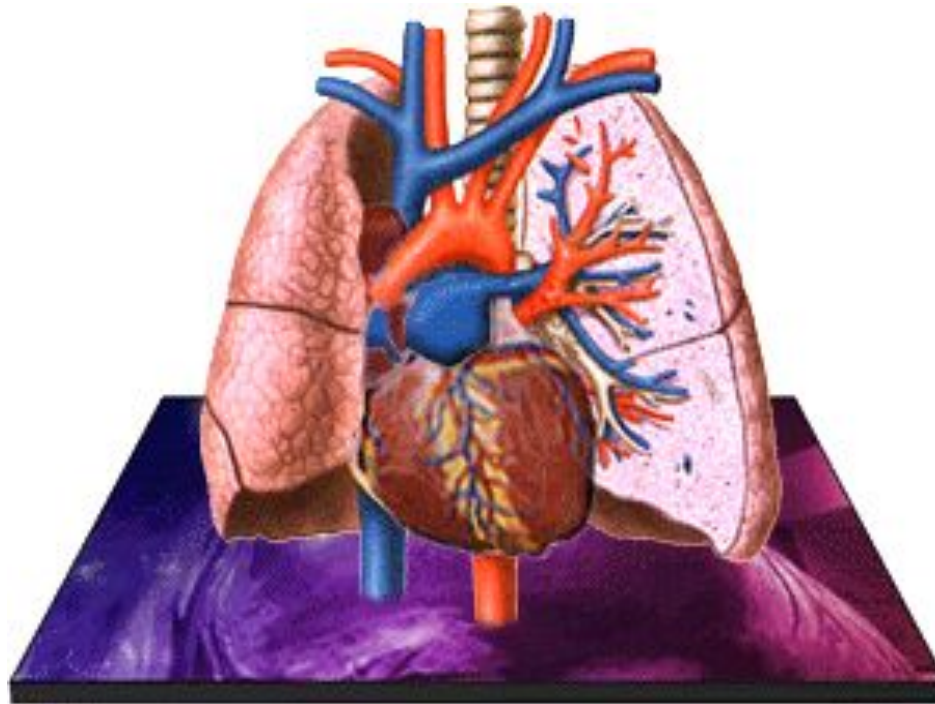
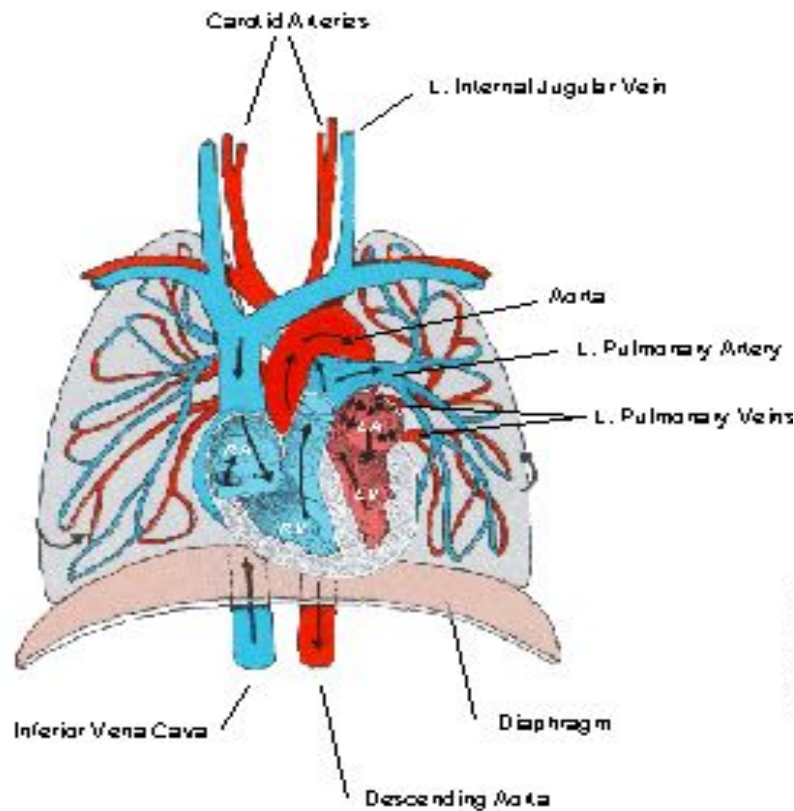


легочное кровообращение

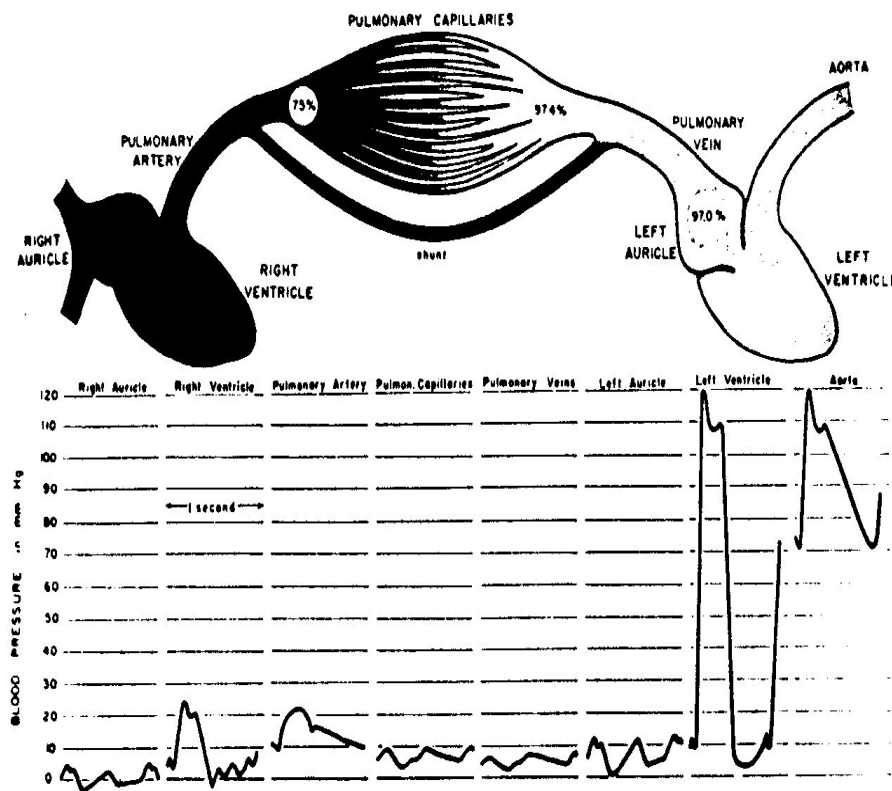


Анатомия малого круга



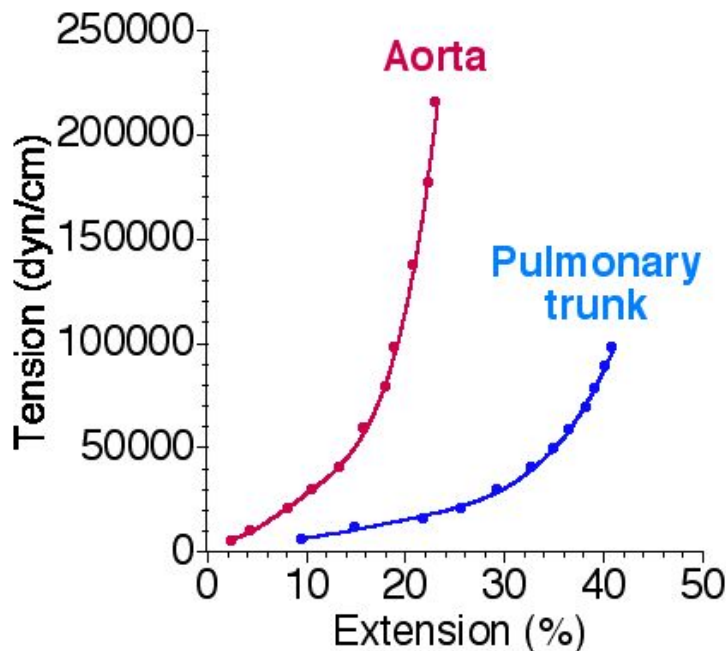
- Малый круг включен в систему кровообращения последовательно с большим кругом
- Сосуды малого круга:
 - Легочный ствол (выходит из правого желудочка) □ легочные артерии (правая и левая) □ долевые ветви □ сегментарные ветви
 - Легочные вены – правые и левые (впадают в левое предсердие)
- Артериовенозные анастомозы
- 2-й источник кровоснабжения легких – бронхиальная система

Давление в системе легочного кровообращения

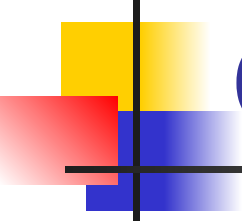


- Правое предсердие=0 mmHg
- Правый желудочек: систолич.=25 mmHg, диастолич.=0 mmHg
- Легочная артерия: среднее=15 mmHg, систолич.=25 mmHg, диастолич.=8 mmHg
- Капиллярное гидростатическое давление ~8–10 mmHg
- Левое предсердие ~5 mmHg
- □ давление в малом круге намного ниже, чем в большом

Причины низкого давления

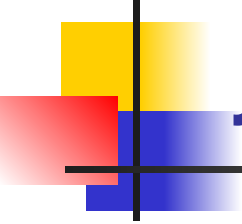


- Легочные сосуды короче и имеют более тонкую стенку с меньшим мышечным слоем
- Большая растяжимость легочных артерий (см. рис.)
- Малая величина сосудистого сопротивления (30% сопротивления – артерии, 50% - артериолы и венулы, 20% - вены)



Следствия низкого давления

- Абсолютные величины давлений в легочной артерии намного ниже, чем в аорте ☐ при малой работе правого желудочка обеспечивается продвижение всей крови по малому кругу
- Пульсовое давление ($P_{\text{сист.}} - P_{\text{диаст.}}$) относительно больше, чем в аорте ☐ в период систолы из-за малого сопротивления большая часть систолич. объема крови переходит в легочные вены



Легочный кровоток

- Состав:
 - Вся кровь, выбрасываемая правым желудочком
 - Венозная кровь из бронхиальных сосудов, поступающая в легочные вены (2% общего выброса левого желудочка)
- Эластичность артерий □ сглаживание пульсирующего кровотока.
- Затухающий пульсирующий кровоток в капиллярах, венах, до левого предсердия
- Скорость: лег. артерия=18 см/с, капилляры=0,3 мм/с, вены - повышается

Трансмуральное давление

- это разность между внутренним и внешним давлением на стенке сосудов

Внешнее давление:
альвеолярное и
плевральное

При дыхании изм.
на 2 – 3 mmHg

Вдох: $\uparrow P_{тр}$

$\uparrow$ Приток крови в
вены, расп. в
грудной клетке

Выдох: $\downarrow P_{тр}$

$\downarrow$ Приток крови в
вены, расп. в
грудной клетке

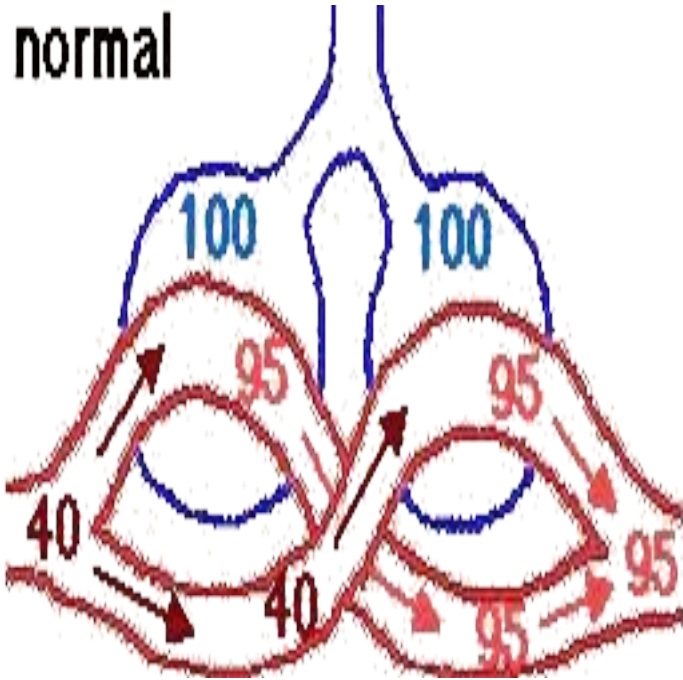
Внутрисосудистое
давление

$\uparrow P_{арт} - P_{вен}$

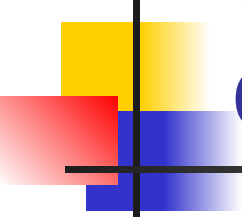
$\uparrow P_{тр}$

Увеличение
объемного
кровотока

Диффузия газов



- Кровь легочных капилляров насыщается O₂ и выводит в альвеолы избыток CO₂ □ ЛК – неотъемлемое звено легочного дыхания
- Суммарная площадь альвеоло-капиллярного барьера=50 – 60 м², толщина слоя=0,5 мкм, объем крови=150 мл □ благоприятные условия для диффузии
- Время оксигенации=0,25 – 0,75 с
- объема ускоряет диффузию, переполнение – отек легкого

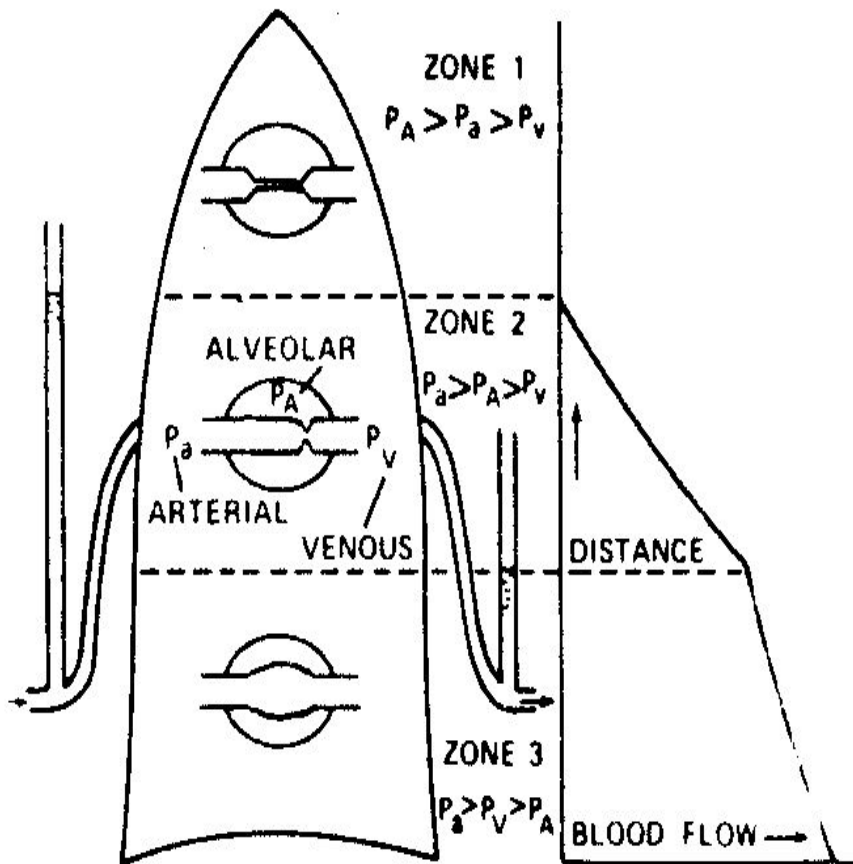


Вентиляционно-перфузионное отношение (V/Q)

Альвеолярная вентиляция ($=4-5$ л/мин) / капиллярный кровоток ($=5-6$ л/мин) $= V/Q = 0,7-1,0$

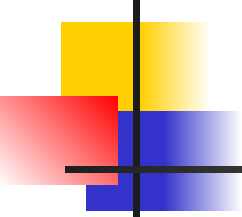
- При $V/Q = 0,9$ и $Q,1$: $P_a O_2 = 100$ mmHg, $P_a CO_2 = 40$ mmHg
- Если V $\downarrow$, $Q = \text{const}$, то $P_a CO_2$ $\uparrow$, $P_a O_2$ $\downarrow$ газовой состав $\sim$ венозный
- V/Q $\downarrow$ артериальная гипоксемия и гиперкапния

Распределение кровотока по легким



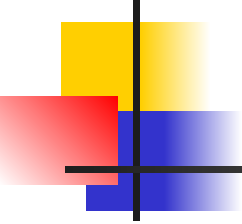
Неравномерно, зависит от положения грудной клетки в гравитационном поле Земли :

- В вертикальном положении – в легких выделяются 3 зоны (по соотношению давлений)
- В горизонтальном положении легкие оксигенируются равномерно



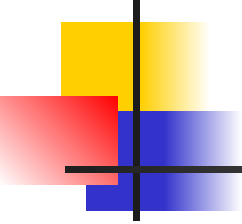
3 зоны в легких

- Среднее давление в легочной артерии на уровне сердца ($P_{\text{ср}}$) = 16 mmHg
- Зона 1: $P_1 = P_{\text{ср}} - P_{\text{гидр}} = 16 - 13 = 3 \text{ mmHg}$, V/Q увелич., $P_a > P_A > P_v$ □ капилляры спадаются
- Зона 2: $P_2 = P_{\text{ср}} = 16 \text{ mmHg}$, V/Q норм., $P_A > P_a > P_v$ □ норма
- Зона 3: $P_3 = P_{\text{ср}} + P_{\text{гидр}} = 16 + 5 = 21 \text{ mmHg}$, V/Q умер. пониж. (до 0,7-0,6), $P_A > P_v > P_a$ □ капилляры расширены, кровоток увелич.



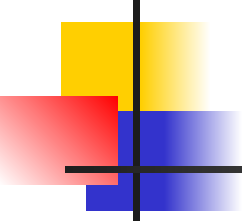
Физическая работа

- Увелич. минутного объема (МО) в 2-2,5 р.
 - незначит. прирост давления, в 4 р.
 - $P_{\text{сист}} = 35 \text{ mmHg}$, $P_{\text{диаст}} = 15 \text{ mmHg}$
- Причины:
 - Открытие ранее не проводящих сосудов (были закрыты под действием атм. давления)
 - Рефлекторная и пассивная вазодилатация под влиянием возросшего трансмурального давления



Регуляция легочного кровообращения 1

- Нервная (симпатические волокна (α -адренорецепторы – сосудосуживающий эффект, β -адренорецепторы – сосудорасширяющий) (?))
- Барорецепторы (повыш. АД в лег. артериях $\square$ сниж. АД в большом круге и наоборот)
- Хеморецепторы (реагируют на сниж. O_2 , повыш. CO_2 , сниж. pH $\square$ симпатич. сужение сосудов (+брадикардия) $\square$ спонтанное дыхание $\square$ воздействие на стретч-рецепторы $\square$ глубокий вдох $\square$ вазодилатация и тахикардия)



Регуляция легочного кровообращения 2

- Местная регуляция
 - Связанная с вентиляцией (реакция на парциальное давление)
 - Адреналин, норадреналин, гистамин □ сужение лег. сосудов, хотя эффекты маскируются изменениями в трансмуральном давлении, вызванными косвенным путем