхов*. В просвете бронхов появляются слизь, слущенный эпителий.
- В результате бронхиальное содержимое в нормальных условиях у пожилых и престарелых выделяется в недостаточном количестве, что
    - 1) снижает бронхиальную проводимость,
    - 2) увеличивает объем функционально закрытых воздухоносных путей при старении (обычное давление атмосферы не может преодолеть препятствий для тока воздуха через бронхиальное дерево, закрытое вязкой слизью),
    - 3) предрасполагает к развитию патологических процессов.

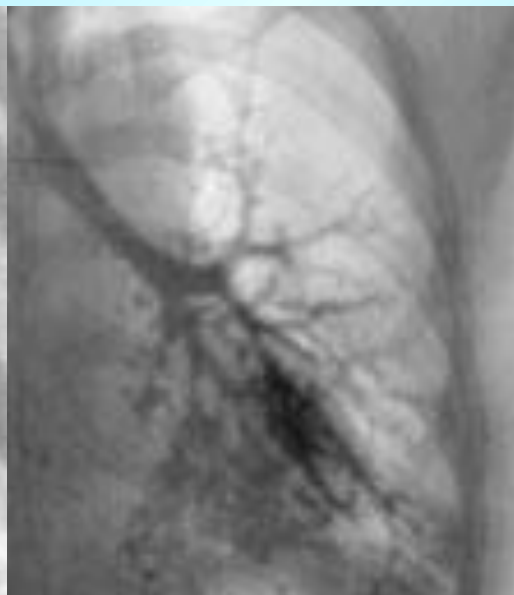




Мерцательный эпителий бронхов

б) Деформация бронхиальных стенок заключается в том, что, в одних местах бронхиальные стенки атрофируются – в результате здесь просвет бронхов расширяется. В других местах стенки бронхов утолщаются за счет инфильтрации лимфоидными элементами, и склеротизируются – в этих местах просвет бронхов сужается;

Разрастание грубоволокнистой ткани вокруг бронхов, частичная атрофия и склеротические процессы в бронхиальной стенке приводят к образованию *четкообразных вздутий*, выпячиванию стенок бронхов и неравномерной их деформации.

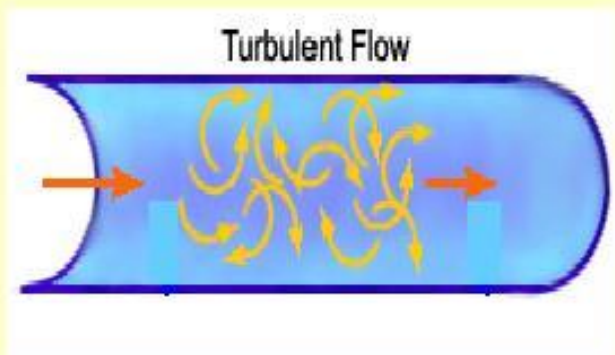
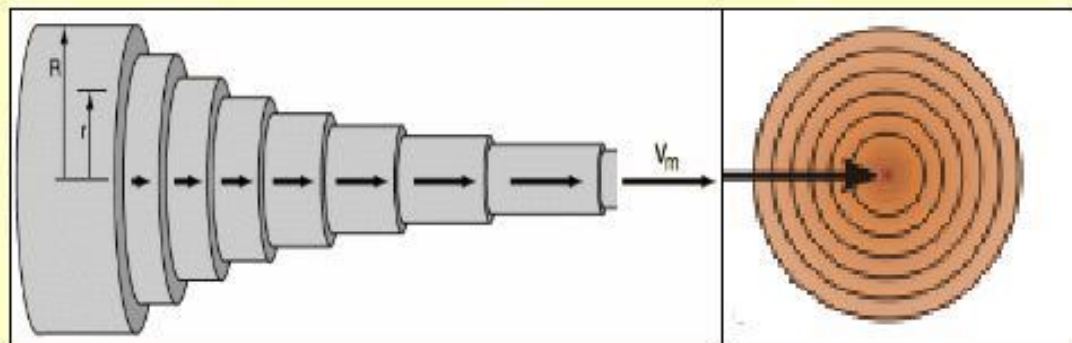
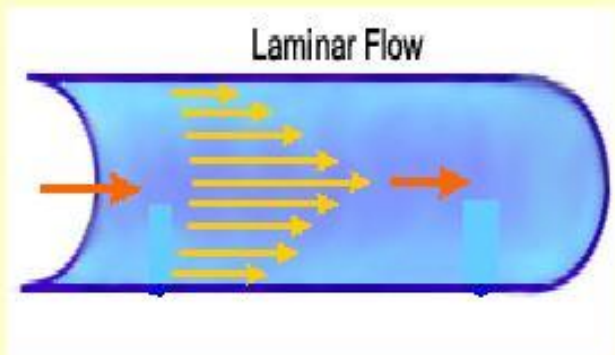


**Деформация  
bronхов**

- Это существенно нарушает проходимость бронхов и увеличивает их аэродинамическое сопротивление току воздуха, т. е. трение между воздухом и дыхательными путями возрастает.
- Аэродинамическое сопротивление определяется тем, каким образом движется воздушный поток — *ламинарно* или *турбулентно*, с какой скоростью он движется, а также калибром дыхательных путей.
- Когда дыхание становится турбулентным, когда возрастает скорость воздушных потоков и уменьшается просвет бронхов (например, при бронхиальной астме), аэродинамическое сопротивление току воздуха увеличивается, увеличивается общее сопротивление, которое необходимо преодолевать дыхательной мускулатуре.

# ЛАМИНАРНОЕ И ТУРБУЛЕНТНОЕ ТЕЧЕНИЯ

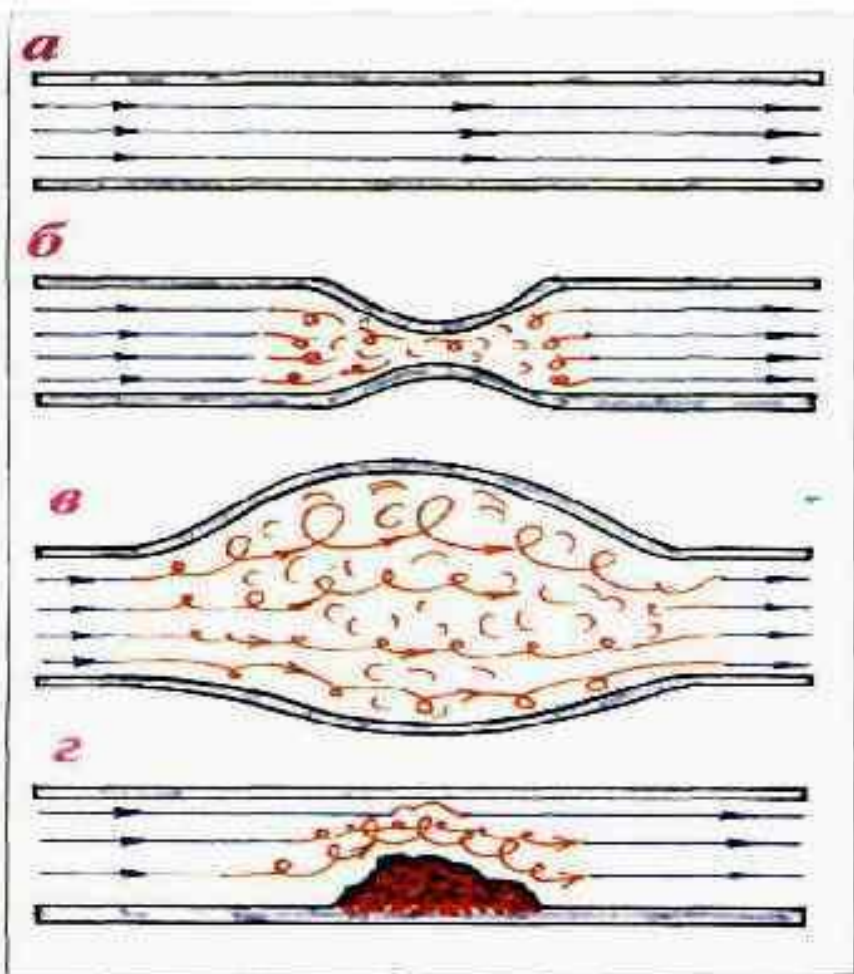
**Ламинарное течение** - это послойное течение жидкости, при котором все молекулы жидкости движутся параллельно оси трубы, а те из них, которые находятся на одинаковом расстоянии от осевого центра трубы, имеют равные скорости.



На турбулентное течение расходуется больше энергии.

**Турбулентное течение** - это течение жидкости «с завихрениями», для которого характерно наличие нормальной (перпендикулярной направлению течения жидкости) составляющей скорости движения молекул. Его траектория представляет собой сложную кривую линию.

# Механизм возникновения турбулентных потоков



А - ламинарное движение крови в норме;

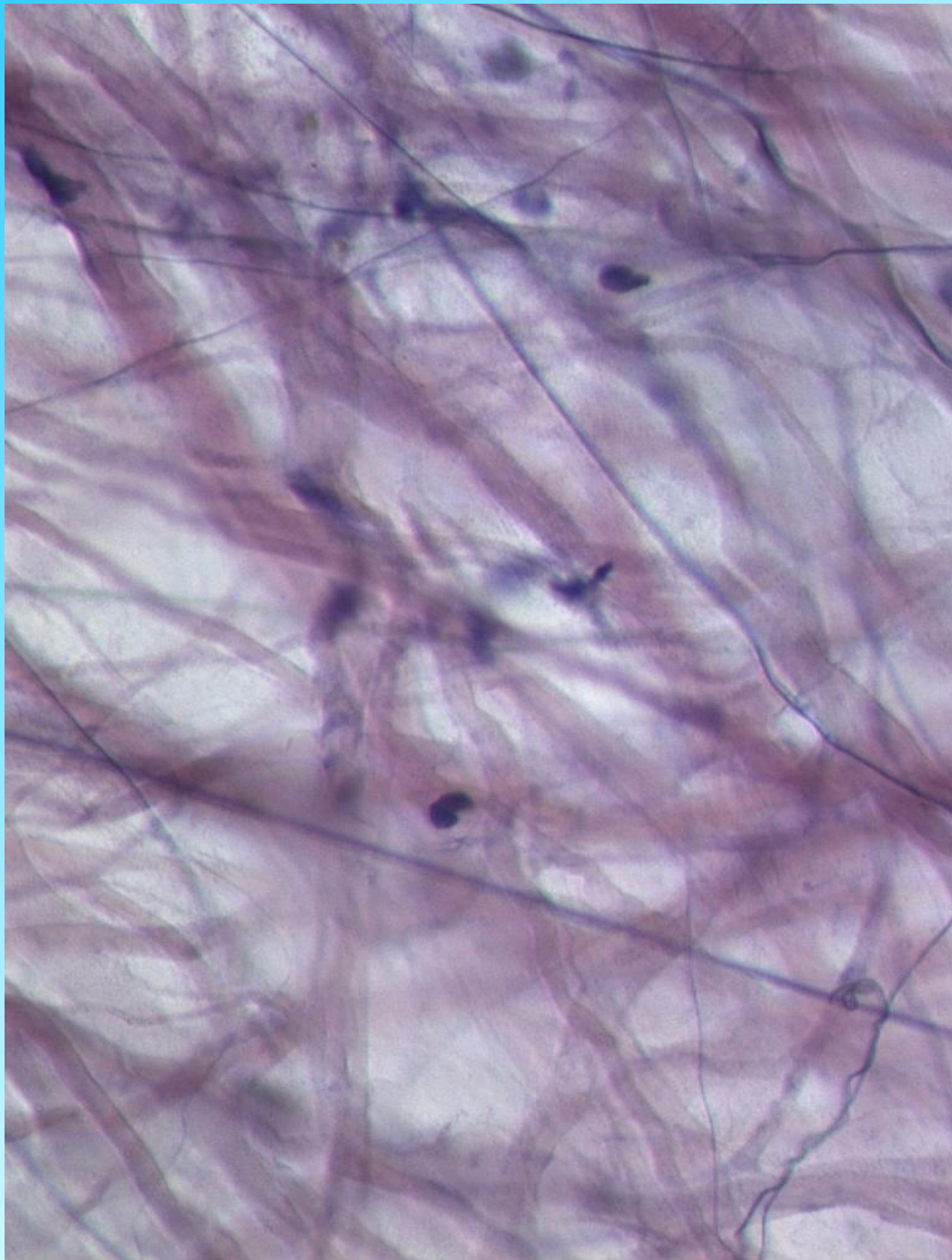
Б-турбулентный ток крови при сужении сосуда;

В- турбулентный ток крови при расширении сосуда

Г- турбулентный ток крови при появлении другой преграды на пути кровотока.

**5.** Изменяются в старости и сами **легкие**.

В **соединительно-тканном остове** легких происходит дегидратация (обезвоживание) с уменьшением основного вещества. Отчетливо изменяются физико-химические свойства коллагеновых волокон, в частности увеличиваются поперечные связи между ними, волокна грубеют – в результате старческое **легкое становится более ригидным**. Изменение свойств эластических волокон заключается в образовании между ними поперечных связей, потере ими упругости, отложении в них солей кальция, разрушении их, что приводит к отчетливому **снижению эластичности легких в старости**.



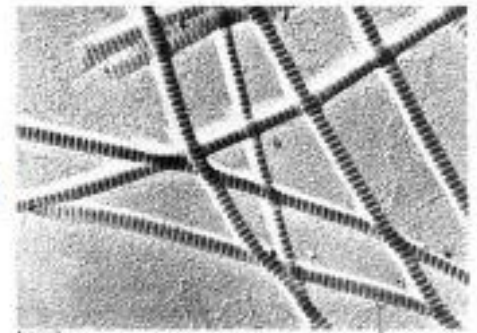
# Collagen



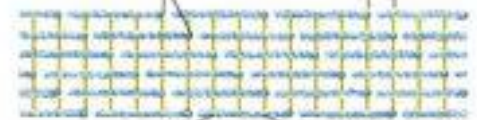
(a)



(c)



250 nm  
Hends of collagen molecules  
Cross-striations 640 Å (64 nm)

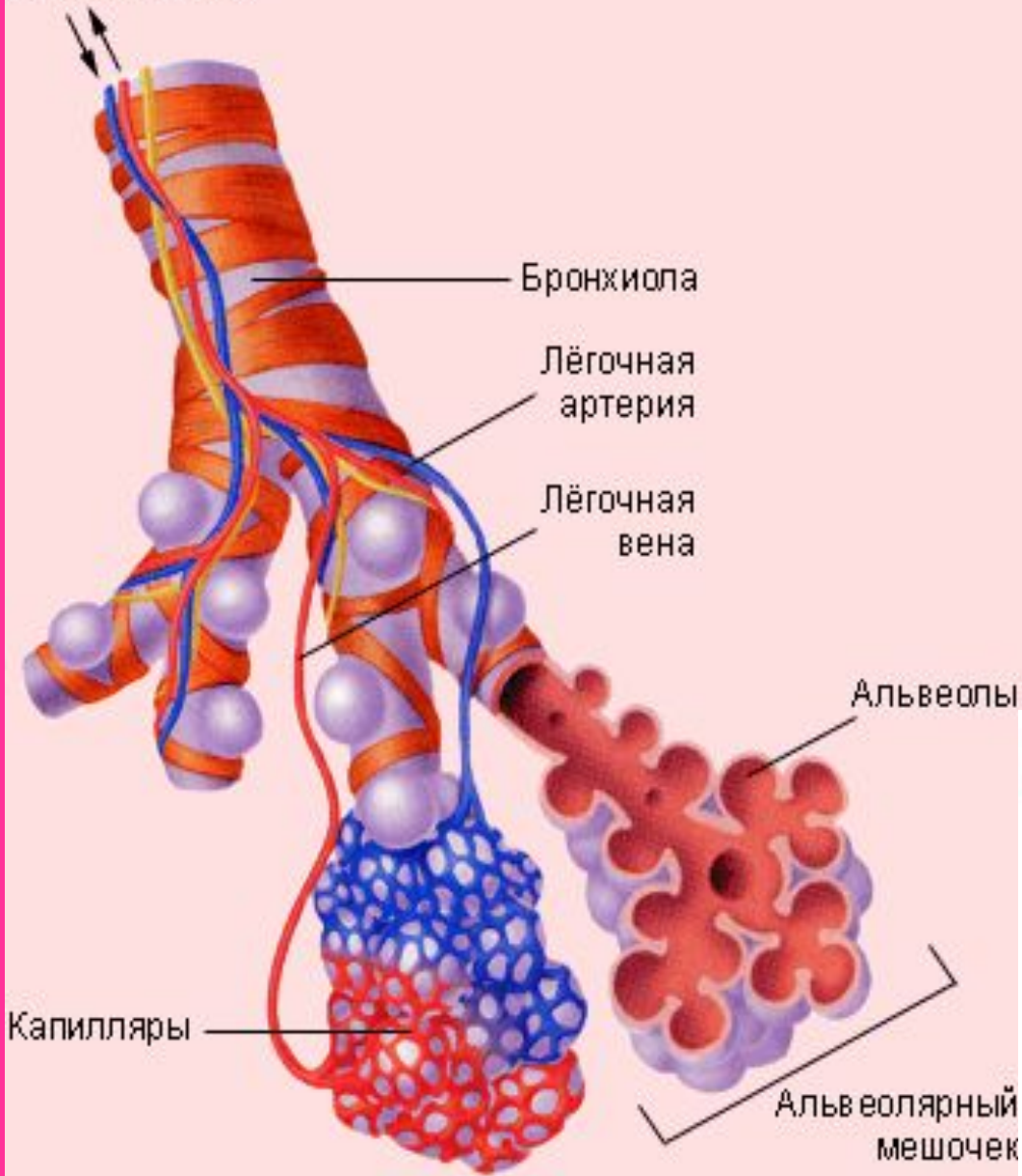


Section of collagen molecule

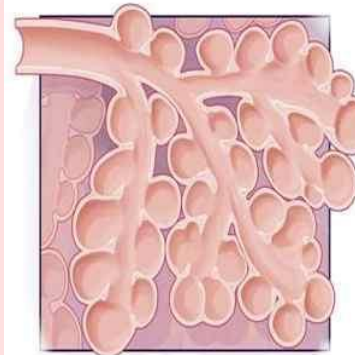


Изменения в **бронхиолах, альвеолярных ходах и альвеолах** сводятся к уплощению и растяжению альвеолярных ходов и альвеол, к сглаживанию фестончатых структур; на месте межалвеолярных перегородок остаются лишь "шпоры". В результате происходит превращение альвеолярных ходов с группой альвеол как бы в одну большую "альвеолу" со шпорами по стенкам, что ведет к значительному уменьшению площади газообмена. Развиваются **эмфизематозные** старческие **изменения**. Стенки альвеол утолщаются в связи с прорастанием межалвеолярных перегородок коллагеновыми волокнами, что также **ухудшает условия для газообмена**.

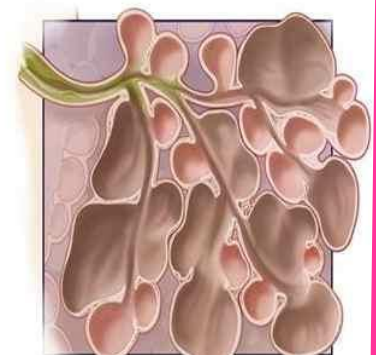
Течение крови



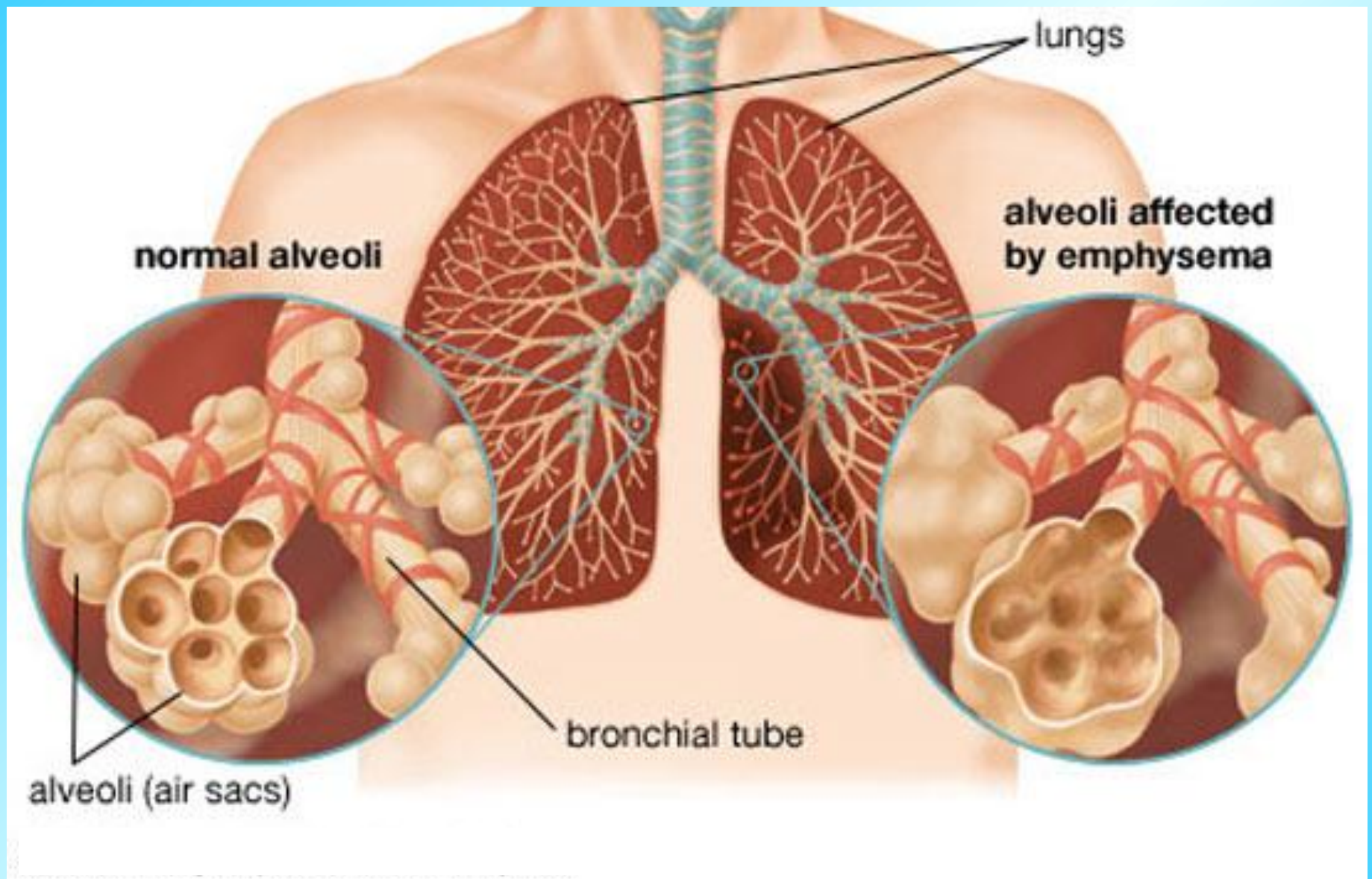
Normal bronchiole and alveoli



Healthy

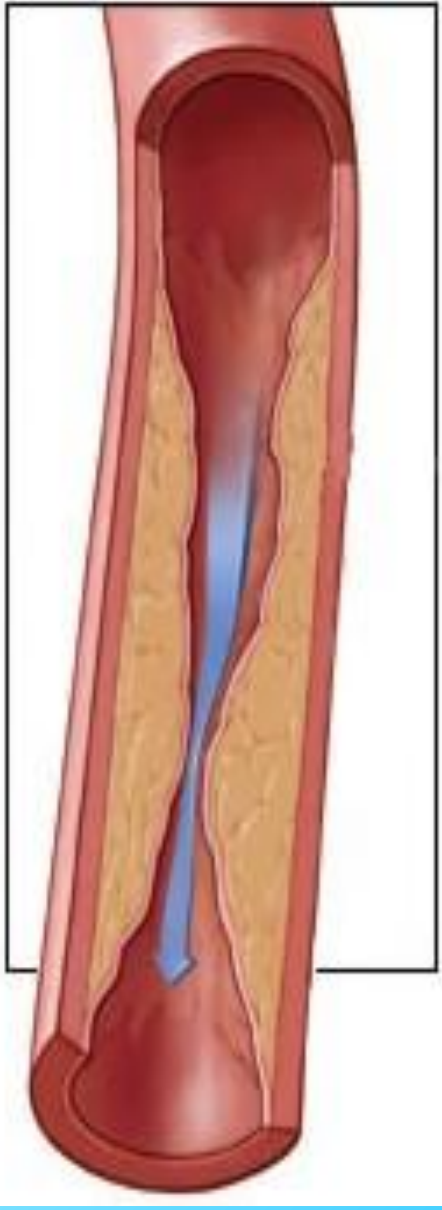
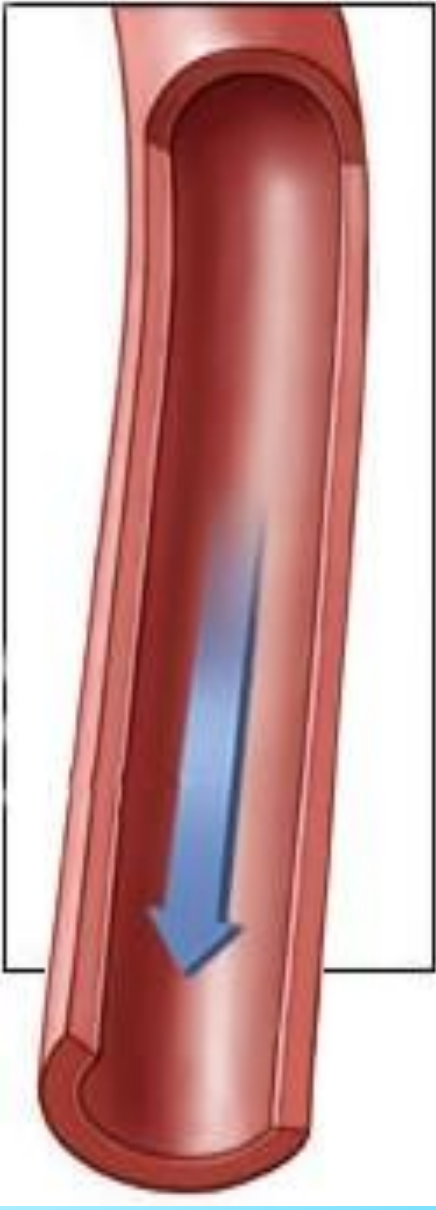
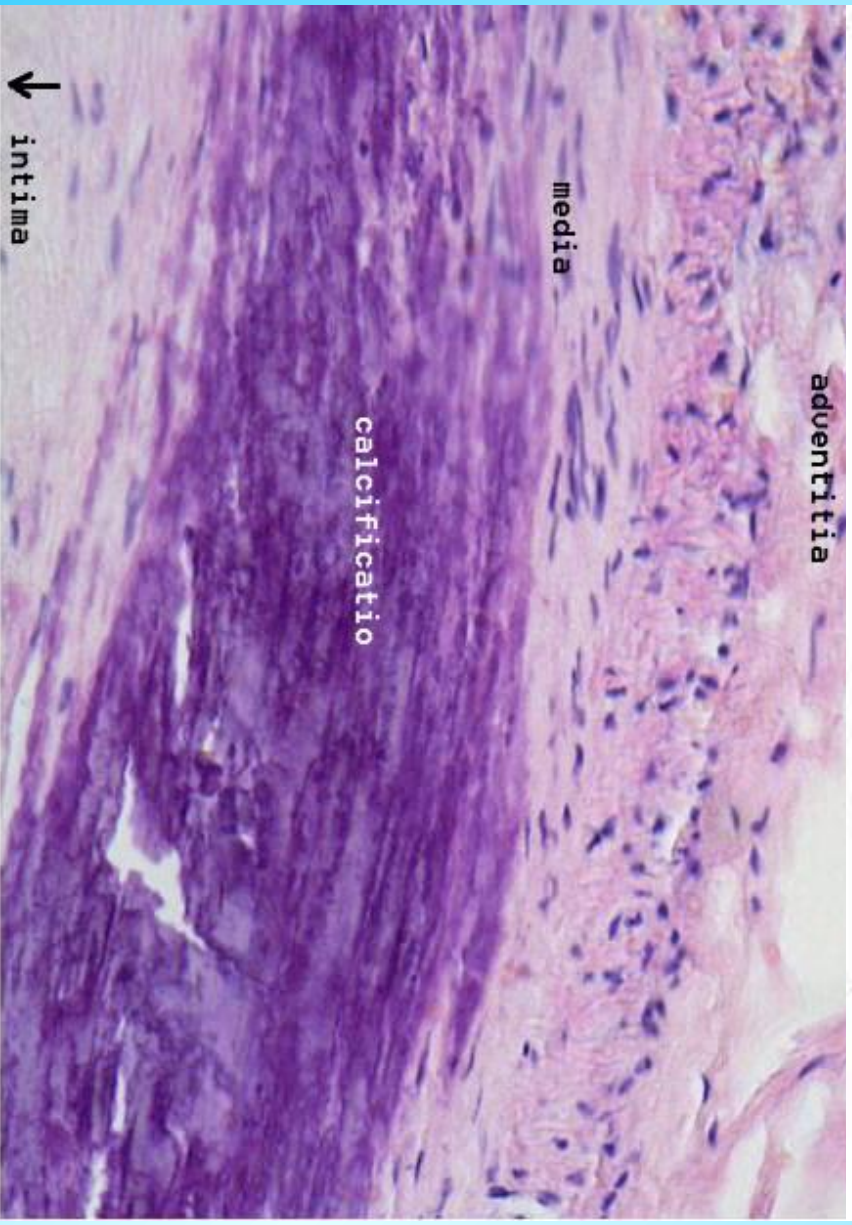


Emphysema

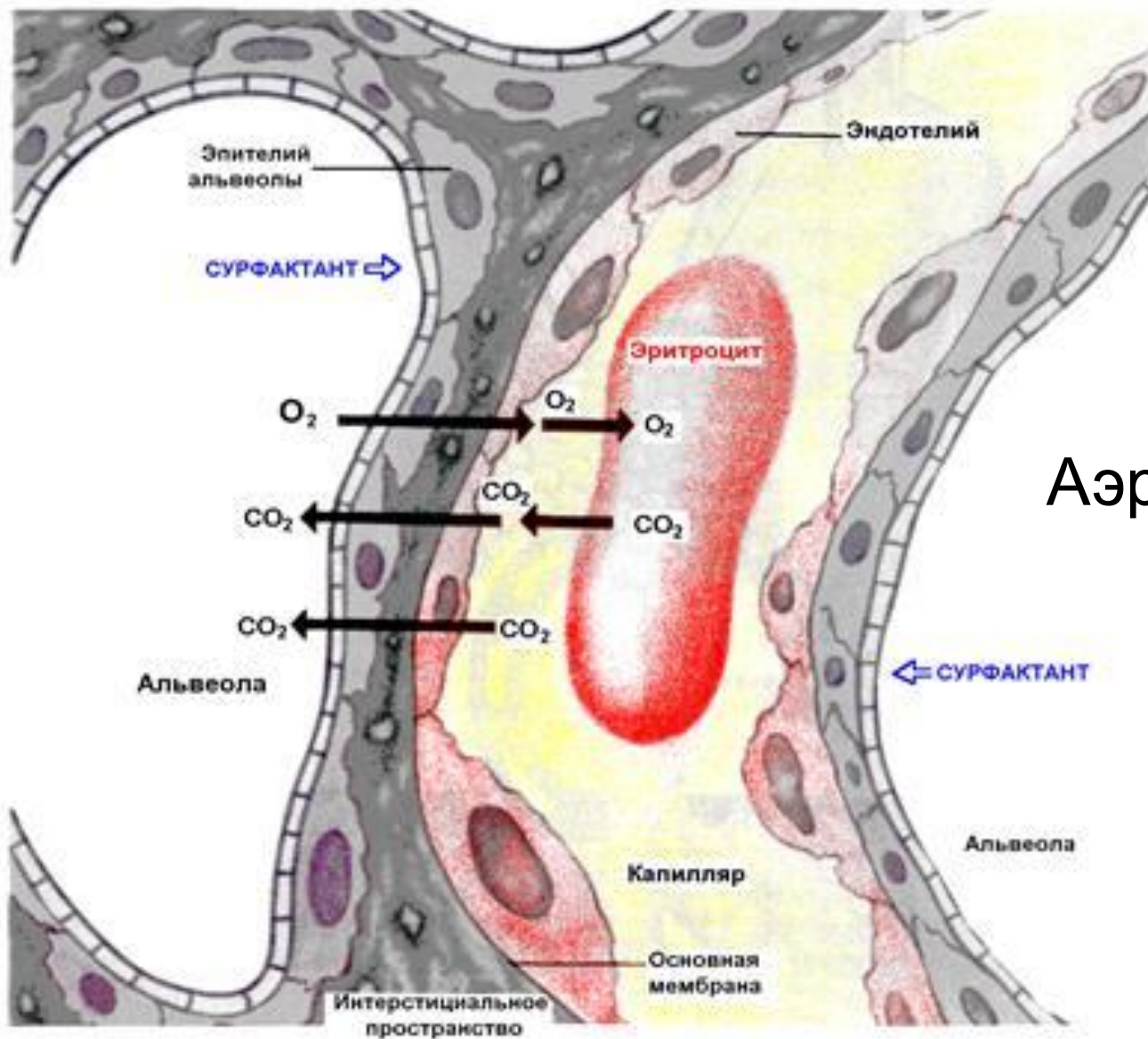


**6.** Возрастные изменения претерпевают и **сосуды малого круга кровообращения.**

В **легочных артериях** развивается **фиброз**, выражающийся в увеличении количества коллагена и уменьшении эластической ткани (в артериолах и венулах фиброз наблюдается у всех людей после 60 лет), а также **кальциноз** (отложение солей Ca). Это приводит к уменьшению их просвета и снижению растяжимости.



- Отчетливым возрастным изменениям подвергается **капиллярная сеть**. На внутренней поверхности капилляров откладываются жироподобные зернышки, просвет капилляров неравномерно изменяется, они становятся ригидными, ломкими, вялыми. Нарушается проницаемость капилляров, замедляется кровоток в них, уменьшается количество функционирующих капилляров.



## Аэрогематический барьер

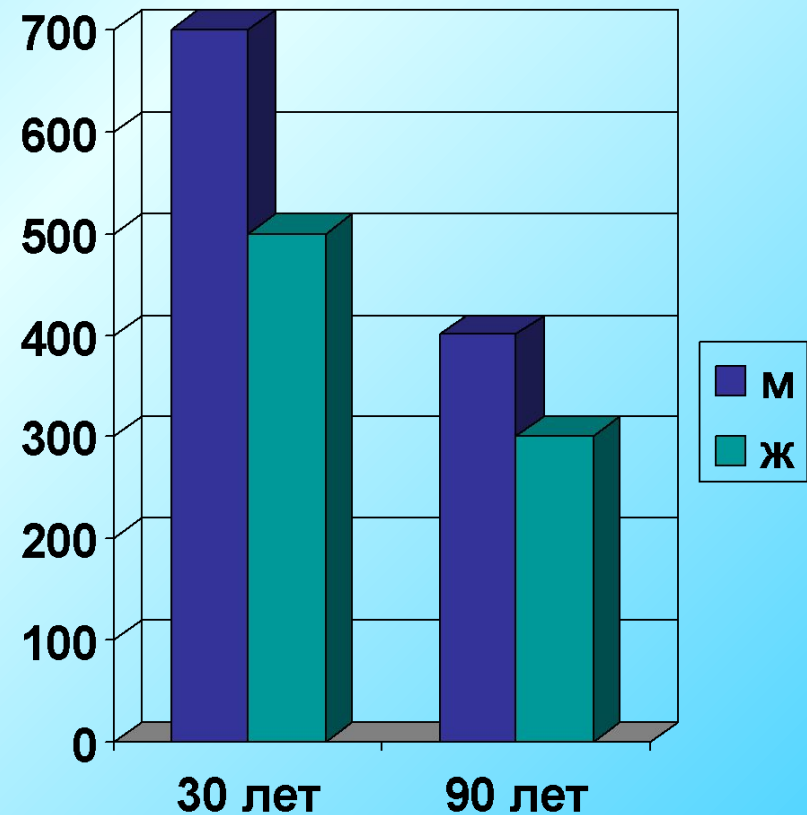
- Описанные изменения сосудистой системы наряду с возрастным снижением сердечного выброса приводят к тому, что с возрастом уменьшается кровенаполнение сосудов малого круга кровообращения, что существенно снижает эффективность газообмена в легких.



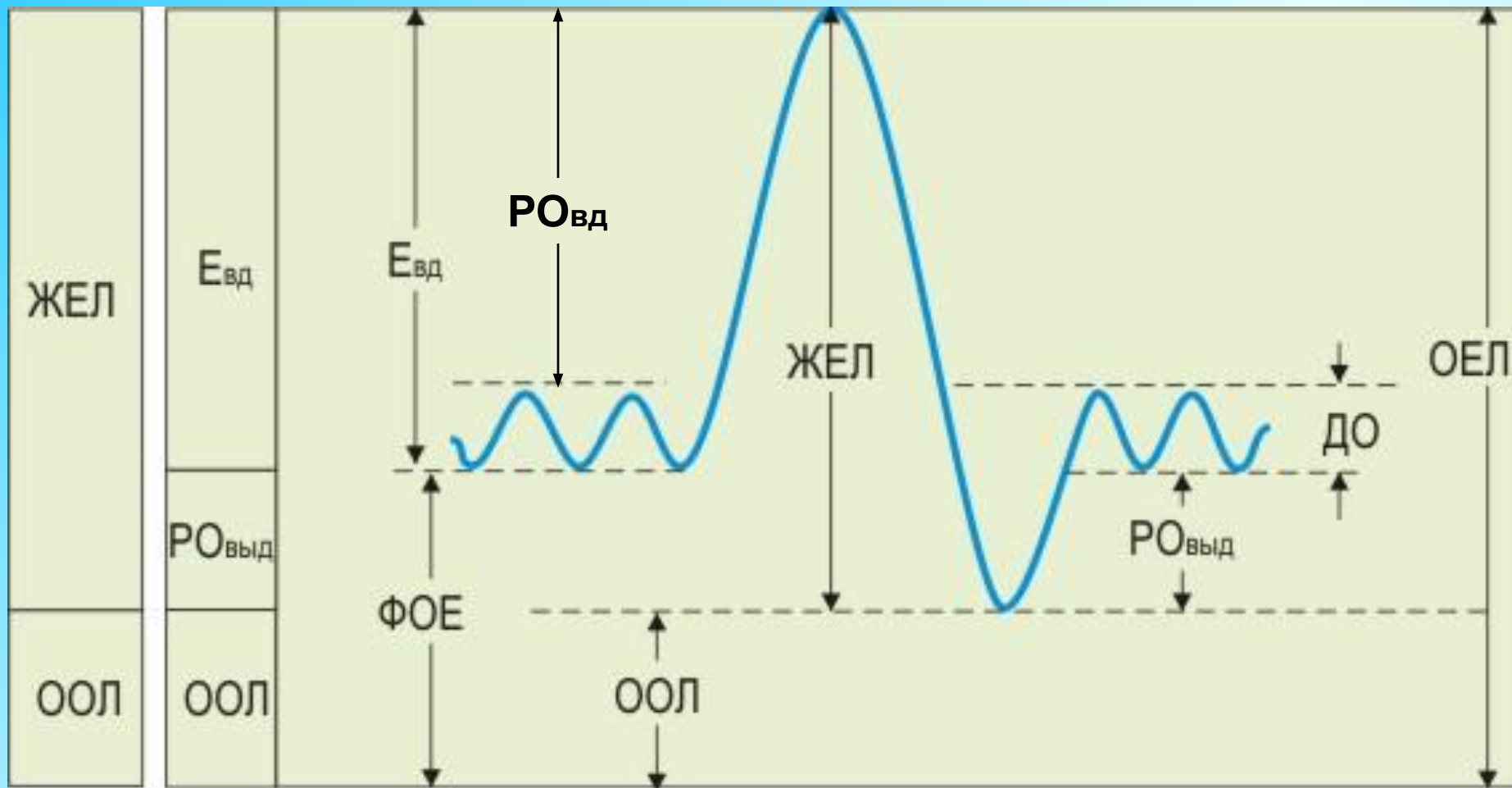
## II. Вентиляционная функция легких

Морфологические изменения дыхательного аппарата при старении существенно сказываются на функциональных особенностях внешнего дыхания. При старении отчетливо изменяются легочные объемы.

- 1) Несколько уменьшается **дыхательный объем (ДО)**.



Дыхательный объем

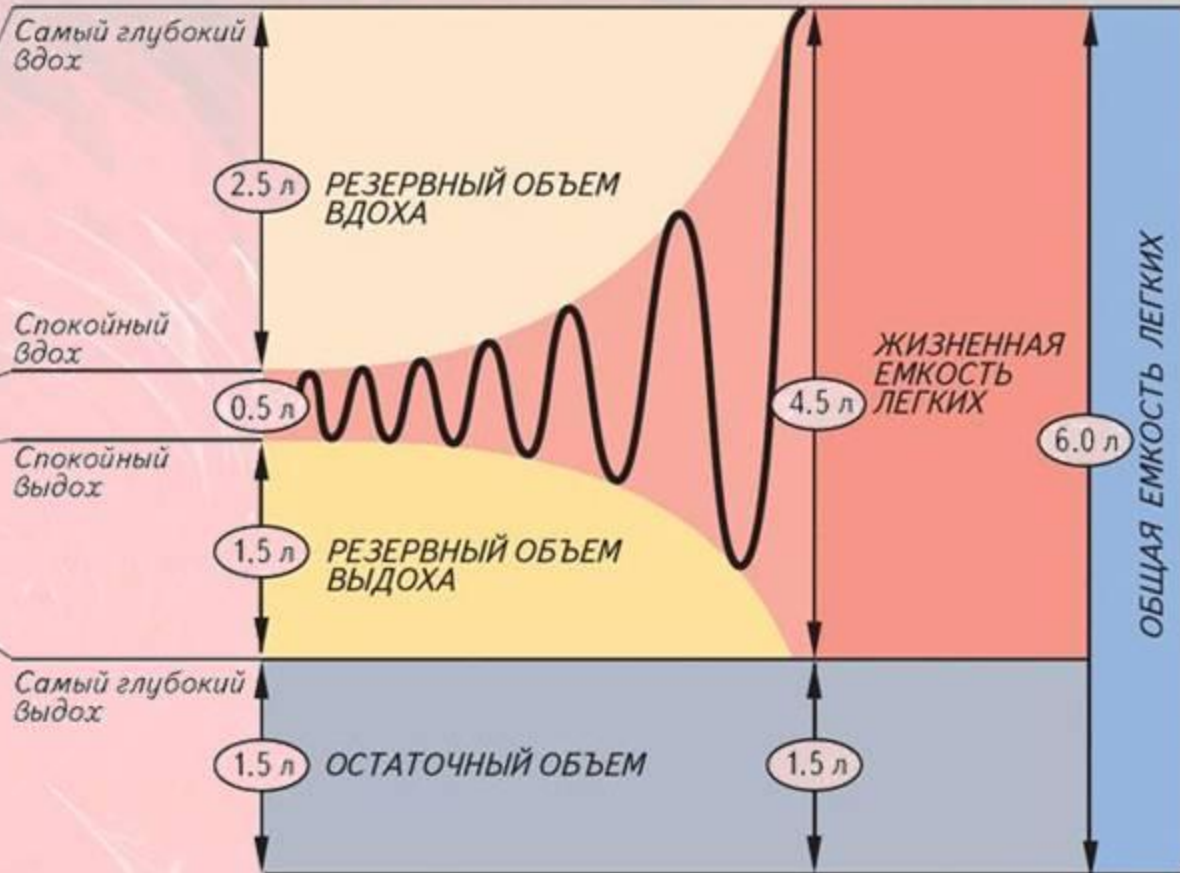
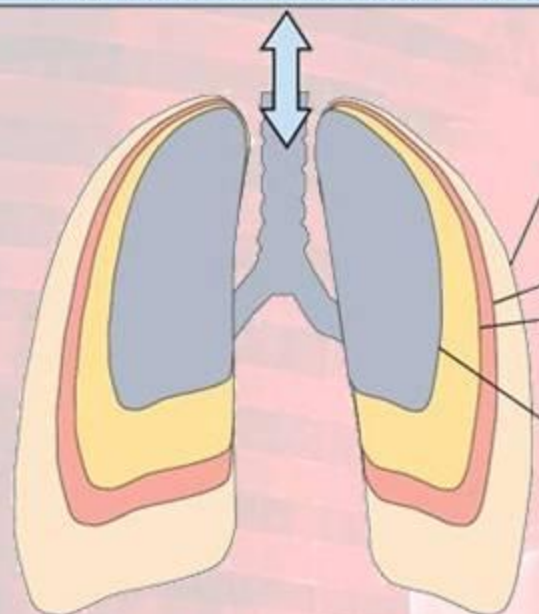


Основные показатели функции  
внешнего дыхания

- 2) Более существенно снижается **резервный объем вдоха (РОвд)** вследствие уменьшения подвижности грудной клетки, ослабления дыхательных мышц, нарушения бронхиальной проводимости.
- 3) Особенно значительно уменьшается **резервный объем выдоха (РОвыд)**, что связано с уменьшением способности легких к спадению вследствие снижения эластичности легочной ткани.
- 4) Закономерно снижается **жизненная емкость легких (ЖЕЛ)** у пожилых и старых людей.

# Жизненная емкость легких

Дыхательный объем (0,5 л)  
× Частота дыхания (16 раз / мин)  
-----  
Минутный объем дыхания (8,0 л / мин)



При спокойном дыхании за один вдох в легкие входит 0,3- 0,5 л воздуха (дыхательный объем). При самом глубоком дыхании дыхательный объем может достигать 3-5 л (жизненная емкость легких). Но и тогда после выдоха в легких остается более 1 л воздуха (остаточный объем).

Возрастная динамика ЖЕЛ, связанная с уменьшением подвижности грудной клетки, ослаблением дыхательной мускулатуры, регидностью легочной ткани, уменьшением эластичности легких и бронхиальной проводимости, и отражает ограничение потенциальных возможностей внешнего дыхания с возрастом.

возраст пол	30 лет	60 лет	70 лет	80 лет	90 лет
М	<b>5240</b>	<b>3697</b>	<b>3147</b>	<b>2795</b>	<b>2484</b>
Ж	<b>3483</b>	<b>2586</b>	<b>2075</b>	<b>1990</b>	<b>1590</b>

5) У пожилых и старых людей уменьшается также **общая емкость легких (ОЕЛ)**.

6) Возрастает **остаточный объем (ОО)** и **доля остаточного объема в ОЕЛ**. Что связано с потерей эластичности легочной ткани и неблагоприятно влияет на функциональные возможности внешнего дыхания. Во-первых, вследствие увеличения количества воздуха, не участвующего в вентиляции, нарушается ее эффективность, что особенно выявляется при предъявлении повышенных требований к аппарату внешнего дыхания (например: при физических нагрузках и т.д.). Во-вторых, увеличение остаточного объема, наряду с другими факторами способствует нарушению газообмена в легких.

ОО/ОЕЛ	30 лет	60 лет	70 лет	80 лет	90 лет
	<b>25%</b>	<b>44%</b>	<b>46%</b>	<b>49%</b>	<b>52%</b>

7) Показателем, наиболее полно характеризующим вентиляционную функцию легких, является **максимальная вентиляция легких (МВЛ)**. Этот показатель отчетливо уменьшается при старении. Снижение МВЛ в старости объясняют уменьшением эластичности легких, старческой ригидностью грудной клетки, ослаблением дыхательных мышц, нарушением бронхиальной проводимости, что снижает дыхательный объем и препятствует развитию большой частоты дыхания.

	30 лет	60 лет	70 лет	80 лет	90 лет
<b>МВЛ</b>	<b>122 л</b>	<b>77 л</b>	<b>68 л</b>	<b>50 л</b>	<b>39 л</b>

- 8) В дополнение к МВЛ определяют **вентиляционный резерв**, представляющий разницу между МВЛ и МОД (минутным объемом дыхания). Составляя в норме свыше **90 л**, вентиляционный резерв резко снижается к старости, что объясняет легкость возникновения одышки у стариков, особенно в условиях напряженной деятельности.
- 9) Нарушение бронхиальной проходимости и эластических легких, слабость дыхательных мышц обуславливают снижение у пожилых и старых людей максимального объема выдоха за 1 с и его доли в ЖЕЛ – так называемого **индекса Тиффно**, а также объемной скорости вдоха и выдоха.



Несмотря на указанные нарушения со стороны аппарата внешнего дыхания, газообмен между легкими и внешней средой в пожилом и старческом возрасте в условиях покоя поддерживается на достаточном уровне, о чем свидетельствует практически нормальная величина парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе. Это обусловлено **компенсаторными механизмами**, развивающимися у пожилых и старых людей.

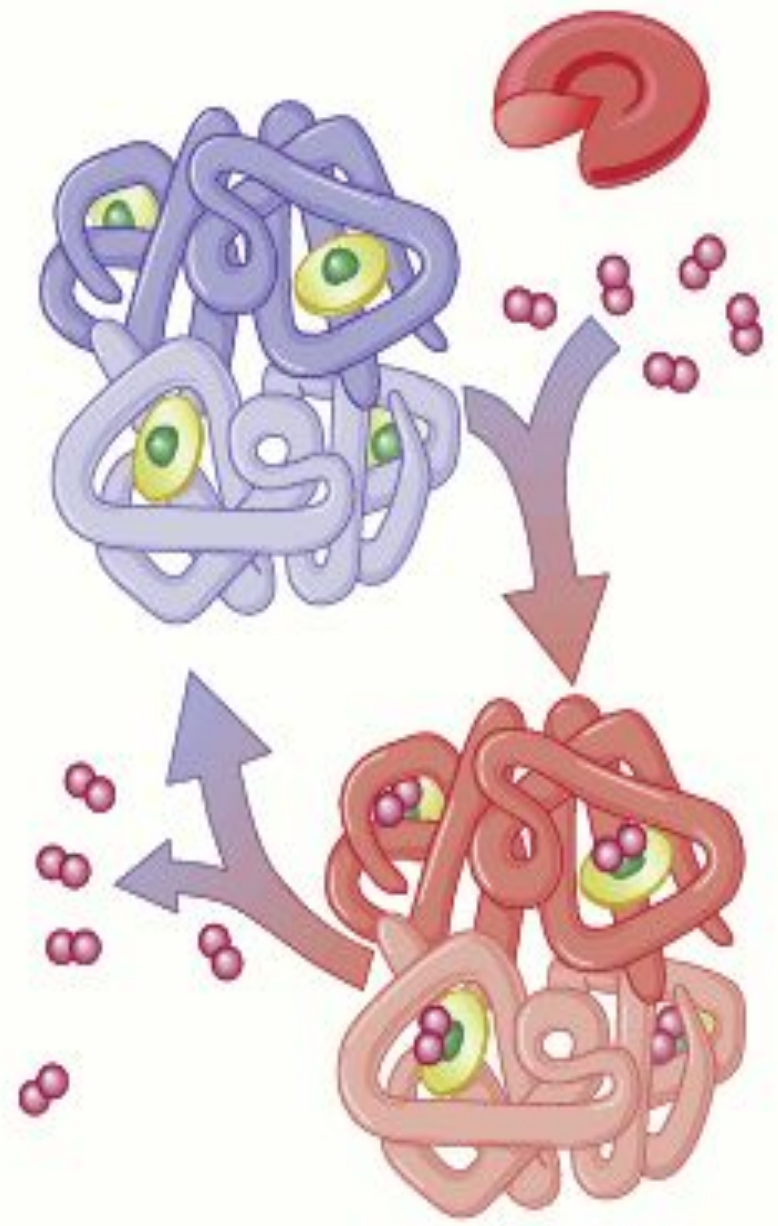
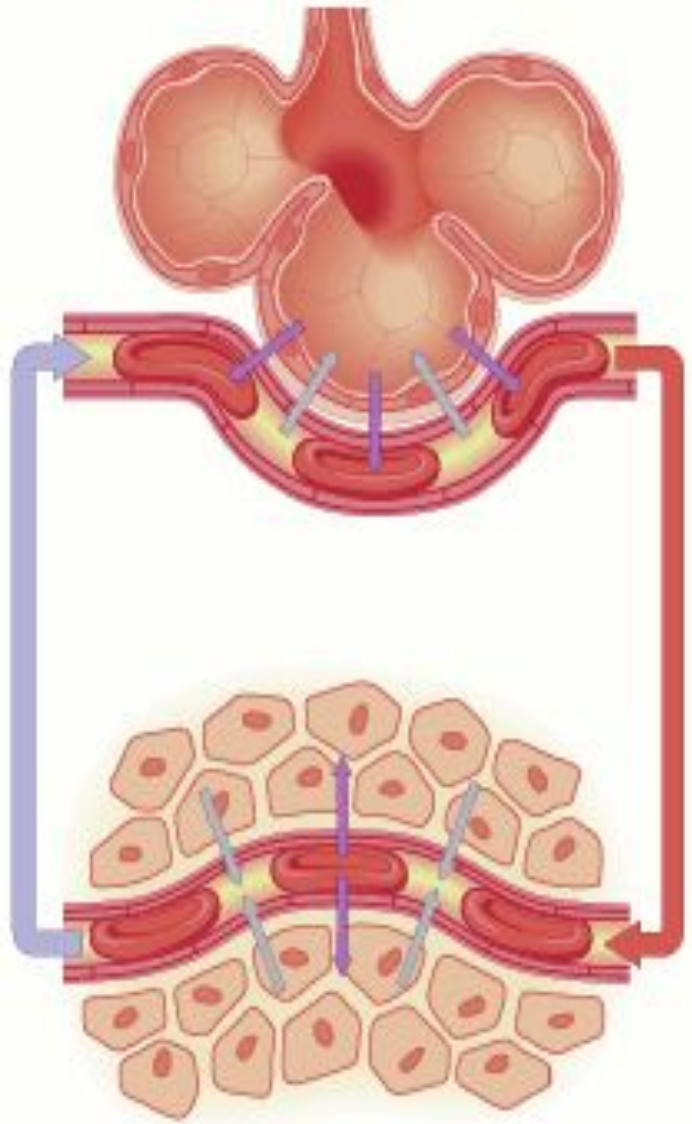
- 10) Компенсаторно растет **частота дыхания**. Благодаря высокой **ЧД** МОД у пожилых и стариков поддерживается практически на том же уровне, что в молодом возрасте, несмотря на уменьшение ДО.

# III. Легочный газообмен

При старении закономерно **снижается кислород-ное насыщение артериальной крови**. Происходит это по нескольким причинам

## 1. **Нарушение диффузии кислорода в легких.**

Диффузионная способность легких зависит от 1) **поверхности диффузии**, т.е. количества функционирующих альвеол и капилляров, функционально связанных между собой. Диффузионная поверхность значительно уменьшается при старении. Это объясняется, во-первых, уменьшением анатомической поверхности альвеол. 2) На диффузионную способность легких существенно влияет также **расстояние диффузии**. Оно образовано альвеоло-капиллярной мембраной. При старении возрастает толщина и снижается диффузная способность альвеоло-капиллярных мембран.



## ***2. Неравномерность вентиляции легких.*** В

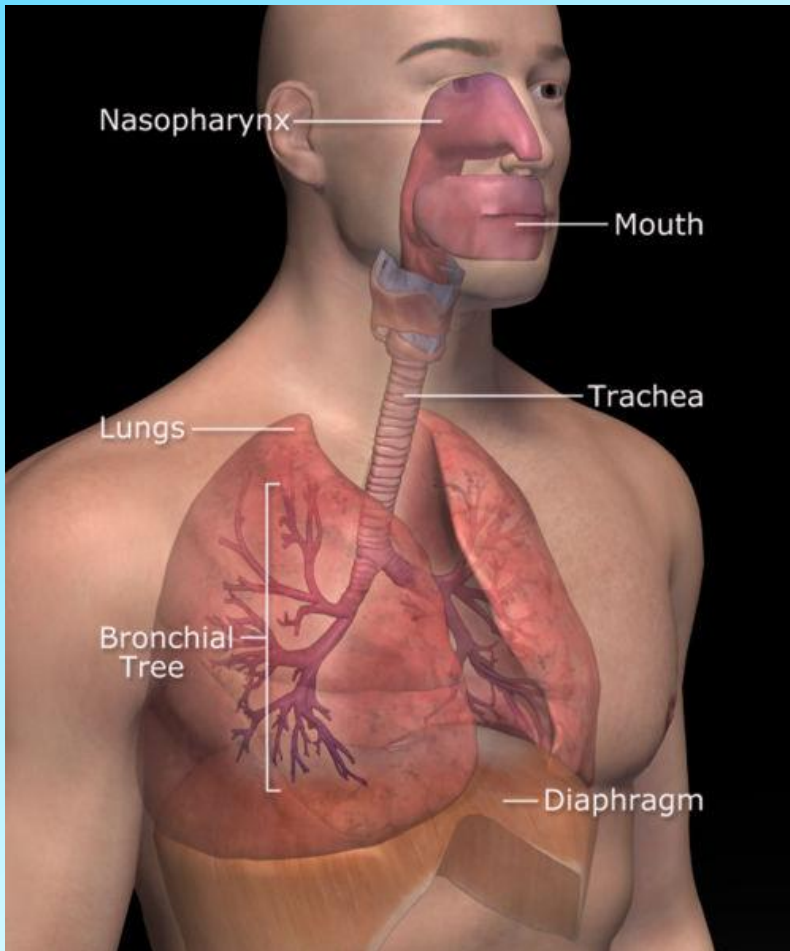
связи с возрастными изменениями бронхиального дерева, о которых уже говорилось, возникают суженные и расширенные участки воздухоносных путей, которые оказывают неодинаковое сопротивление току воздуха при дыхании. В результате в пожилом и старческом возрасте нарушается равномерность пространственного распределения вентиляции – одни участки легких вентилируются лучше, другие хуже, причем в наибольшей степени страдает вентиляция нижних отделов легких.

**3) Дискоординация вентиляции и кровотока в легких.** В легких существует точное соответствие вентиляции и кровоснабжения, в основе которого лежит **рефлекс Эйлера-Лильестранда**. Этот рефлекс заключается в возникновении местного сосудистого спазма при снижении парциального давления кислорода в плохо вентилируемых альвеолах. В результате в соответствующих участках легких ограничивается кровоток.

- При старении это соответствие нарушается, когда из-за морфологических изменений легочных артериол и капилляров может во-первых **выключаться кровотоки в нормально вентилируемых альвеолах**. Вторым вариантом десинхронизации вентилизации и кровотока – **кровоснабжение не вентилируемых альвеол**. Все это приводит к снижению насыщения крови кислородом (оксигенации).
- Так в ходе старения насыщение кислородом артериальной крови от **98 %** в среднем возрасте, снижается к 60-69 годам до **90,3 %**

Таким образом, изменения системы внешнего дыхания приводят на позднем этапе онтогенеза к нарушению оксигенации крови в легких. Развивается • **артериальная гипоксимия** - недостаток кислорода в крови. Что неблагоприятно сказывается на кислородном снабжении тканей, обуславливая кислородную недостаточность в пожилом и старческом возрасте.

# *IV. Адаптационные механизмы системы внешнего дыхания при старении*

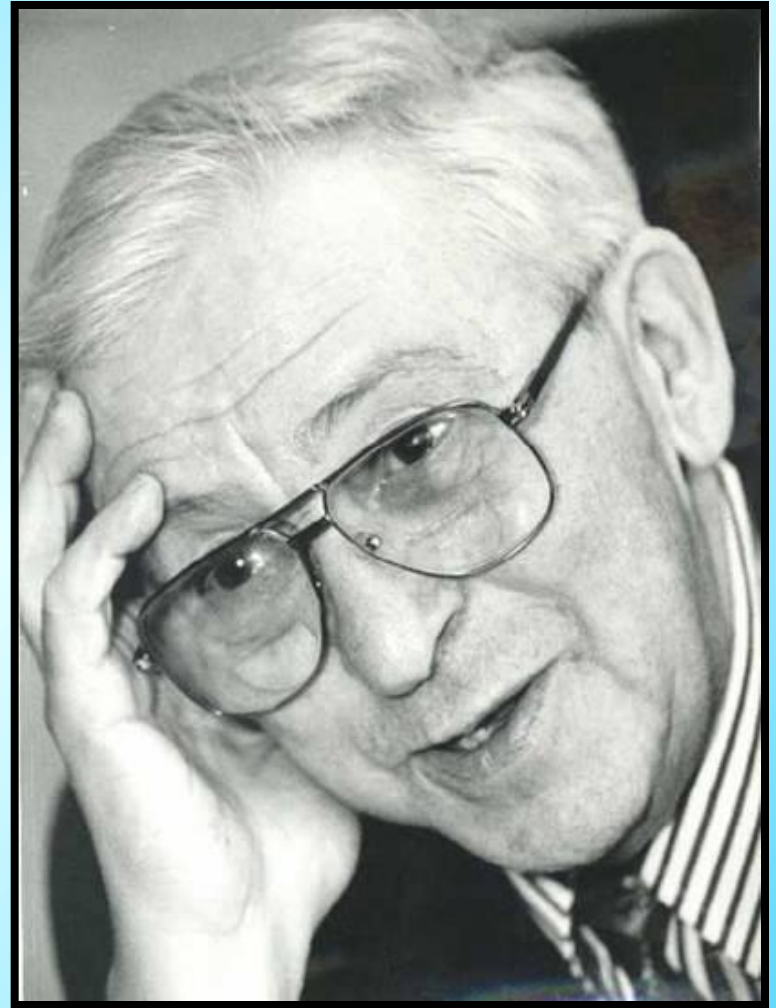


В ходе старения, наряду с ослаблением функции мобилизуются приспособительные механизмы. Это положение полностью применимо и к легочному газообмену.



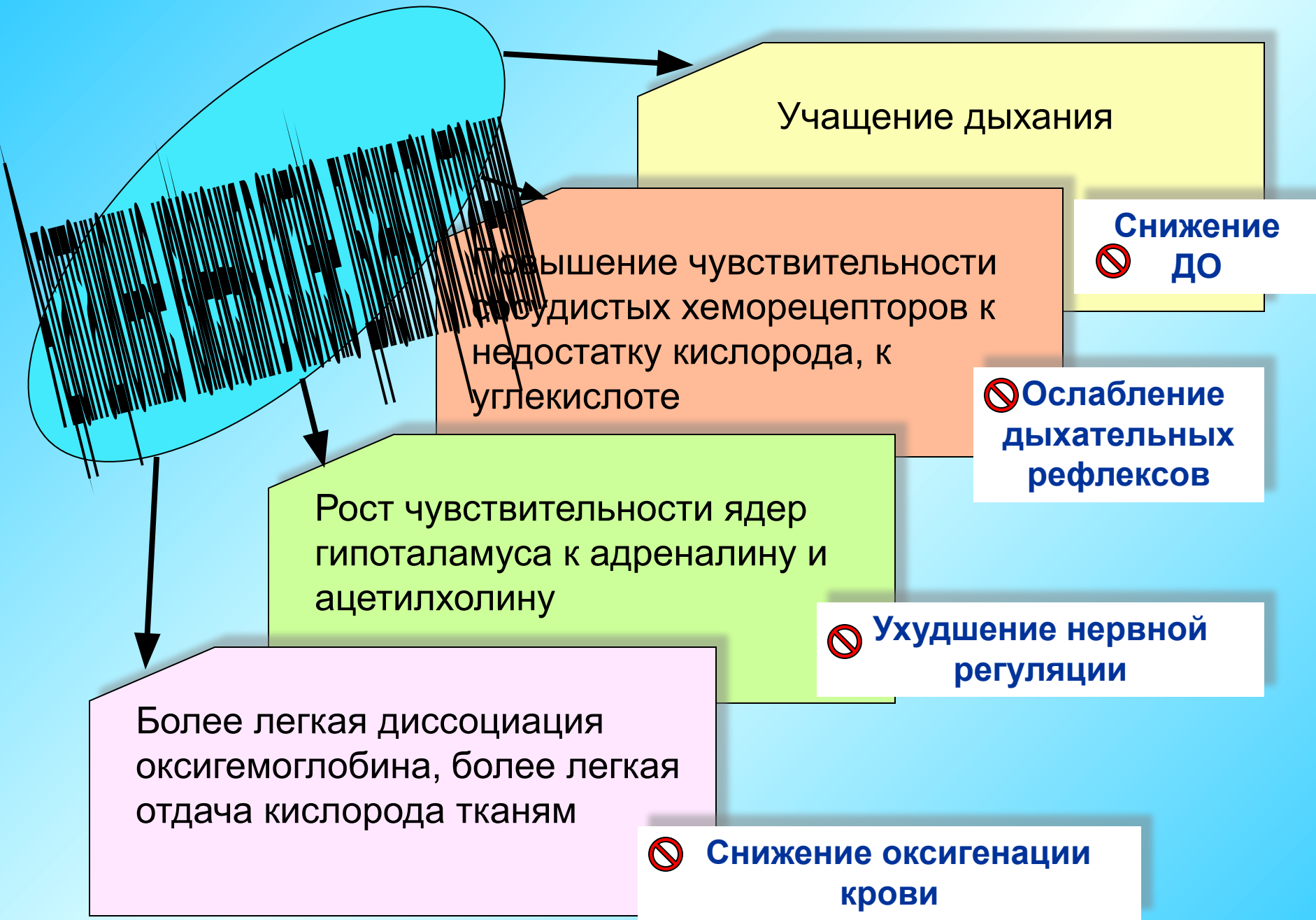
**«Старение – не пассивный процесс разрушения струк–туры и функции, а возникновение нового уровня приспособлений к среде».**

*(Фролькис В.В., 1970)*



**В.В. Фролькис - выдающийся физиолог, геронтолог, профессор института геронтологии**

**(Фролькис В.В., 1970) АМН СССР, основоположник учения о витаукте.**



**Адаптационные механизмы**, развивающиеся при старении, имеют безусловно положительное значение для поддержания адекватного снабжения кислородом стареющего организма. Однако они **несовершенны и имеют ограниченное значение**.

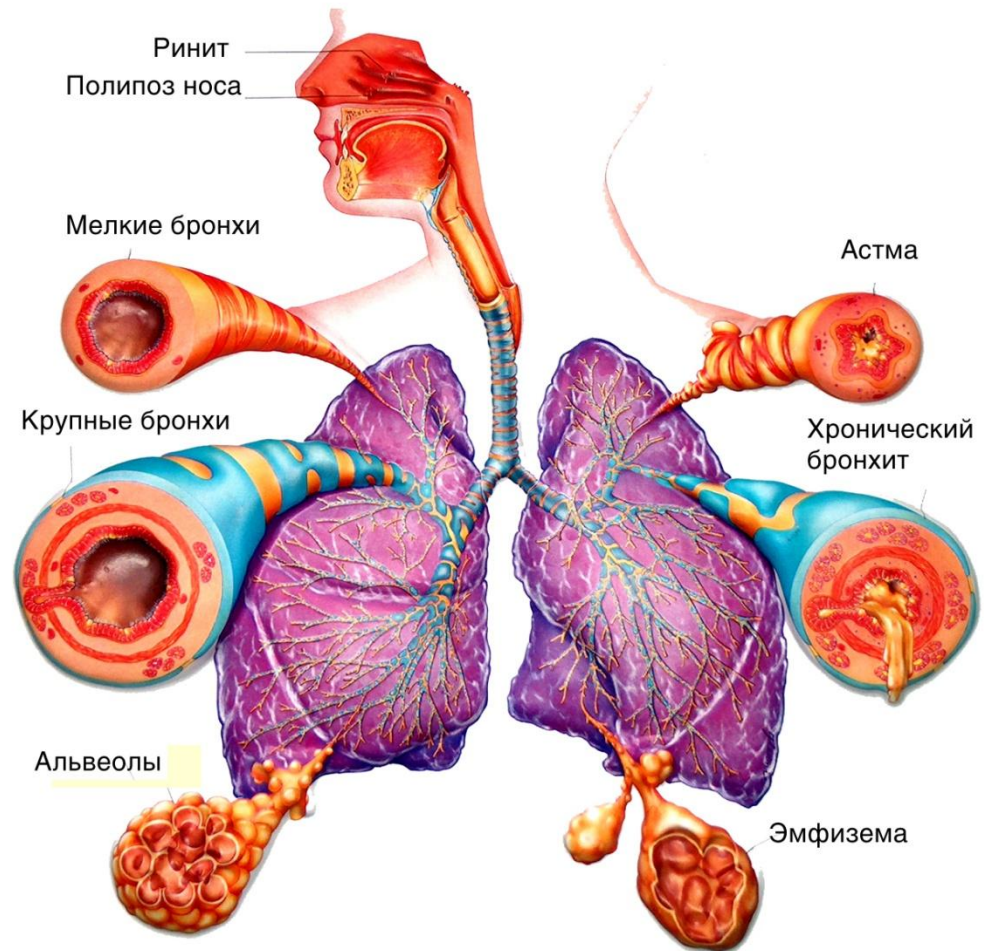
Компенсаторные факторы у пожилых и старых людей включаются уже в обычных условиях жизнедеятельности, это затрудняет их использование при предъявлении к организму повышенных требований. И, наконец, адаптивные факторы в определенных условиях сами могут привести к неблагоприятным условиям газообмена, усугубляя гипоксические сдвиги при старении.

# ***V. Проблемы органов дыхания в пожилом и старческом возрасте***

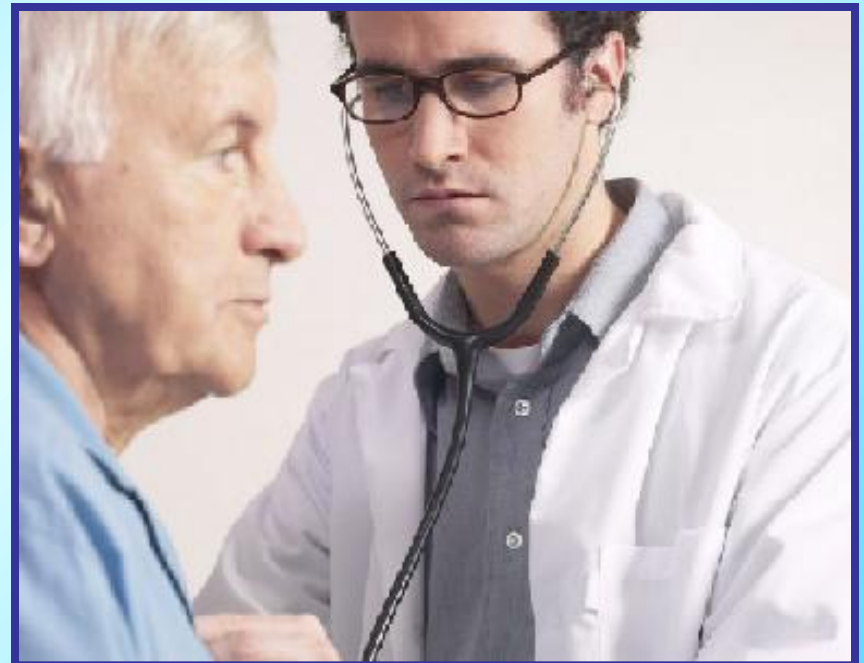
Система внешнего дыхания при старении подвергается выраженным морфофункциональным изменениям. Эти изменения могут способствовать возникновению и определяют особенности протекания заболеваний дыхательной системы у пожилых и старых людей.

Наиболее характерными для этих возрастных категорий заболеваниями органов дыхания являются: **острый и хронический бронхит, пневмония, эмфизема, рак.**

## Дыхательные пути в норме и патологии



- **Острый бронхит** – это инфекционное заболевание, сопровождающееся диффузным воспалением слизистой оболочки бронхов. Главный симптом заболевания – кашель.



- **Хронический бронхит** характеризуется диффузным (распространенным) поражением слизистой оболочки и более глубоких слоев стенки бронхов.

Среди возрастных **изменений, способствующих развитию бронхитов** следует подчеркнуть роль:

1. нарушения проходимости бронхов, в основе которой лежат...
  - а) утолщение слизистой и подслизистой оболочек бронхов за счет гиперплазии эпителия и слизистых желез,
  - б) фиброзные изменения стенок бронхов,
  - в) отек слизистой,
  - г) избыток бронхиального секрета,
  - д) бронхоспазм,
2. угнетение кашлевого рефлекса,
3. экспираторный коллапс воздухоносных путей, вплоть до полной непроходимости большей части мельчайших бронхов и бронхиол.

Все это приводит к возникновению **дыхательной недостаточности**. Основным ее проявлением является **одышка**.

# Различают три степени *дыхательной недостаточности:*

<i>Степень ДН</i>	<i>Проявления</i>
<b>1 степень</b>	одышка возникает при физических нагрузках, превышающих повседневные, цианоз не выявляется, утомляемость возникает быстро, вспомогательная дыхательная мускулатура в дыхании не участвует.
<b>2 степень</b>	одышка возникает при повседневных нагрузках, цианоз средний, утомляемость выраженная, при нагрузке, вспомогательная мускулатура включается в дыхание.
<b>3 степень</b>	одышка отмечается в покое, цианоз и утомляемость резко выражены, постоянно в дыхании участвует вспомогательная мускулатура.



Нарушение бронхиальной проводимости при бронхитах более выраженное **в фазе выдоха** приводит к постепенной задержке воздуха в альвеолах и их расширению. Расширению альвеолярных пространств, вплоть до образования воздушных полостей способствуют также деструктивные процессы в стенках альвеол, редукция капилляров, уменьшение эластических свойств легких, их эластической отдачи, что затрудняет выдох. Возникает...

- **Эмфизема легких** – заболевание, характеризующееся расширением легких, увеличением содержания в них воздуха, значительным нарушением легочной вентиляции и кровообращения.



**Альвеолы пораженные эмфиземой**



**Нормальные альвеолы**



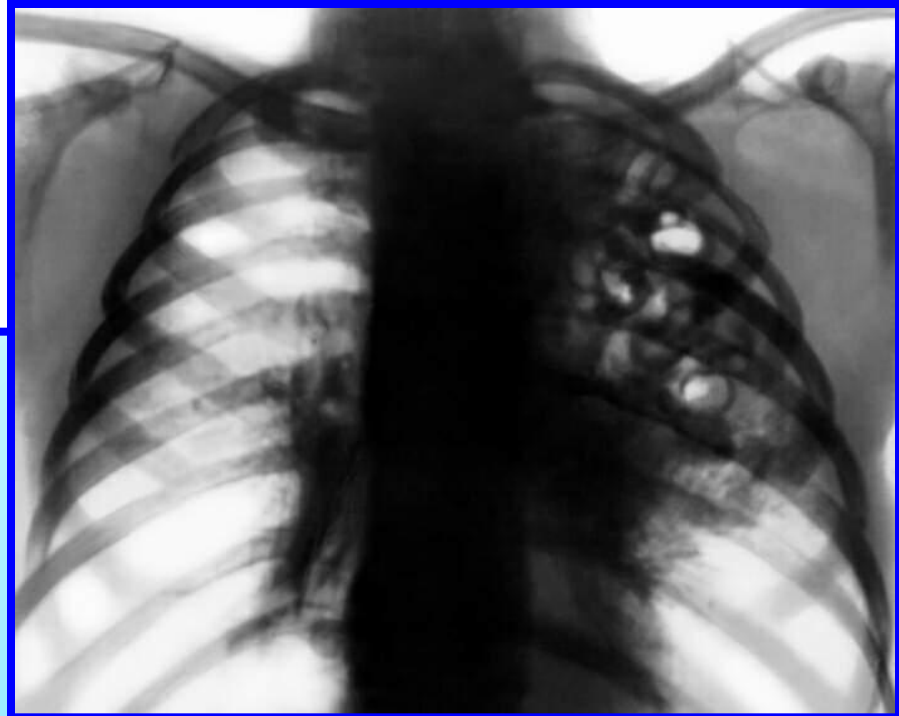
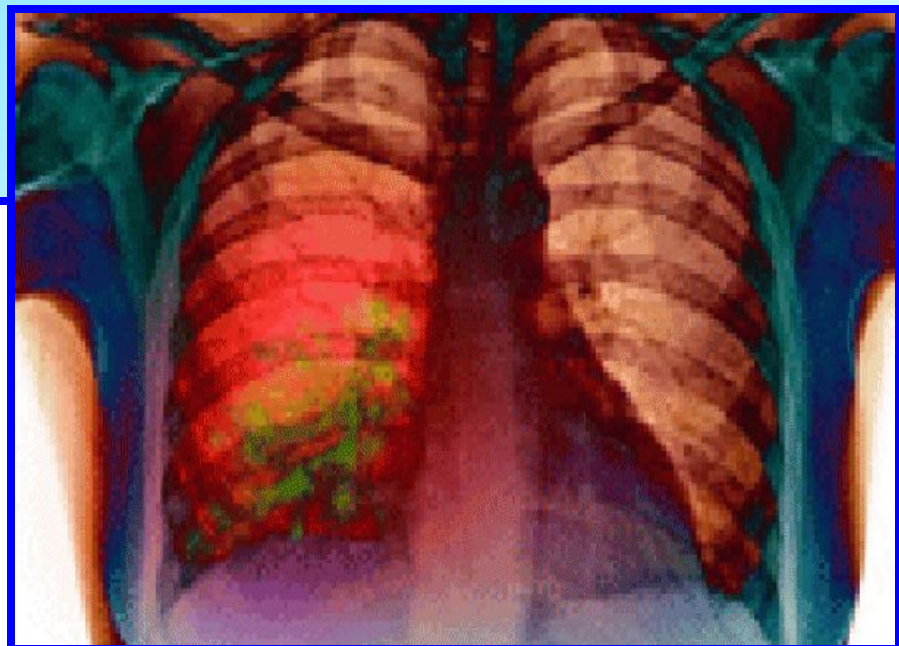
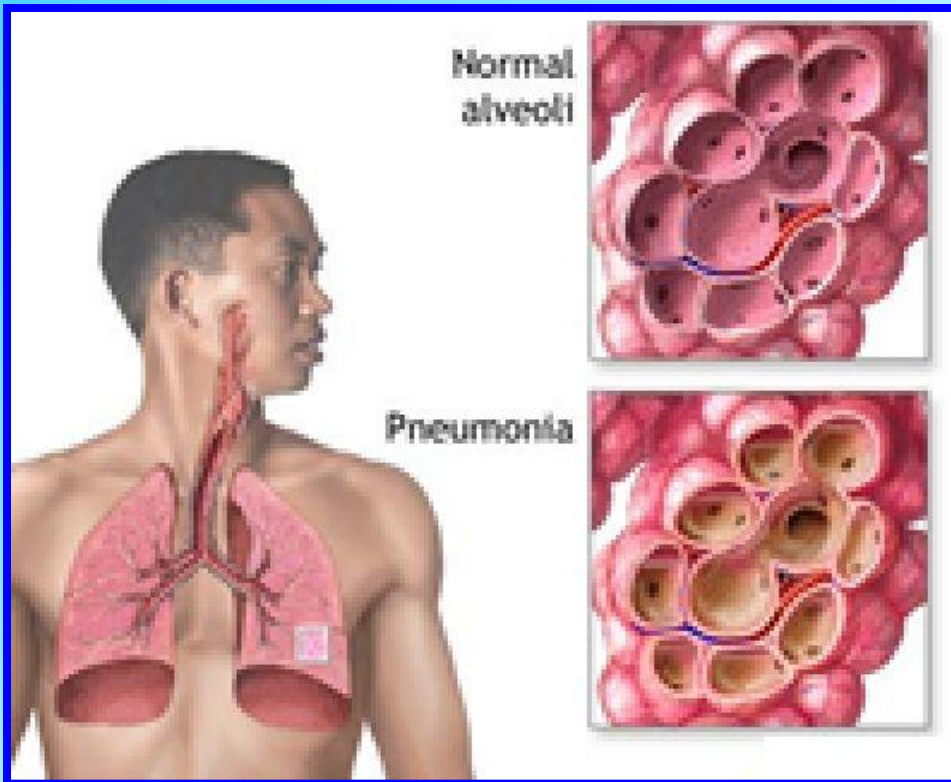
Эмфизема легких обычно медленно, но неуклонно прогрессирует у пожилых людей. При достаточной выраженности процесса наблюдается дыхательная недостаточность, одышка, кашель, синюшность (цианоз) – как результат гипоксии. Грудная клетка расширена, приобретает бочкообразную форму, фиксирована в положении вдоха. В дыхании участвуют вспомогательные мышцы, дыхательные движения ослаблены, легкие малоподвижны.

Развитию эмфизематозных легких способствует • **пневмосклероз** (от греч. пневмос – легкие, склероз – твердый, жесткий) – развитие в легких соединительной ткани, ведущее к сморщиванию легочной ткани, расширению бронхов.

- **Пневмония** – воспаление легочной ткани, имеющее бактериальную или вирусную природу.

**Предрасполагающими факторами** к развитию пневмонии у пожилых и старых людей являются:

- 1) снижение защитных механизмов органа, его иммунобиологической реактивности,
- 2) нарушение кашлевого рефлекса, деятельности мерцательного эпителия, дренажной функции бронхов,
- 3) атрофия лимфоидной ткани,
- 4) снижение вентиляции, потеря эластичности легочной ткани,
- 5) ограничение подвижности грудной клетки и др.).



# Пневмония

Благодарю за внимание