

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ПЕДИАТРИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ**

**КАФЕДРА АНЕСТЕЗИОЛОГИИ-РЕАНИМАТОЛОГИИ И
НЕОТЛОЖНОЙ ПЕДИАТРИИ ФПК И ПП**

ОТЕК ЛЕГКИХ

Ю.С. Александрович

ОТЕК ЛЕГКИХ

Выход жидкости из сосудов малого круга кровообращения в интерстициальное пространство или альвеолы легких, обусловленный как кардиальными так и не кардиальными причинами.

ОТЕК ЛЕГКИХ

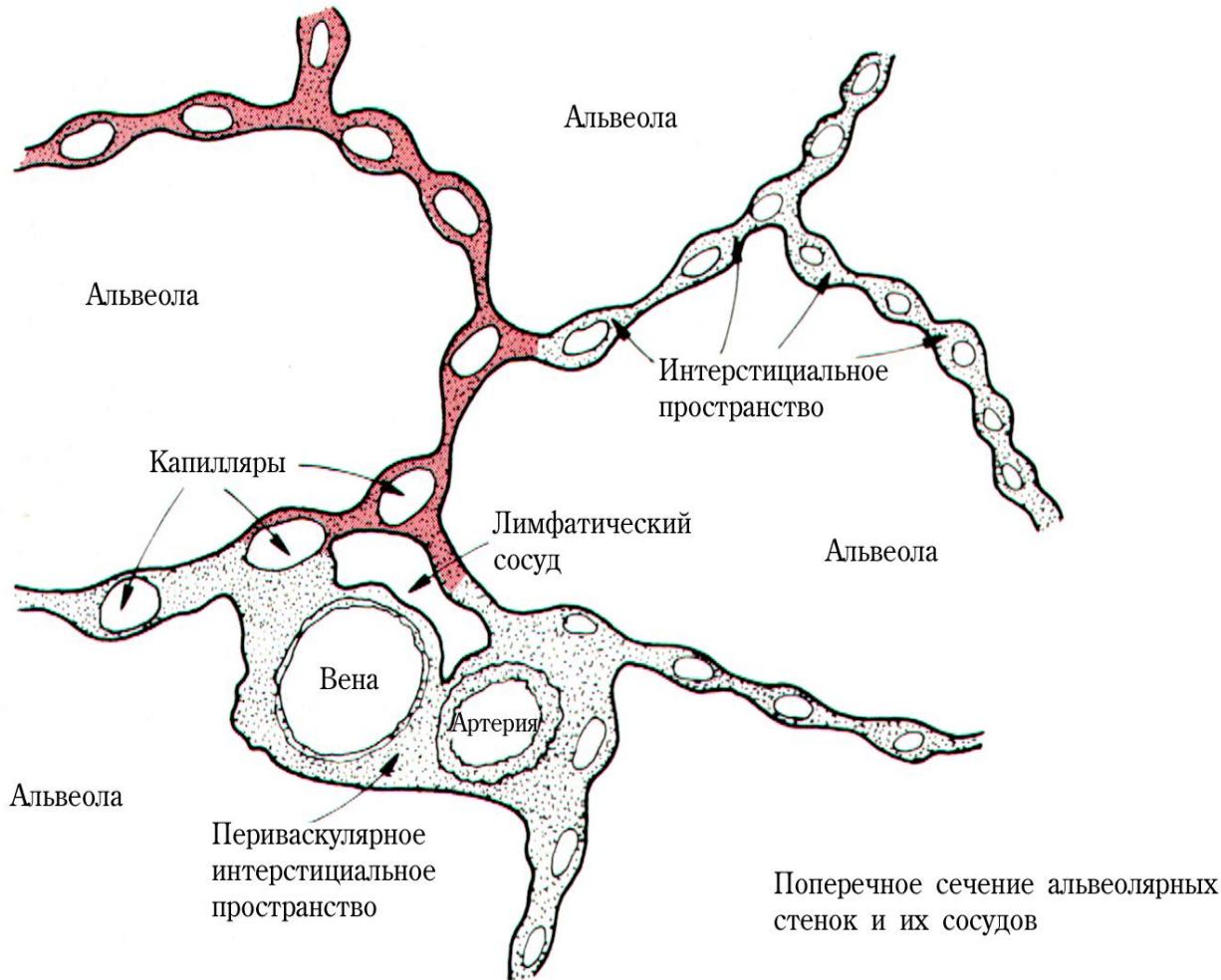
- Патологическое состояние, при котором содержание воды в легочном интерстиции превышает нормальное количество.
- Ненормальное скопление жидкости и солей в экстрацеллюлярном пространстве легкого.

ЛЕГОЧНАЯ ТКАНЬ ЧЕЛОВЕКА И ВОДНЫЕ ПРОСТРАНСТВА

Водные пространства	Здоровый человек		Острый отек легкого
	Посмертно	При жизни	
Общая масса легкого, г	672	977	1642
Сухая масса легкого, г	129	188	216
Соотношение влажное/сухое	5,2		7,6
Содержание крови, г	195	500	342
Обескровленное влажное легкое, г	477	477	1300
Обескровленное сухое легкое, г	94		154
Внеклеточная вода, г	383		1145
Соотношение внеклеточная вода/обескровленное сухое легкое	4,0		7,4

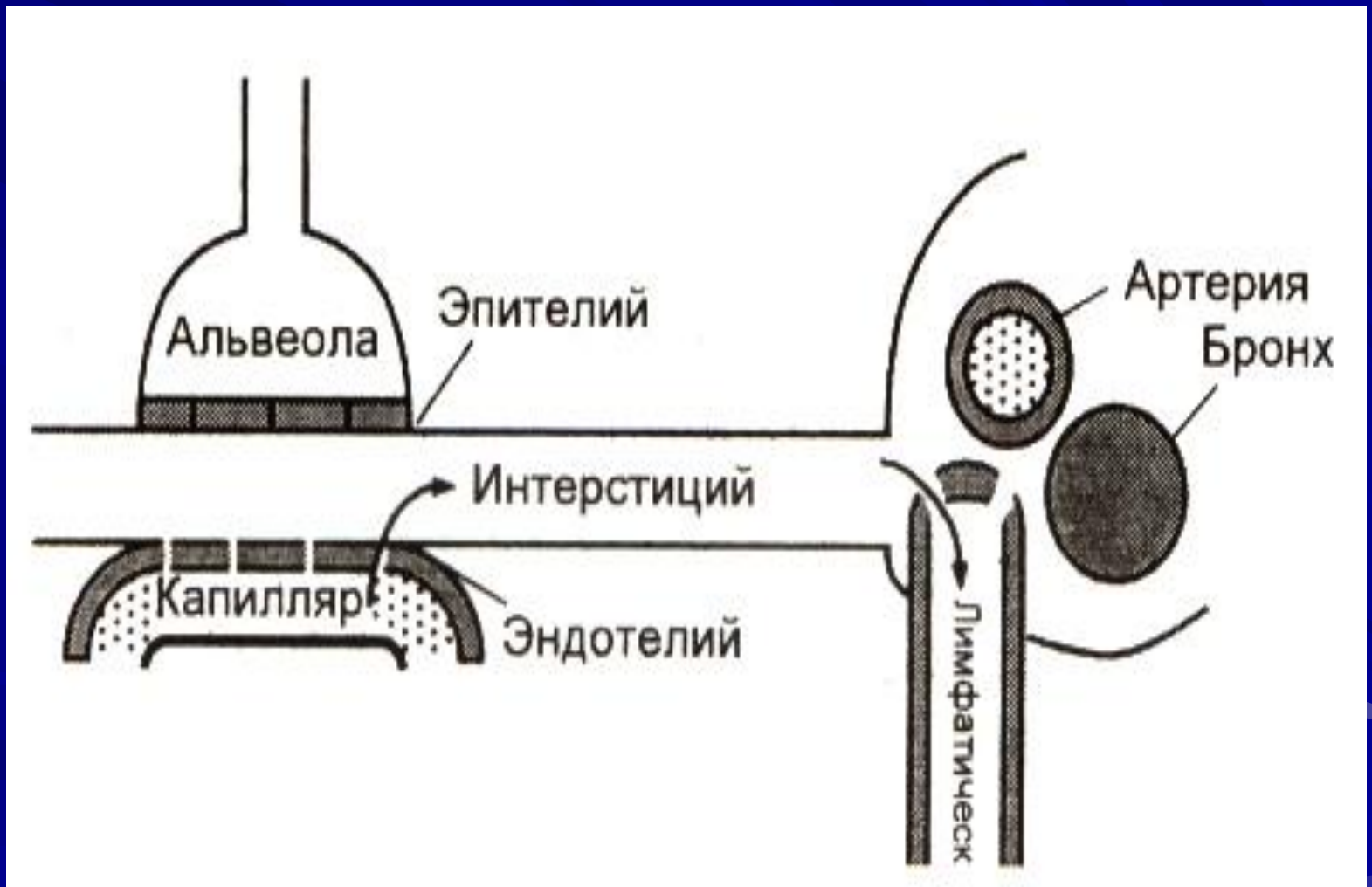
Адаптировано из: Straub NC. Pulmonary edema. *Physiol. Rev.*, 1974; 54: 678.

Движение жидкости из сосудистого русла к альвеолам

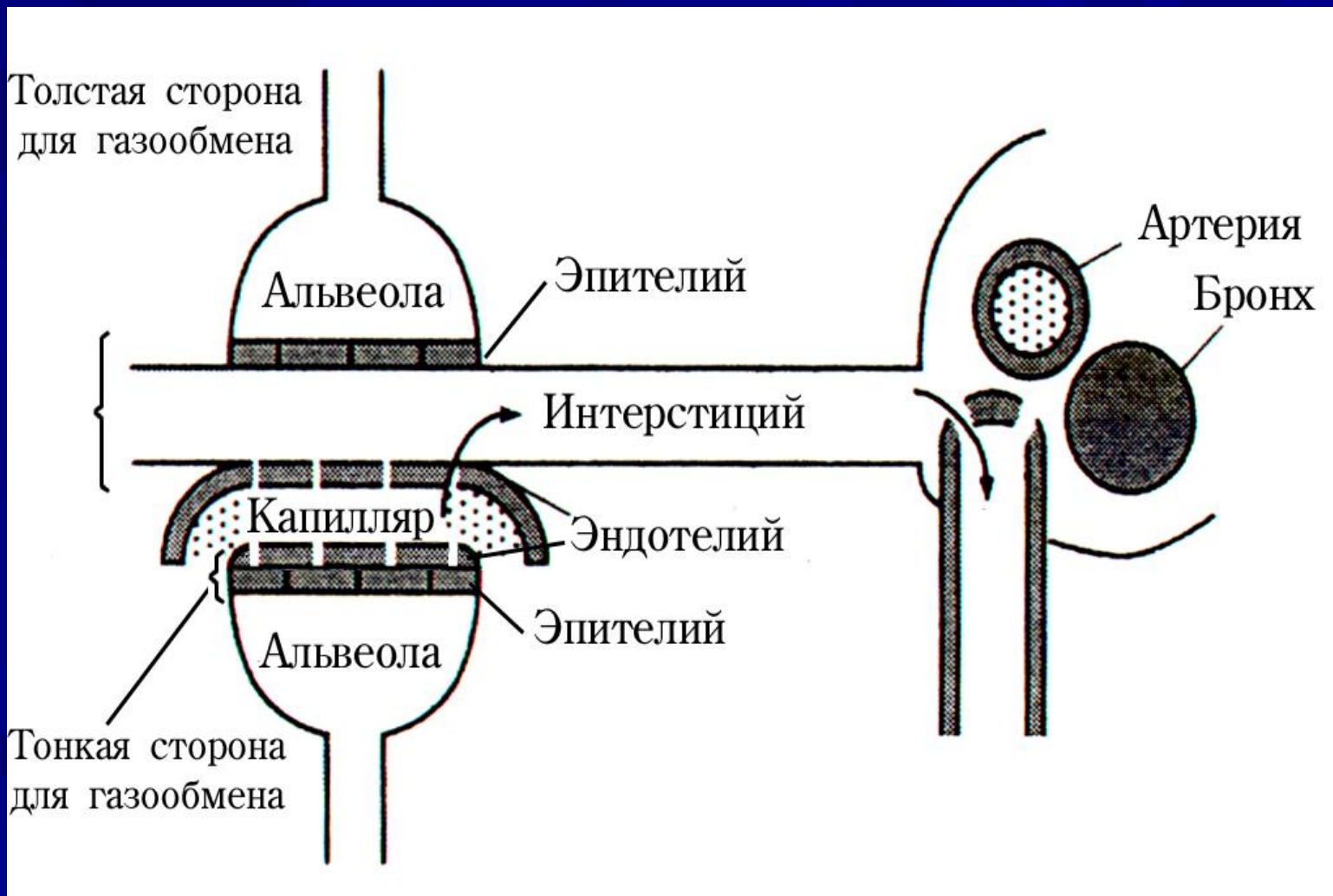


- 4 анатомических пр-ва
1. Сосудистое
 2. Интерстициальное
 3. Альвеолярное
 4. Лимфатическое

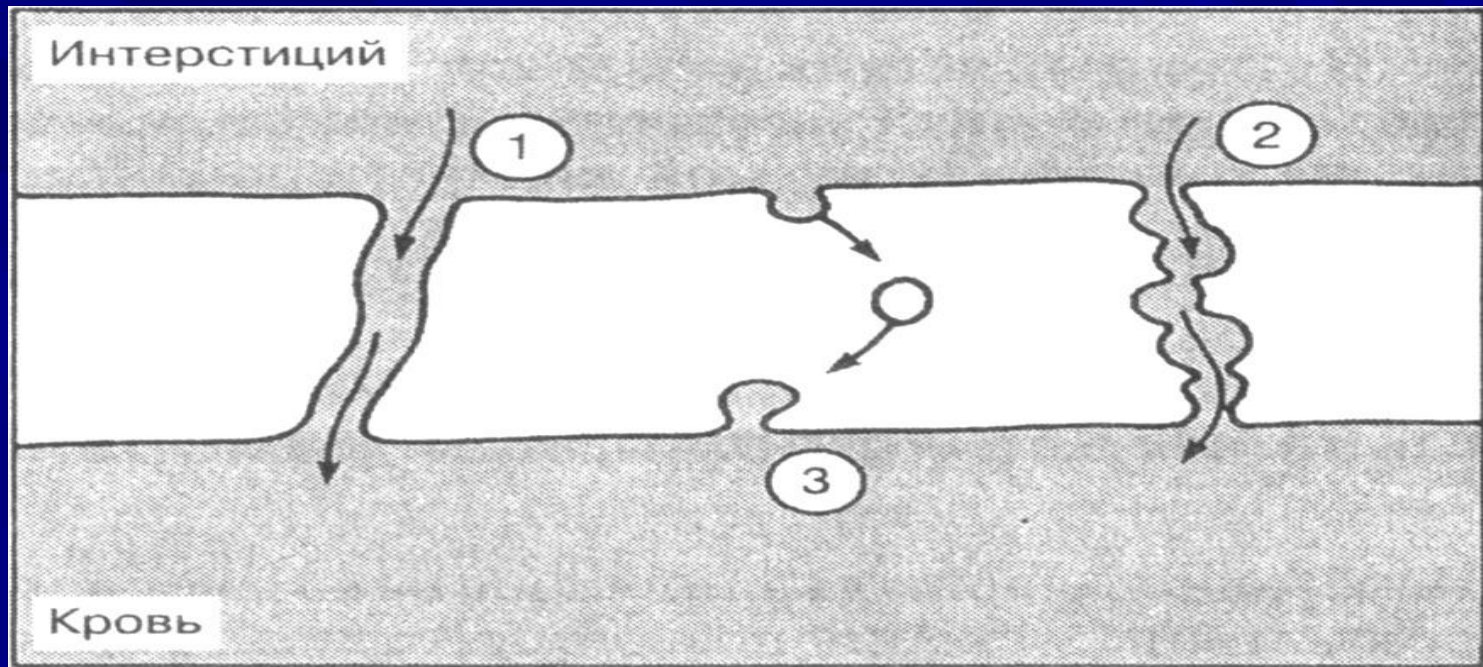
ОБМЕН ЖИДКОСТИ В ЛЕГКИХ



Функциональная анатомия АКМ



Возможные пути проникновения жидкости сквозь эндотелий



1. Щели в местах стыка между эндотелиальными клетками (вода, р-ры низкомолекулярных в-в (глюкоза), мелкие белки плазмы (трансферрин, альбумин))
2. Везикулярные каналы (белки)
3. Везикулярный трансцитоз

Роль легочных лимфатических сосудов в предотвращении отека легких

Скорость легочного лимфооттока равна 20 мл/ч

$$Q_{нж} = Q_{лк} - Q_{ло},$$

где

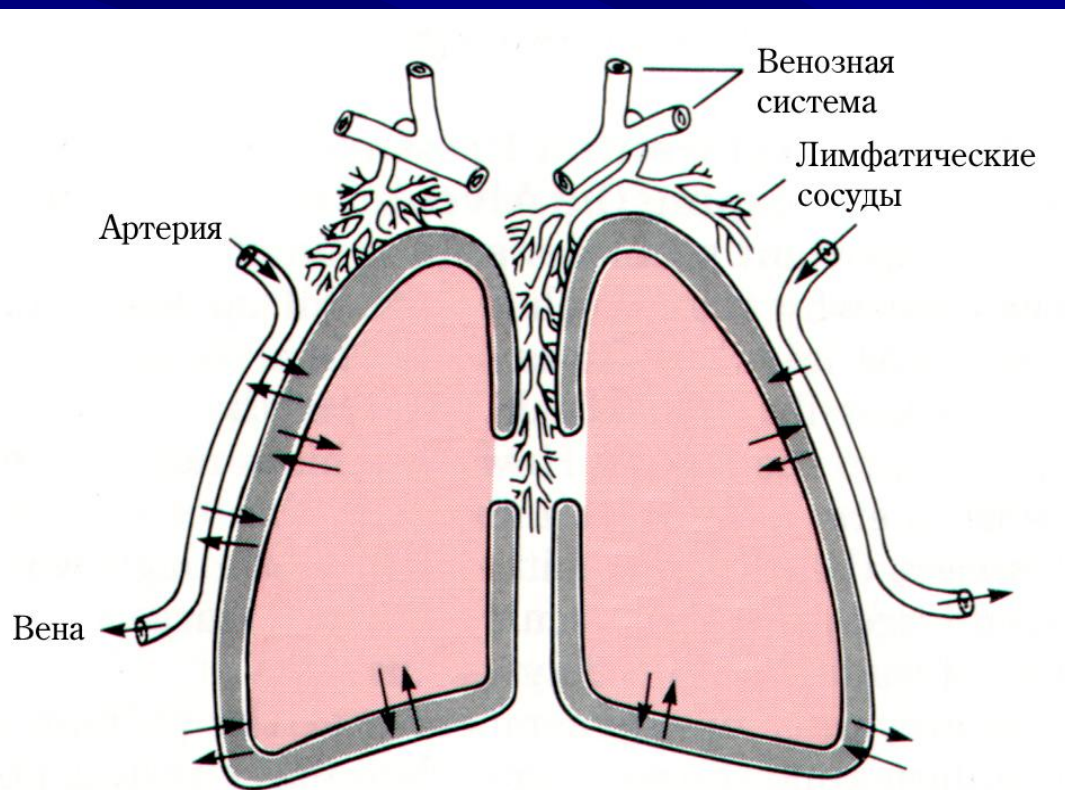
$Q_{нж}$ - скорость накопления жидкости в легких

$Q_{лк}$ - скорость поступления жидкости из легочных капилляров

$Q_{ло}$ - скорость лимфооттока

Факторы, способствующие облегчению лимфооттока

Однонаправленное движение лимфы за счет клапанов лимфатических капилляров и их перистальтики под воздействием дыхательных движений и пульсации кровеносных сосудов



Механизм обмена жидкости в внутриплевральных пространствах

Терминальные отделы ЛС → собирательные ЛС в корнях легких → по средостенным ЛС → в грудной лимфатический проток → кровь

Физиологические основы обмена жидкости в легких

Уравнение Эрнста Старлинга (1866-1927)

$$Q_f = P_{mv} - \Pi_{mv}$$

где,

Q_f – скорость фильтрации жидкости

P_{mv} – микроваскулярное гидростатическое давление

Π_{mv} – микроваскулярное онкотическое (коллоидное осмотическое) давление.

- Главная заслуга состояла в понимании того факта, что создаваемое белками плазмы осмотическое давление предупреждает формирование отека путем уравновешивания гидростатического давления в сосудах.
- Он обнаружил, что снижение концентрации белков плазмы приводит к развитию отека.

Уравнение Старлинга

$$Q_f = K_f [(P_{mv} - P_i) - \sigma (\Pi_{mv} - \Pi_i)],$$

где: Q_f — скорость фильтрации жидкости,

K_f — коэффициент фильтрации,

P_{mv} — микроваскулярное гидростатическое давление,

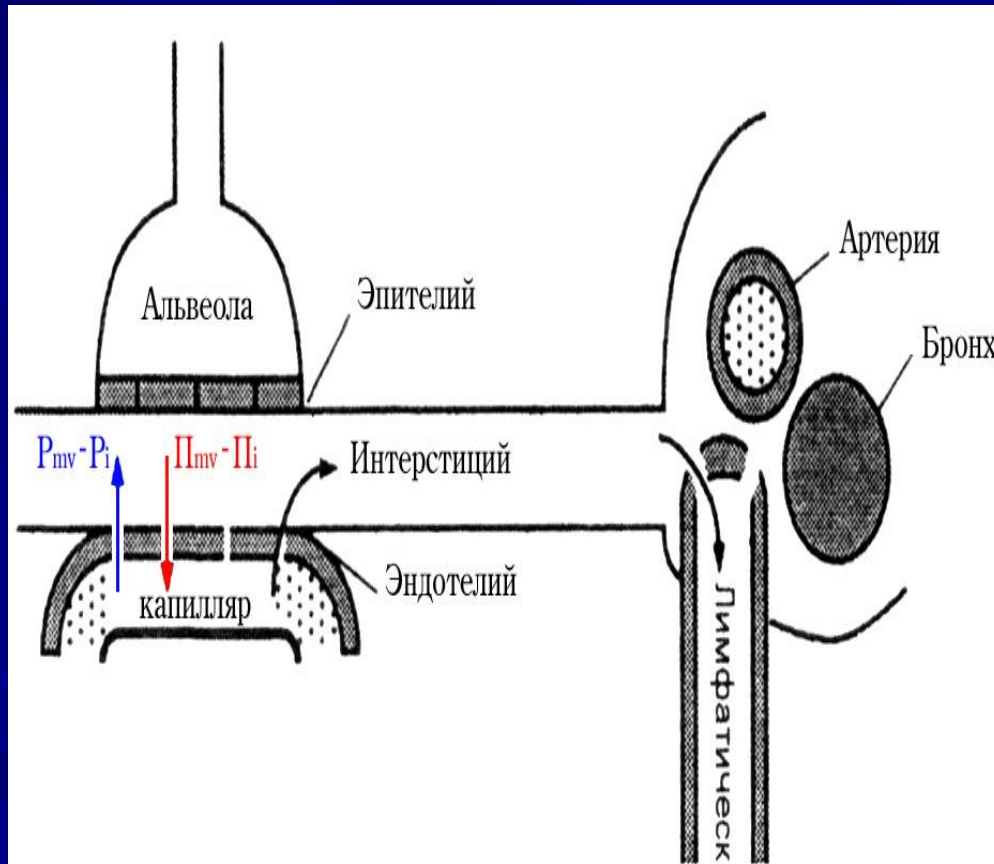
P_i — гидростатическое давление в интерстициальном пространстве,

σ — коэффициент осмотического отражения,

Π_{mv} — микроваскулярное онкотическое давление,

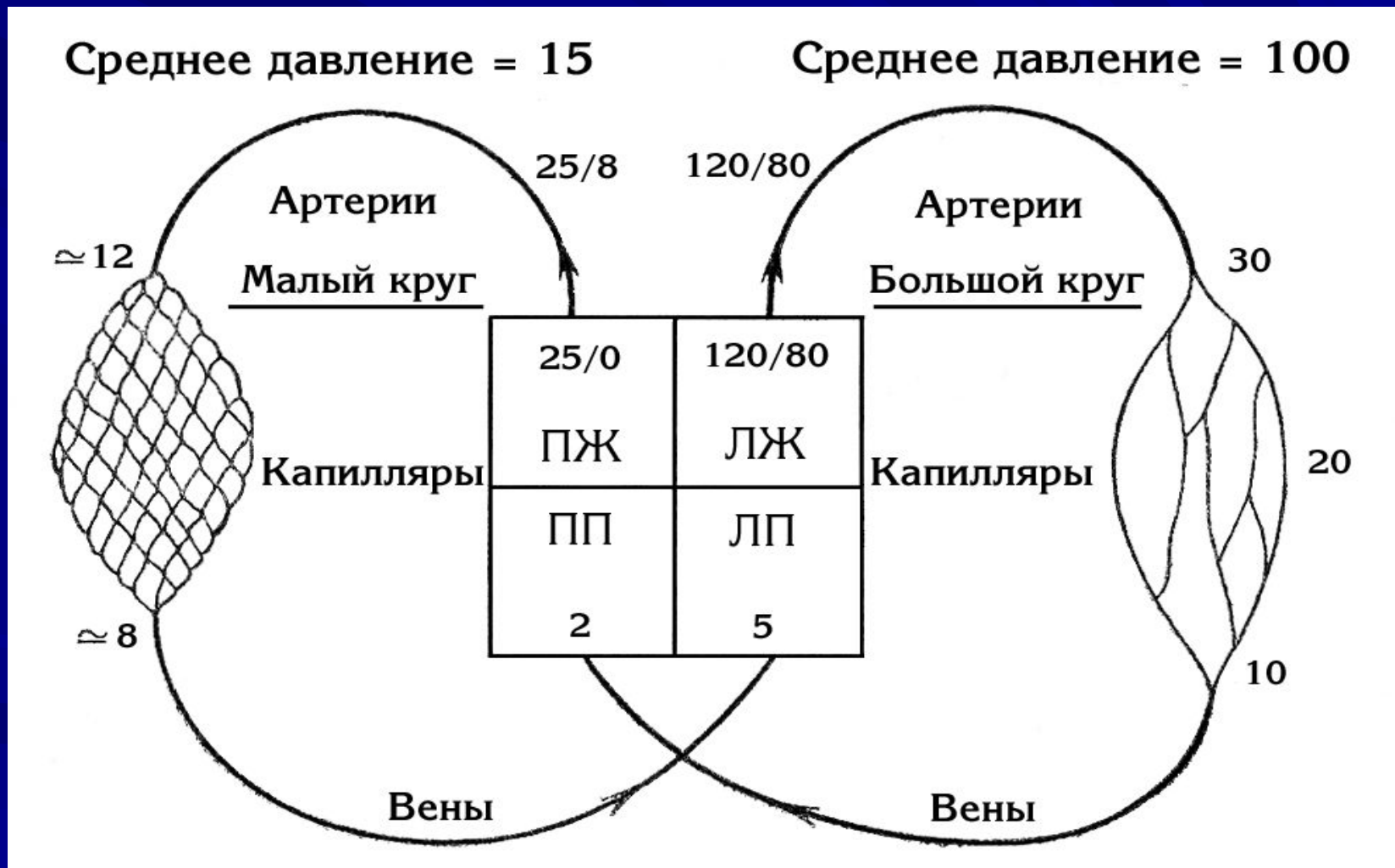
Π_i — онкотическое давление в интерстициальном пространстве.

ГРАДИЕНТЫ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО И ОНКОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЙ

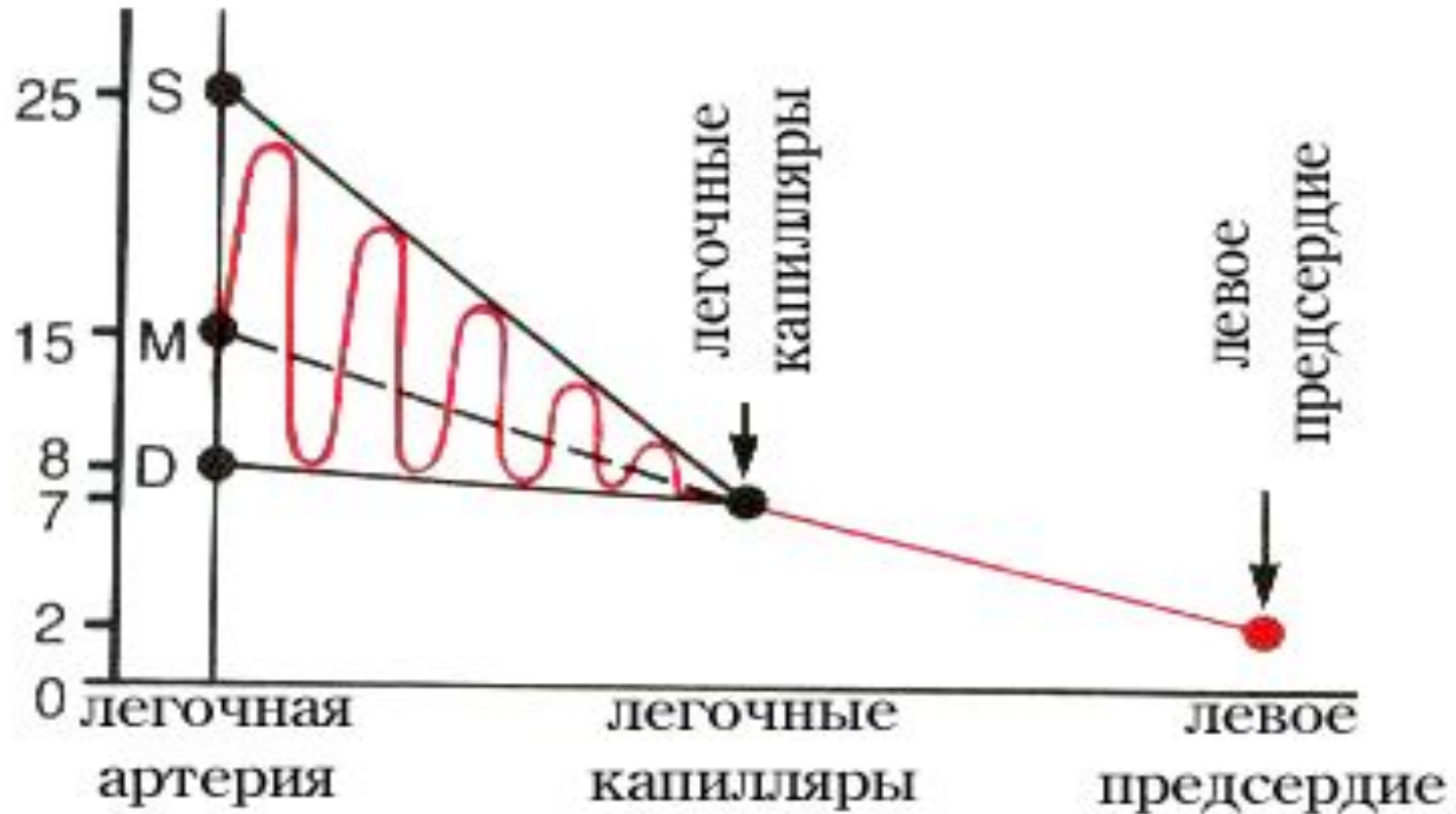


Чтобы жидкость имела возможность перемещаться из правых отделов сердца через легкие в левое предсердие, ДЛП должно быть ниже показателя P_{mv} . В норме градиент между этими двумя показателями небольшой, например, в пределах 1-2 мм рт. ст.

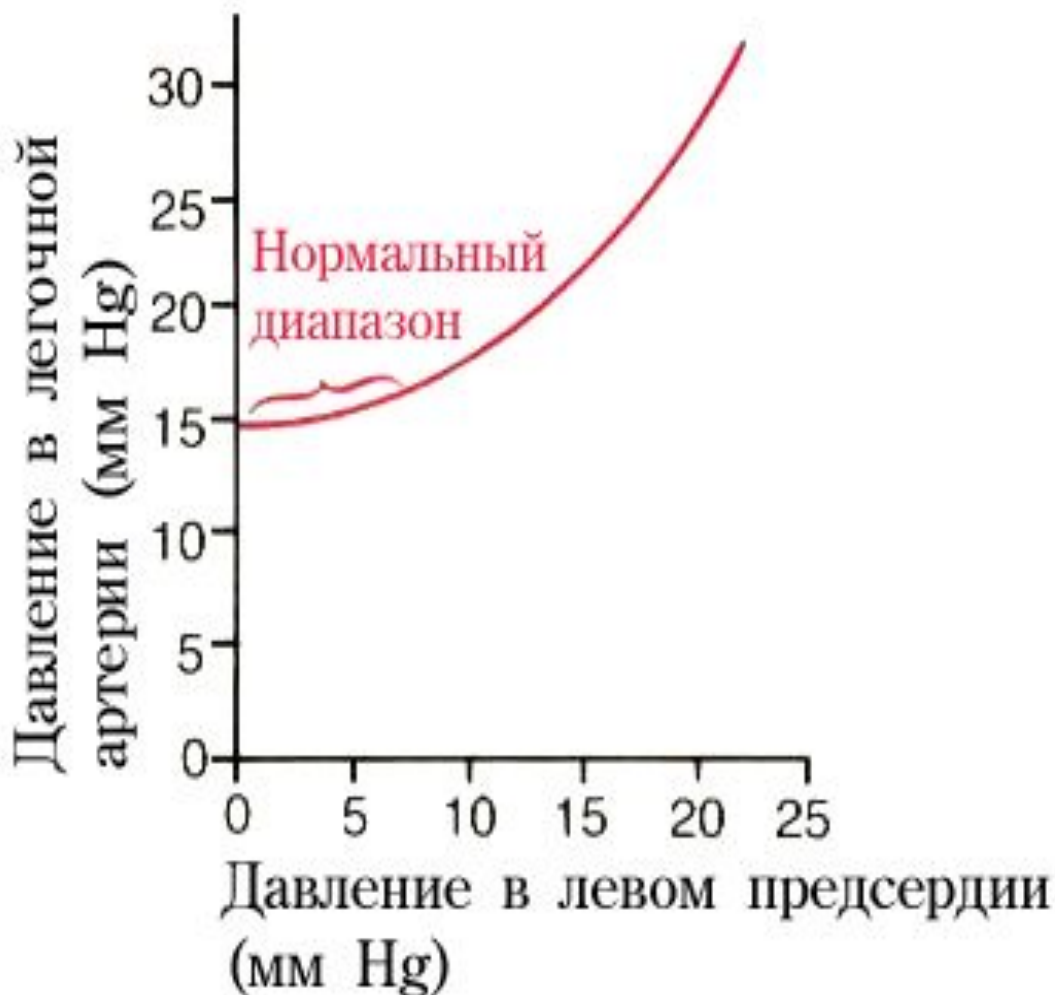
Величины давлений (мм рт. ст.) в большом и малом кругах кровообращения



ДАВЛЕНИЕ В СОСУДАХ ЛЕГКИХ



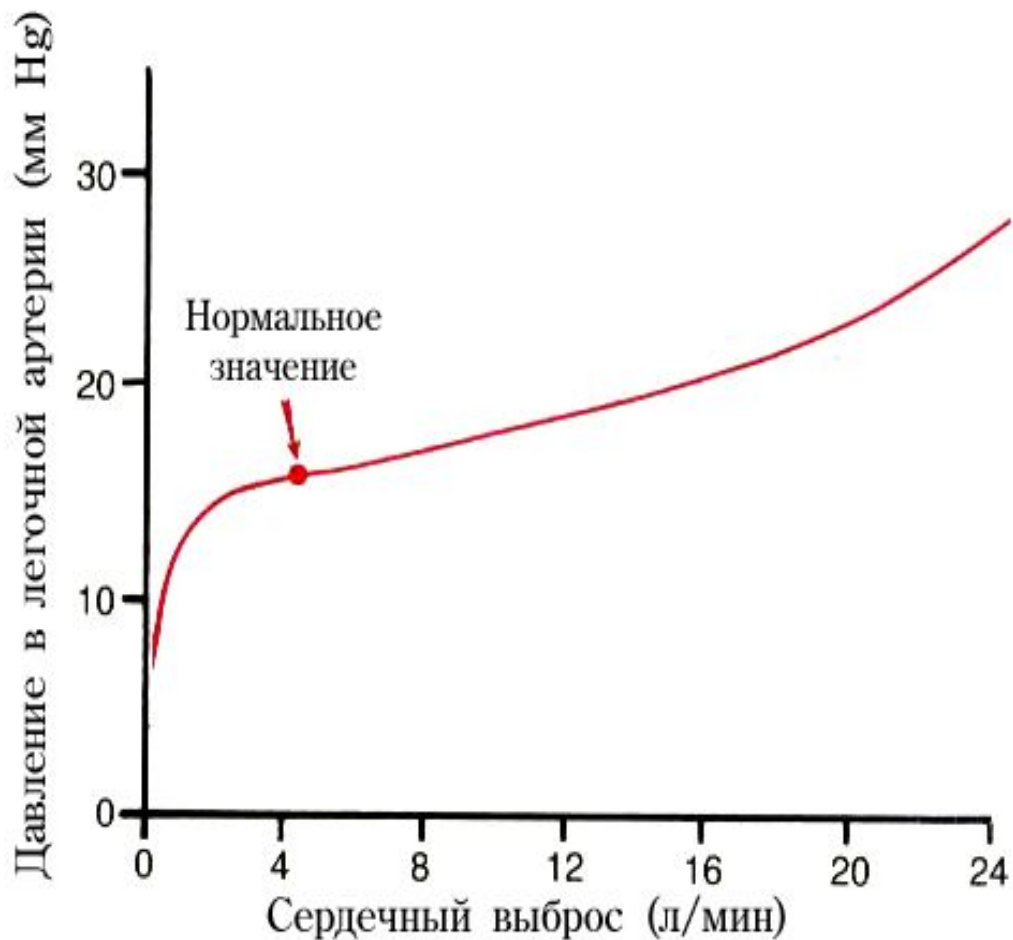
Зависимость давления в левом предсердии от давления в легочной артерии



$\uparrow P$ в ЛП до 7-8 мм Hg
 \rightarrow к $\uparrow P$ в ЛА.

$\uparrow P$ в ЛП до 25-30 мм Hg \rightarrow к
аналогичному
давлению в
капиллярах = отек
легких.

Зависимость давления в легочной артерии от сердечного выброса



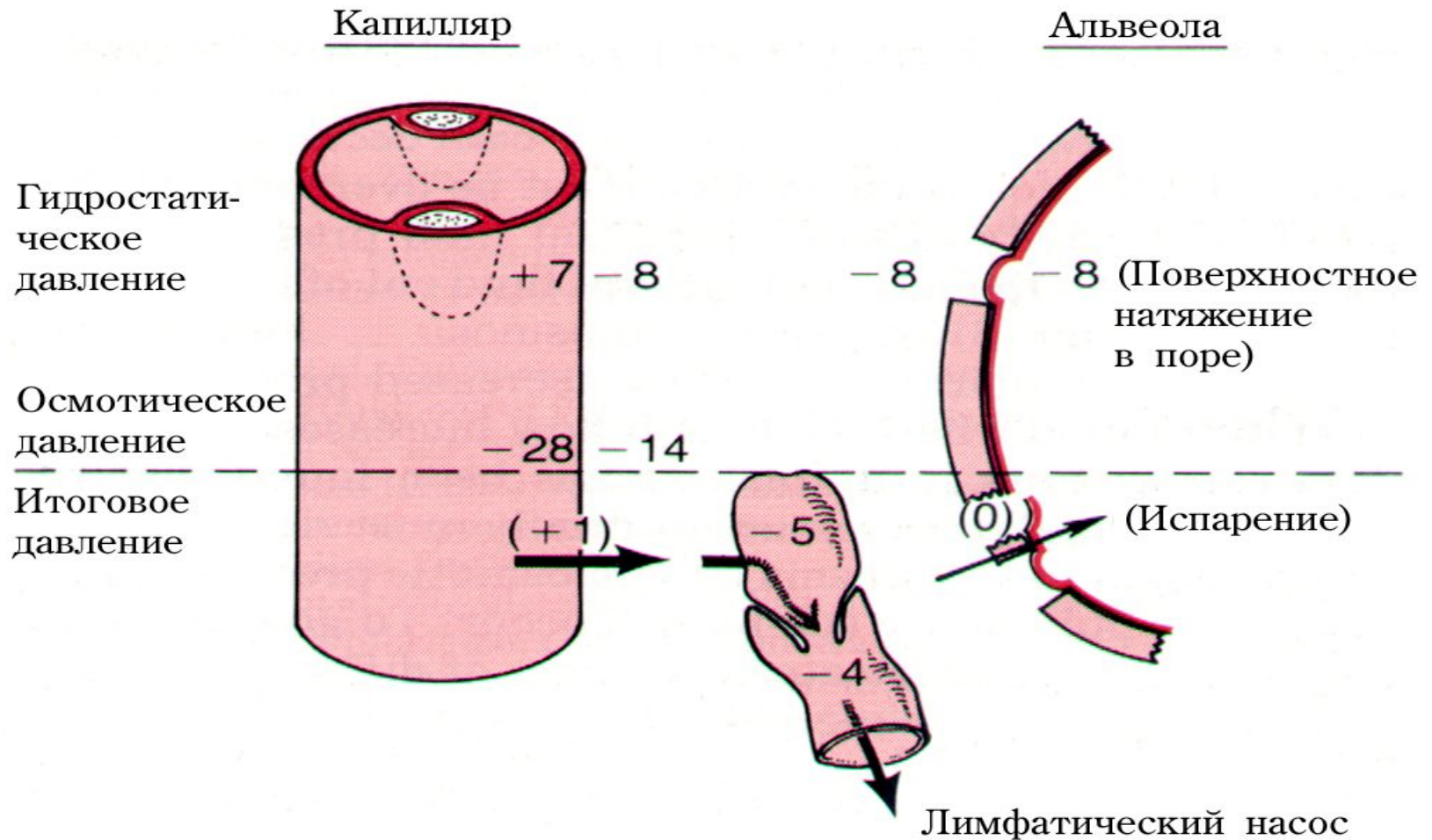
*Механизм предотвращения
ОЛ при ↑ СВ:*

- 1. Увеличения числа
открытых капилляров
(вовлечение)*
- 2. Увеличение просвета
капилляров (расширение)*



*↓ легочное сосудистое
сопротивление*

Давления, влияющие на движение жидкости



Коэффициент отражения (δ)

- Представляет фракцию белка, которая отражается от капиллярной мембраны и не проходит через нее.
- Это показатель относительной проницаемости мембраны, указывающий, насколько осмотический градиент повлияет в конкретных условиях на фильтрацию жидкости.
- Некоторые ткани, такие как головной мозг, являются непроницаемыми для белков, коэффициент δ при этом равен 1.
- Напротив, коэффициент δ в печени приближается к нулю; это означает, что печеночный капилляр полностью проницаем для белков плазмы, а количество фильтрующейся непосредственно в паренхиму печени жидкости почти полностью зависит от величины гидростатического давления.
- Показатель δ в легких равен 0.7.
- Капиллярная мембрана в легких работает по принципу сита, эстрагируя белки плазмы из покидающей капилляр жидкости, позволяя лишь третьей части от общего количества плазменных белков проникнуть в интерстиций. По этой причине концентрация белка в профильтрованной жидкости меньше, чем в плазме.

Коэффициент фильтрации (Kf)

- Отражает физические характеристики мембраны, такие как проницаемость для воды и площадь общей поверхности.
- Увеличение общей площади поверхности капиллярной мембраны или увеличение ее проницаемости для воды приводит к выходу большего количества воды в интерстиций, даже если другие параметры остаются неизменными.

Нормальные величины составляющих уравнения Старлинга

Термин	Символ	Нормальные средние величины
Скорость фильтрации жидкости	Q_f	—
Коэффициент фильтрации	K_f	0.2 мл/мин × 100 г × мм рт. ст.
Гидростатическое давление в легочных микрососудах	P_{mv}	9 мм рт. ст.
Гидростатическое давление в перимикроваскулярном интерстициальном пространстве	P_i	-4 мм рт. ст.
Коэффициент осмотического отражения	σ	0.8
Онкотическое давление в легочных микрососудах	Π_{mv}	24 мм рт. ст.
Онкотическое давление в перимикроваскулярном интерстициальном пространстве	Π_i	14 мм рт. ст.

Факторы, предохраняющие легкие от отека

- Развитая лимфатическая система
- Низкая проницаемость легочных капилляров для жидкости
- Очень низкая диффузионная способность капиллярной стенки для белков
- Очень низкая проходимость эпителиального барьера для электролитов

НАИБОЛЕЕ ЧАСТЫЕ КАРДИАЛЬНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТЕКА ЛЕГКИХ

- артериальные гипертензии;
- аортальные, митральные пороки сердца;
- нестабильная стенокардия, инфаркт миокарда;
- миокардиты, кардиомиопатии;
- аритмии сердца.

НАИБОЛЕЕ ЧАСТЫЕ НЕКАРДИАЛЬНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТЕКА ЛЕГКИХ

- трансфузионная гиперволемиа;
- гипопротеинемия < 25 г/л (только при наличии других предрасполагающих факторов);
- почечная, печеночная недостаточность;
- шок анафилактический, септический;
- острый панкреатит, жировая эмболия;
- тяжелая травма грудной клетки;
- ТЭЛА, геморрагический шок;
- тяжелая пневмония, инородное тело ВДП;
- утопление;
- отравление газами;
- ЧМТ, ОНМК.

Классификация отека легких

ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЙ (ГИДРОСТАТИЧЕСКИЙ) ОТЕК ЛЕГКИХ

- повышение легочного капиллярного давления (25-30 мм рт. ст. и выше)
- снижение онкотического давления плазмы
- или сочетание обоих механизмов

ОТЕК, ОБУСЛОВЛЕННЫЙ ПОВЫШЕНИЕМ ПРОНИЦАЕМОСТИ КАПИЛЛЯРНОЙ СТЕНКИ

- обусловлен острым обширным повреждением эндотелия легочных микрососудов

Причины повышения гидростатического давления в легочных капиллярах (по R.K.Albert, 1986)

ПОВЫШЕНИЕ ДИАСТОЛИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ В ЛЕВОМ ЖЕЛУДОЧКЕ

- поражение аортального клапана
- артериальная гипертензия
- поражение коронарных артерий
- кардиомиопатии
- повышенная нагрузка на сердечную мышцу (тиреотоксикоз, артериовенозные фистулы, тяжелые анемии)
- аритмии
- гиперволемия вследствие вливания большого количества жидкости

ПОВЫШЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В ЛЕВОМ ПРЕДСЕРДИИ

- поражения митрального клапана
- миксома левого предсердия

ПОВЫШЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В ЛЕГОЧНЫХ ВЕНАХ

- повреждение легочных вен, приводящее к их окклюзии
- фиброзирующий медиастенит
- врожденные сердечно-сосудистые аномалии

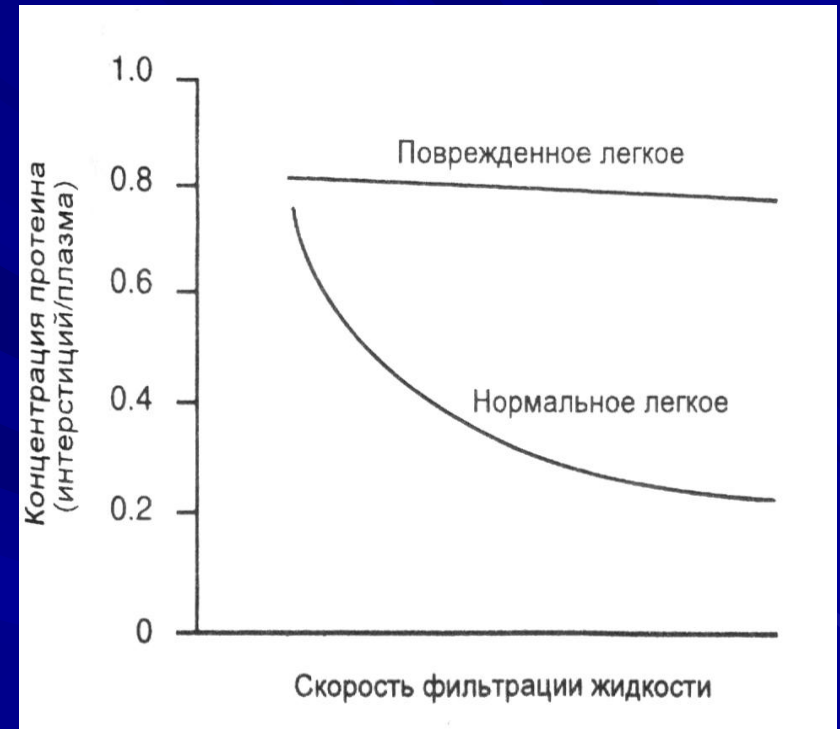
НЕЙРОГЕННЫЙ ОТЕК ЛЕГКИХ

- ЧМТ
- судороги
- острые сосудистые поражения головного мозга

Причины отека легких, обусловленного повышением проницаемости АКМ

- Инфекция (бактериальная, вирусная)
- Ингаляция раздражителей
- Попадание в кровь эндогенных или экзогенных биологически активных в-в (гистамина, бактериальных эндотоксинов, змеиных ядов)
- Экзогенные физические факторы (травма, лучевой пневмонит)
- Нарушение свойств крови (ДВС)
- Гипериммунные реакции
- Тяжелые нарушения кровообращения (например, острый геморрагический панкреатит)

Основные физиологические отличия между гемодинамическим ОЛ и ОЛ вследствие повышенной проницаемости



При ОЛПП → ↑ к-т фильтрации и
↓ к-т осмотического отражения

↓ онкотическая сила абсорбции
[$\delta(\Pi_{mv} - \Pi_i)$]

Гемодинамический ОЛ

- Проявляется в первые минуты после повышения легочного капиллярного гидростатического давления (ОЛПП - 6-48 ч)
- Быстро разрешается

СТАДИИ НАКОПЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ЛЕГКИХ

I СТАДИЯ – чрезмерное усиление нормального физиологического выхода жидкости из легочных капилляров в интерстициальное пространство, которая впоследствии возвращается в сосудистое пространство через легочную лимфатическую систему. Основная задача – предотвращение накопления воды в интерстициальном пространстве.

II СТАДИЯ – ИНТЕРСТИЦИАЛЬНЫЙ ОТЕК – толстая часть альвеолярных стенок набухает, однако большая часть отеочной жидкости проходит в интерстициальные пространства под плеврой и вокруг бронховаскулярных пучков.

III СТАДИЯ – АЛЬВЕОЛЯРНЫЙ ОТЕК – «затопление» альвеол жидкостью.

- напрямую из окружающего альвеолы интерстициального пространства в связи с высоким давлением в нем, прорывающим альвеолярные мембраны
- опосредованно, из перибронхиальных и периваскулярных пространств в неповрежденные альвеолы

Клиническая картина кардиогенного отека легких

Нарастающая выраженная одышка

Ортопноэ

Цианоз

Кожа: сероватого оттенка, холодная, холодный пот

Хрипы (слышимые на расстоянии)

Иногда красная пенистая мокрота

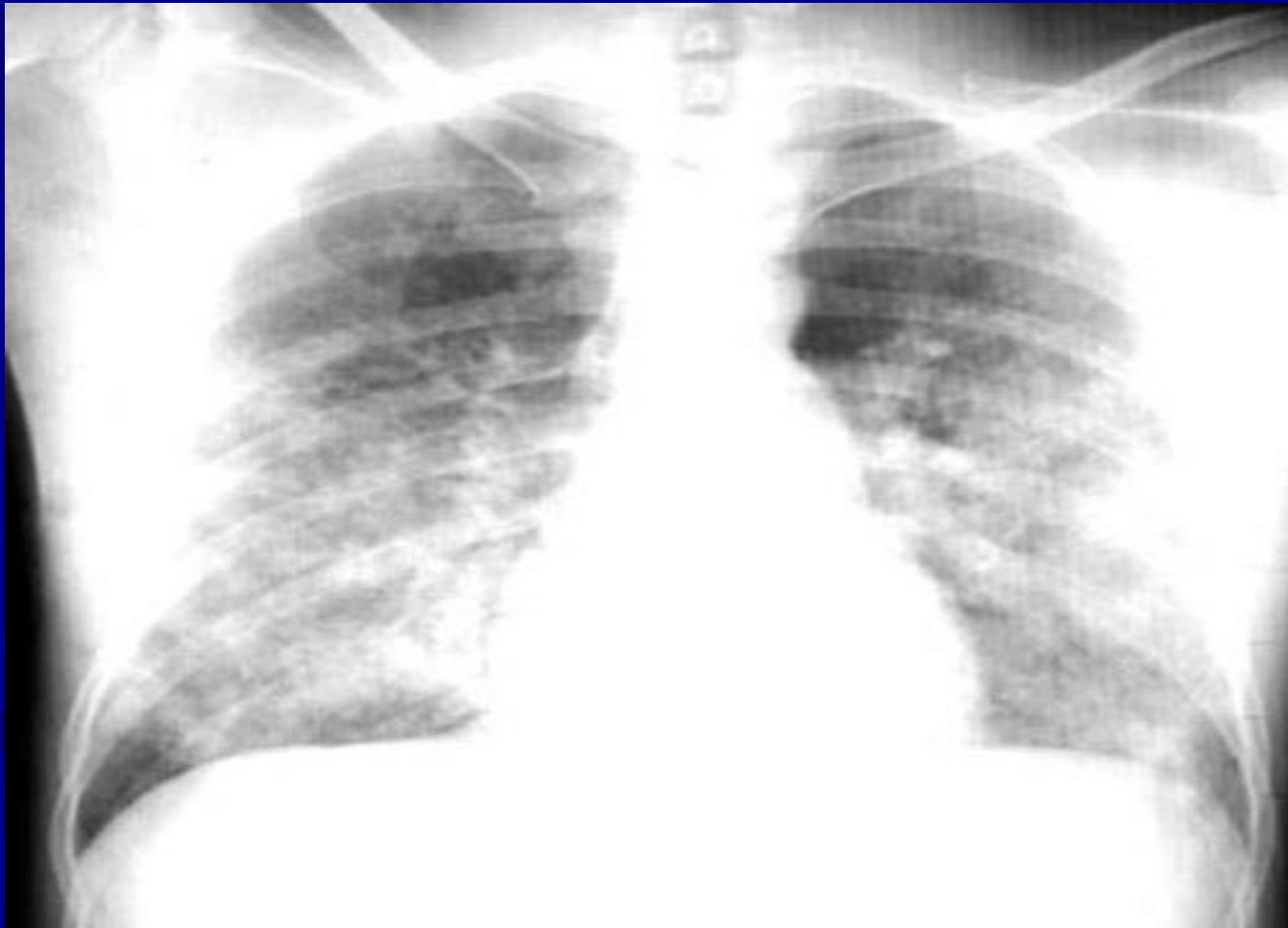
Тахикардия, снижение артериального давления вплоть до шока

Вначале часто спастическое дыхание (сердечная астма)

Рентгенографические признаки отека легких

- Усиленный сосудистый рисунок
- Нечеткие контуры сосудов
- Увеличение размеров сердечной тени
- Появление линий Керли А (длинные, располагаются в центре легочного поля)
- Появление линий Керли В (короткие, располагаются по периферии)
- Инфильтрация в перибронхиальных отделах
- Появление силуэта “летучей мыши” или “бабочки”
- Выпот в плевральную полость
- Появление ацинарных теней (участки консолидации, имеющие пятнистый вид)

Отек легких



ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ МЕРЫ ТЕРАПИИ

- Ингаляция кислорода (поддержание paO_2 на уровне 60 мм рт. ст. и выше).
- При сопутствующей гиперкапнии или неэффективности других методов подачи кислорода применяют ИВЛ.
- Сидячее положение улучшает функцию легких и способствует депонированию крови в венозном русле.
- Полный покой, устранение боли и возбуждения.

Медикаментозное лечение

- Морфин уменьшает возбуждение и, кроме того, расширяет вены большого и малого круга кровообращения. Морфина сульфат вводят в/в, 2-5 мг за несколько минут, при необходимости повторно, каждые 10—25 мин, до достижения эффекта.
- Фуросемид в/в оказывает мощное прямое сосудорасширяющее действие на вены и уменьшает застой в легких через несколько минут после введения, еще до начала мочегонного действия. Начальную дозу 20—40 мг вводят в/в струйно в течение нескольких минут.
- Нитроглицерин — преимущественно венозный вазодилататор, он усиливает действие фуросемида.

Медикаментозное лечение

- Нитропруссид натрия - широко используют при отеке легких в качестве дополнительного средства, особенно при острой митральной недостаточности и артериальной гипертонии. Подбирая дозу, ориентируются на результаты исследования параметров гемодинамики.
- **Инотропные средства, такие, как добутамин или ингибиторы фосфодиэстеразы, применяют в случаях, когда отек легких сопровождается артериальной гипотонией и шоком. Эти средства используют после проведения первоочередных лечебных мероприятий.**

Механические способы уменьшения застоя в легких

- Их нельзя рассматривать как альтернативу медикаментозного лечения.
- Применяют, когда нужно добиться быстрого, но кратковременного улучшения.
- На три конечности накладывают резиновые **жгуты** или манжеты тонометра, не препятствующие артериальному кровотоку, но ограничивающие венозный возврат (давление в манжетах должно быть выше диастолического, но ниже систолического); каждые 15—20 мин один из жгутов перемещают на свободную конечность.

Механические способы уменьшения застоя в легких

- Когда иными способами ОЦК снизить трудно (например, при почечной недостаточности), иногда проводят **кровопускание** (250—500 мл).
- Более эффективными в сравнении с кровопусканьем средствами являются экстренный **гемодиализ** и **ультрафильтрация**.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

