

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА И.П. ПАВЛОВА» МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАФЕДРА ФАКУЛЬТЕТСКОЙ ХИРУРГИИ С КУРСОМ  
АНЕСТЕЗИОЛОГИИ И РЕАНИМАТОЛОГИИ

# ФУНКЦИЯ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ. ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ОБЪЁМЫ.

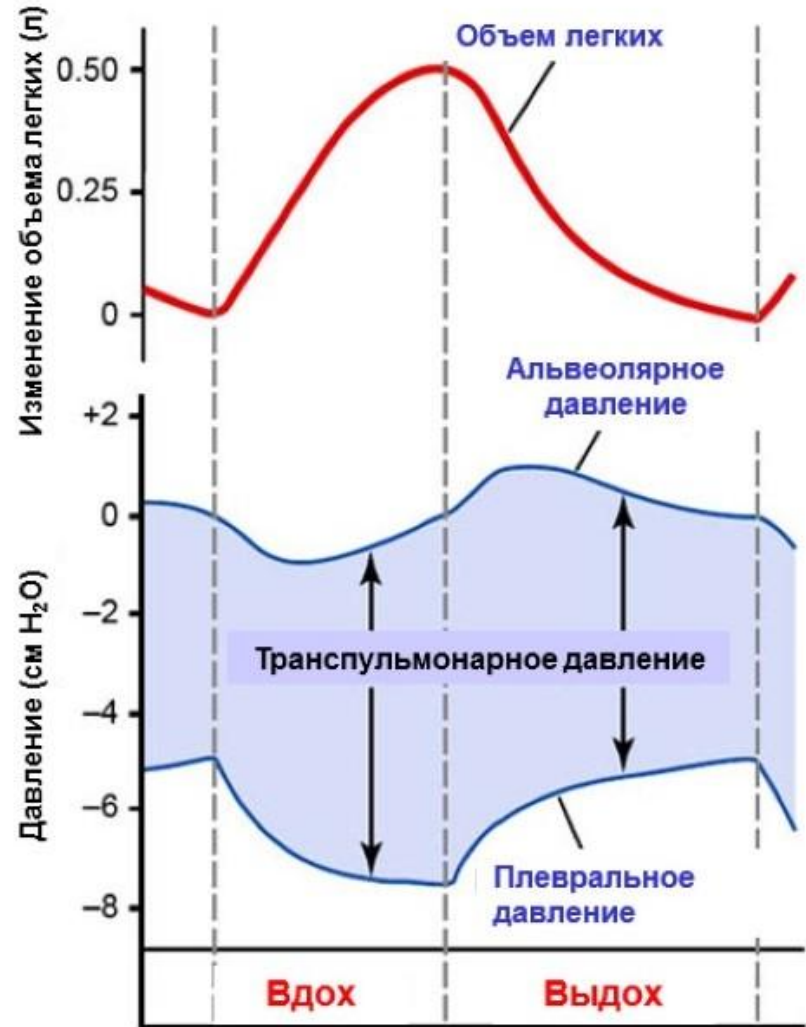
ОЛЕНИН ИВАН АНАТОЛЬЕВИЧ  
**3** ГРУППА, **6** КУРС, ЛЕЧЕБНЫЙ  
ФАКУЛЬТЕТ.

# О ГЛАВНОМ

Основная функция легких — обмен кислорода и углекислоты между внешней средой и организмом — достигается сочетанием вентиляции, легочного кровообращения и диффузии газов. Острые нарушения одного, двух или всех указанных механизмов ведут к острым изменениям газообмена.

# ВЕНТИЛЯЦИЯ

Под вентиляцией следует понимать обмен газа между альвеолярным и атмосферным воздухом. От уровня альвеолярной вентиляции зависит постоянство газового состава альвеолярного воздуха.



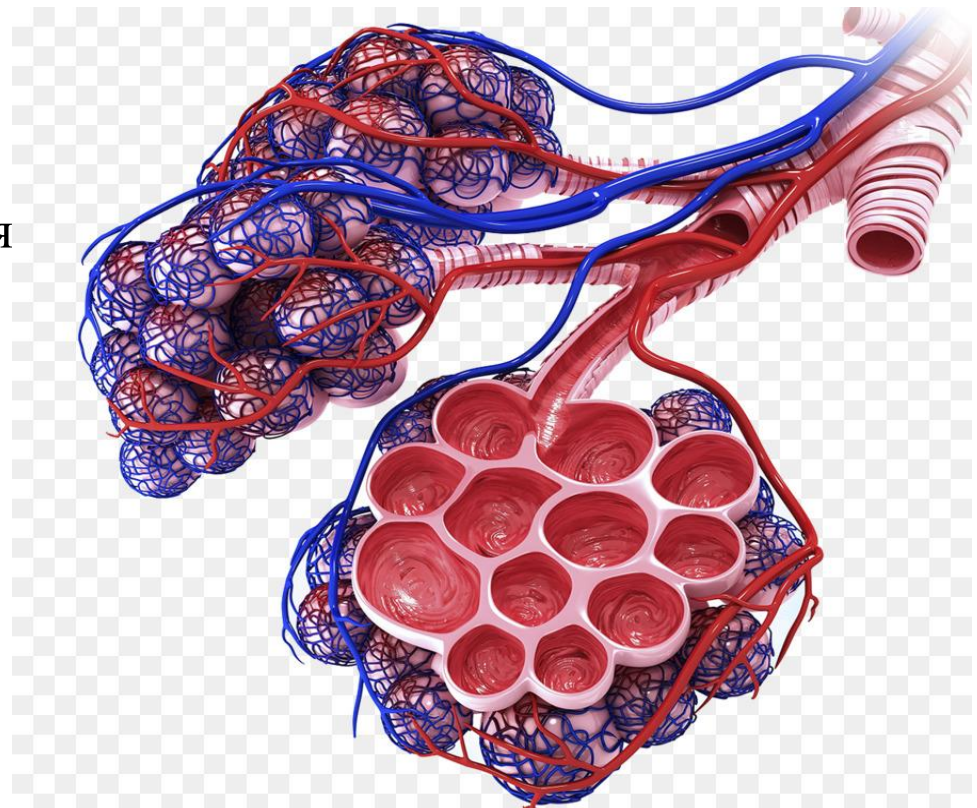
# ПОКАЗАТЕЛИ ВЕНТИЛЯЦИИ

- Частота дыхания (**f**)
- Дыхательный объем (**V<sub>t</sub>**)
- Минутный объем дыхания (**f \* V<sub>t</sub>**)
- Ритм дыхания
- Альвеолярная вентиляция (**V<sub>a</sub>**)

Минутная альвеолярная вентиляция

$$V_a = (V_t - V_d) * f$$

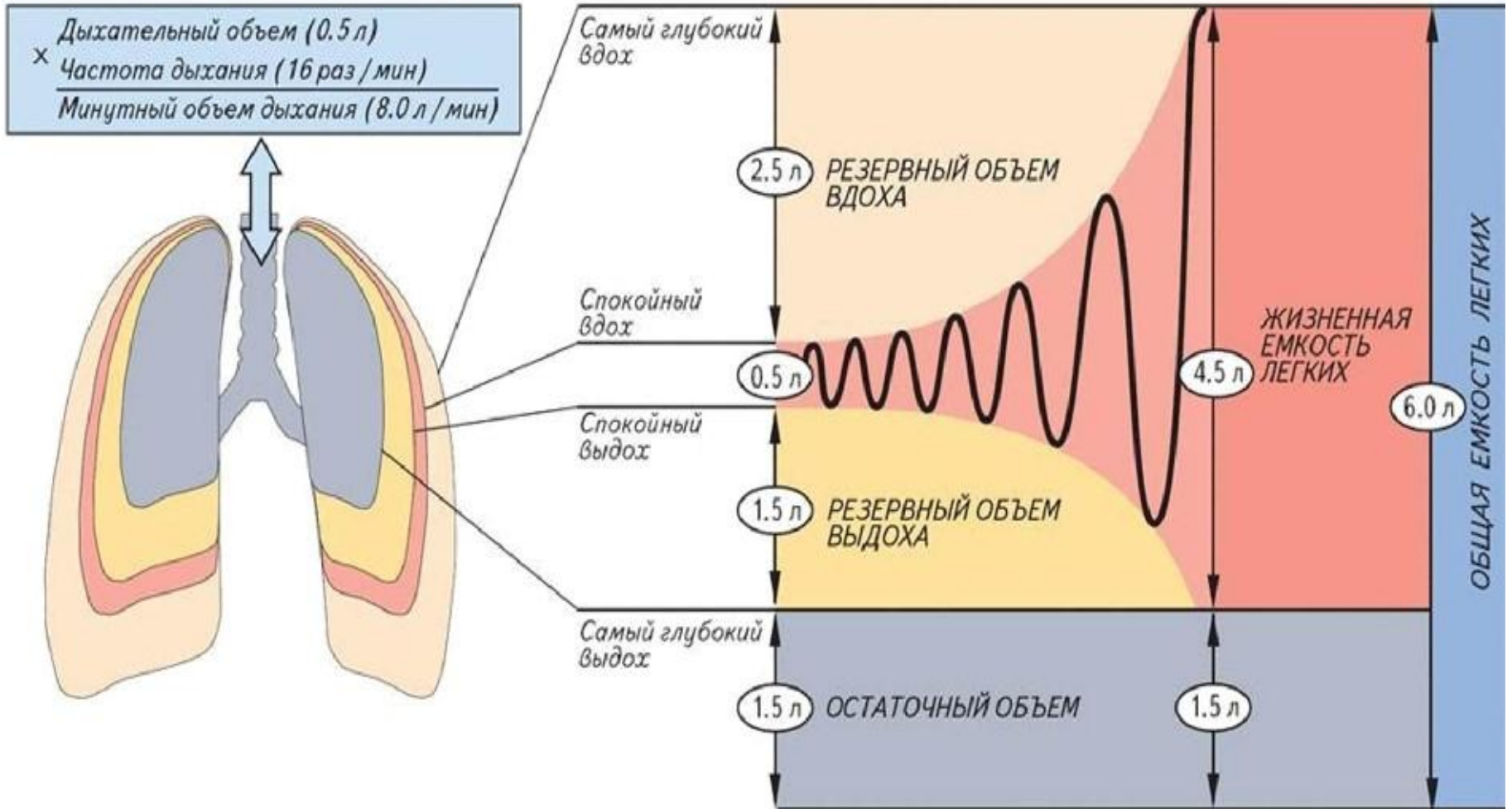
$$V_a = 4 - 4,5 \text{ л/мин}$$



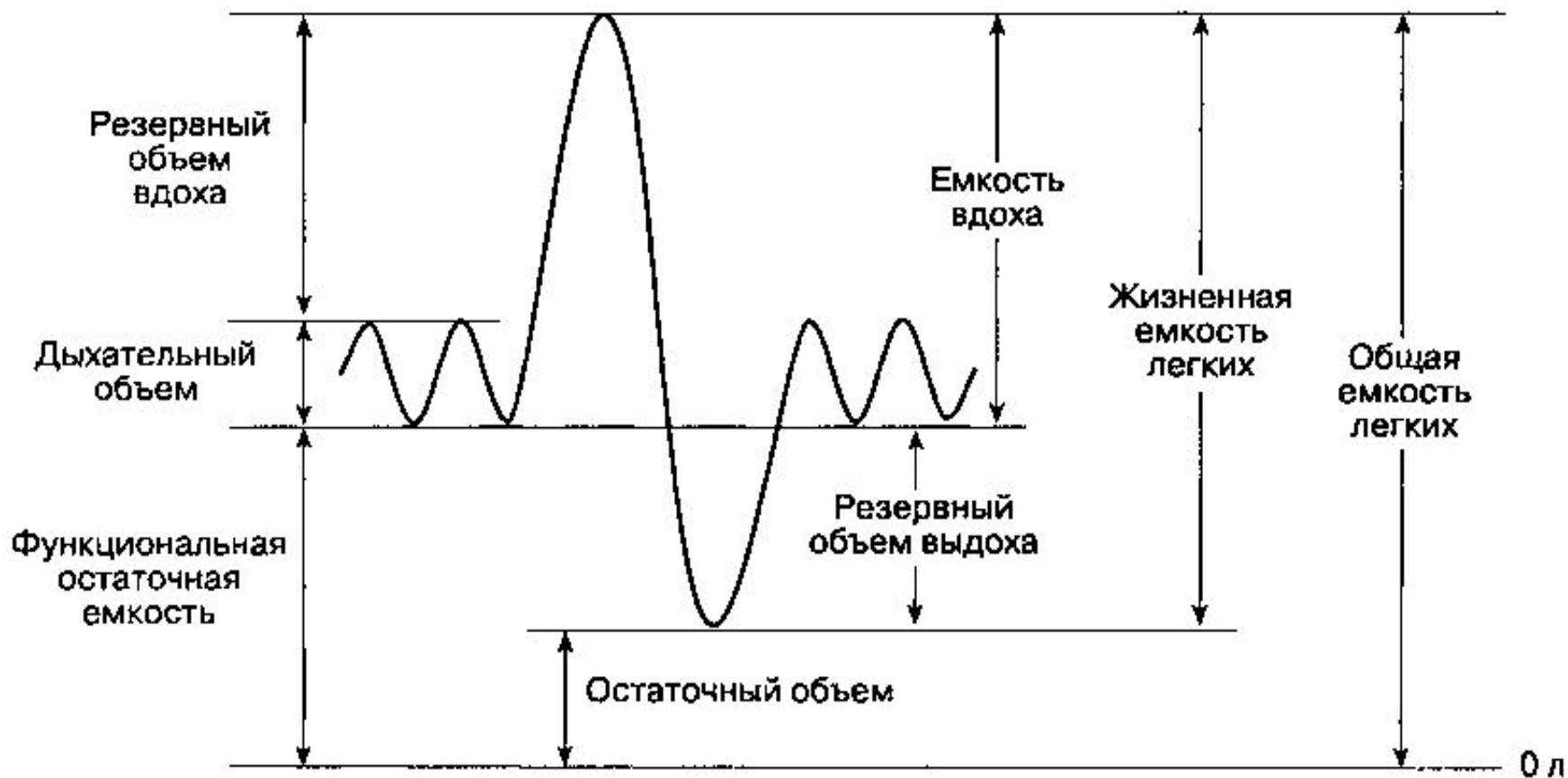
# ЛЕГОЧНЫЕ ОБЪЕМЫ

Дыхательный объем (ДО, $V_T$ )	Объем дыхательного газа, во время спокойного вдоха и выдоха.	7 - 9 мл/кг
Резервный объем вдоха (РОВд, IRV)	Дополнительный объем, который возможно вдохнуть по окончании спокойного вдоха.	2 - 2,5 л
Резервный объем выдоха (РОВыд, ERV)	Дополнительный объем, который возможно выдохнуть, по окончании спокойного выдоха.	1 - 1,5 л
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ, VC)	ЖЕЛ = ДО + РОВд + РОВыд	60 - 70 мл/кг
Остаточный объем (ОО, RV)	Оставшийся объем в легких после максимального выдоха	1,5 - 2 л
Функциональная остаточная емкость (ФОЕ, FRC)	Объем газа, оставшийся в легких после спокойного выдоха ФОЕ = РОВыд + ОО	2,5 – 3,5 л
Общая емкость легких (ОЕЛ, TLC)	Объем легких во время максимального вдоха	

# ЛЕГОЧНЫЕ ОБЪЕМЫ



# ПОКАЗАТЕЛИ СПИРОГРАММЫ



# ОБЪЁМ ЗАКРЫТИЯ ЛЕГКИХ

Объём легких, при котором начинают спадаться бронхиолы, называется емкостью закрытия альвеол.

- Синдром «воздушной ловушки»
- Патологическое шунтирование

Во время ИВЛ, предупредить экспираторное закрытие мелких дыхательных путей можно с помощью ПДКВ.



# МЕРТВОЕ ПРОСТРАНСТВО

Объём газа в дыхательных путях и легких, не участвующий в газообмене ( $V_D$ ).

- Анатомическое мертвое пространство.
- Физиологическое мертвое пространство.

Расчет объёма мертвого пространства:

$$V_D / V_t = (P_A\text{CO}_2 - P_{\text{et}}\text{CO}_2) / P_A\text{CO}_2$$

(уравнение Кристиана Бора)

$P_{\text{et}}\text{CO}_2$  – напряжение  $\text{CO}_2$  в последней порции выдыхаемого воздуха

В норме пространство не превышает 30% дыхательного объема и  $V_D / V_t < 0,3$

# ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЕЛИЧИНУ АНАТОМИЧЕСКОГО МЕРТВОГО ПРОСТРАНСТВА

- Интубация трахеи, трахеостомия – уменьшают  $V_d$  на 50%
- Ваголитики, адreno - и симпатомиметики – увеличивают  $V_d$  до 30 %
- Повышение давления в дыхательных путях на 10 мм. рт.ст увеличивает  $V_d$  на 50%

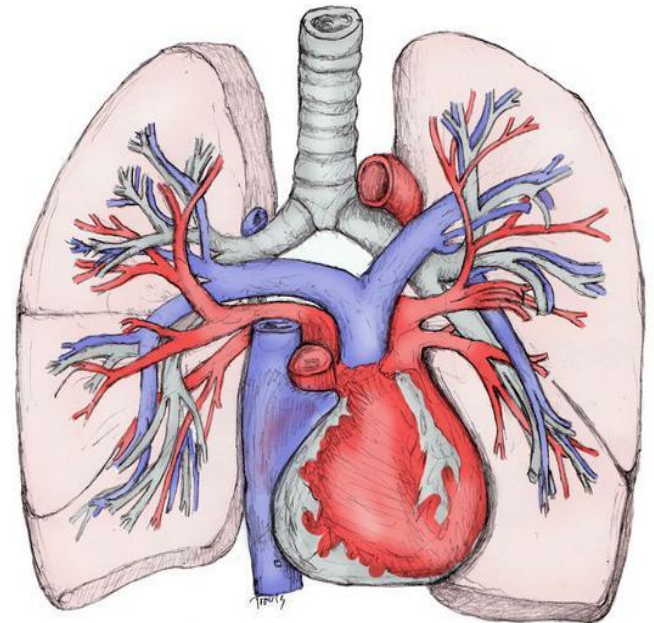
# ПЕРФУЗИЯ

Кровоток легких обеспечивают две большие системы циркуляции:

- Легочная – газообмен и метаболическая потребность паренхимы альвеол
- Бронхиальная – кислород для проводящих воздухоносных путей и легочных сосудов

Особенности легочного кровотока

- МКК- система низкого давления
- Высокий емкостный резервуар
- Неравномерность перфузии легких



# ВЕНТИЛЯЦИОННО-ПЕРФУЗИОННЫЕ СООТНОШЕНИЯ

- Альвеолярная вентиляция ( $V_a$ ) 4 – 4,5 л/мин
- Минутный объём кровообращения ( $Q$ ) 5 – 6 л/мин



В норме вентиляционно-перфузионное соотношение ( $V_a / Q$ ) составляет 0,8 – 0,85.

## Рефлекс Эйлера- Лильестранда

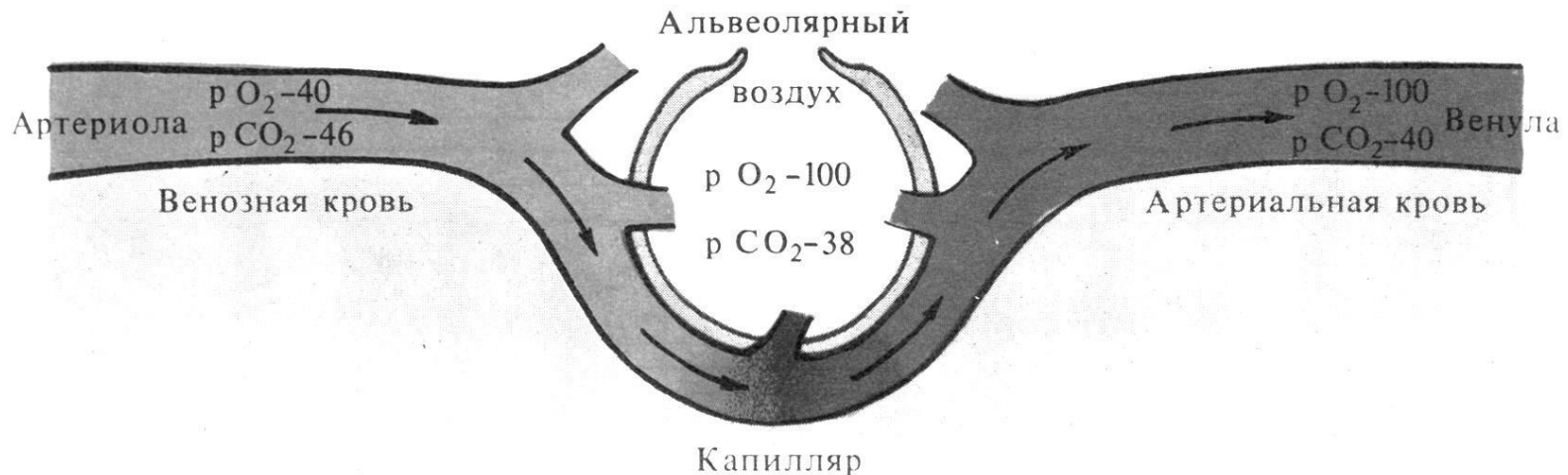
Выражается в развитии вазоконстрикции и уменьшении объема кровотока в той зоне легких, где развивается альвеолярная гипоксия, а также увеличении кровообращения в зонах хорошо оксигенированных альвеол.

- в нормальных условиях организм располагает механизмом, позволяющим приспособить альвеолярную перфузию к существующей в данный момент вентиляции
- это важнейший механизм, уменьшающий внутрилегочное шунтирование и предотвращающий гипоксемию

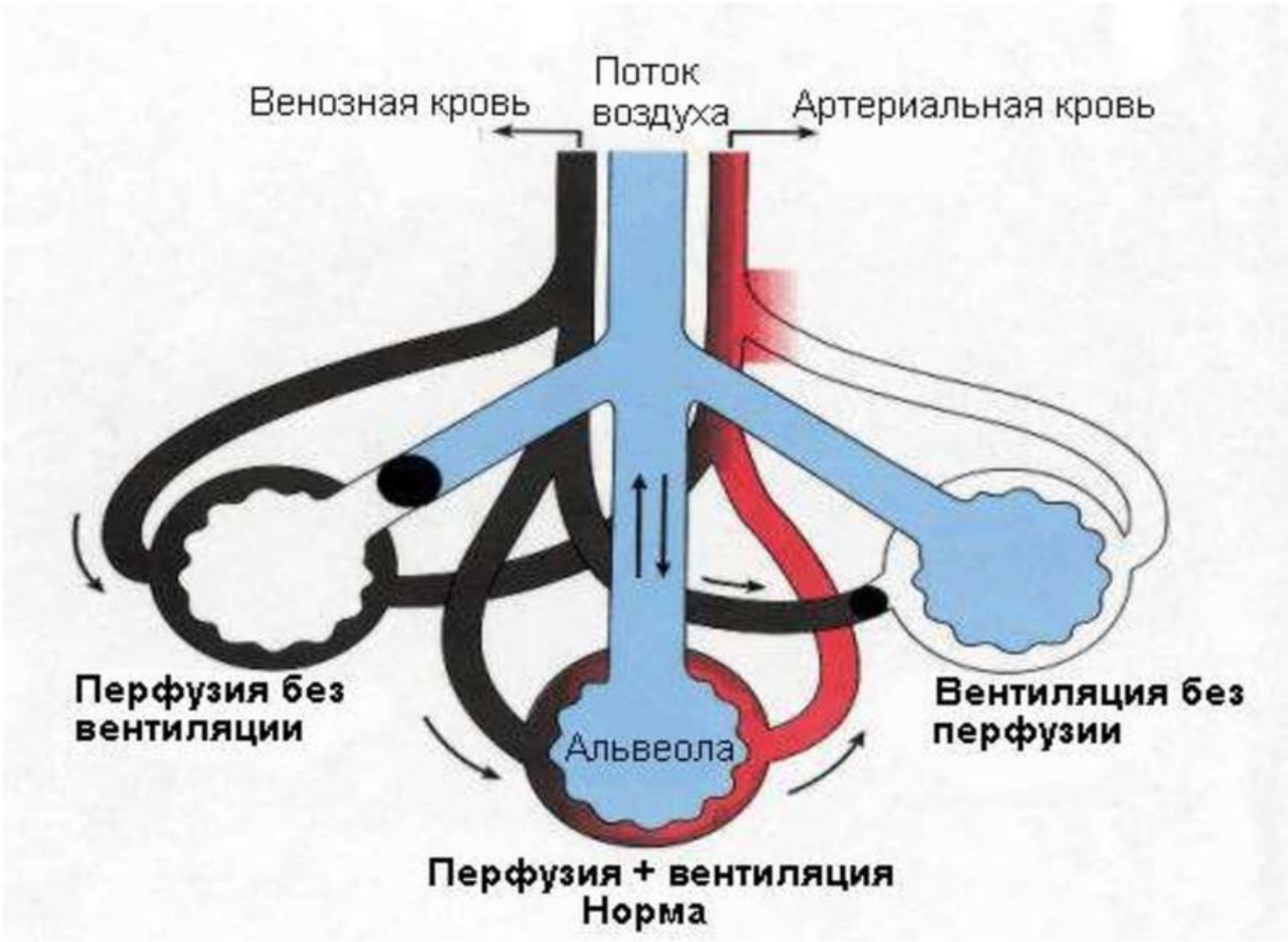
# ДИФФУЗИЯ

Главную роль в процессе диффузии играет градиент парциального давления газа по обе стороны диффузионной мембраны и диффузионная способность газа.

Альвеолярно-артериальная разница по кислороду в норме 9 – 15 мм рт.ст. Характеризует степень тяжести дыхательной недостаточности.



# ВЕНТИЛЯЦИЯ, ПЕРФУЗИЯ, ДИФфуЗИЯ



# РАСТЯЖИМОСТЬ ЛЕГОЧНОЙ ТКАНИ

Это мера эластической тяги, а так же эластического сопротивления легочной ткани, которое преодолевается в процессе вдоха.



$$C_{st} = V_t / (P_{plat} - PEEP)$$

«Статический комплайнс»



$$C_{dyn} = V_t / (P_{peak} - PEEP)$$

«Динамический комплайнс»

Чем ниже (хуже) податливость легких, тем больше эластического сопротивление легочной ткани надо преодолеть, чтобы достигнуть того же дыхательного объёма, что и при нормально податливости.



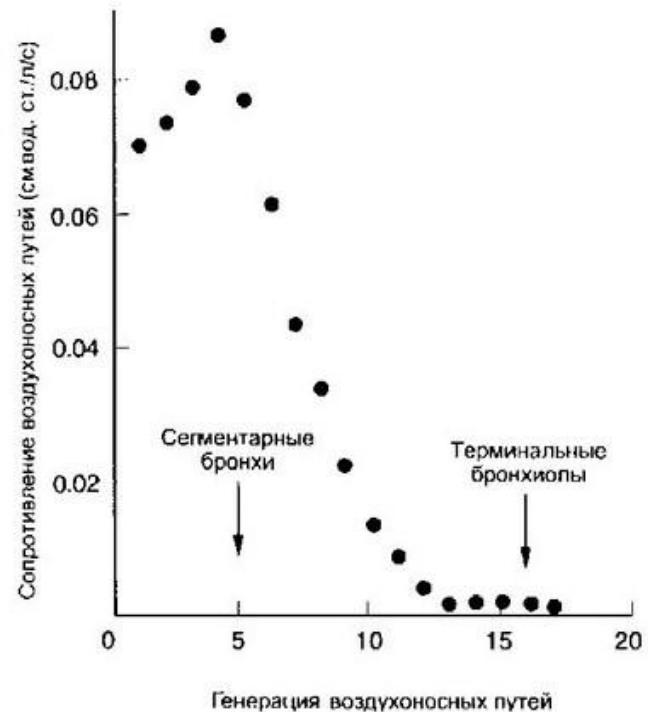
# СОПРОТИВЛЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ

Поток дыхательной смеси преодолевает не только эластическое сопротивление ткани, но и резистивное сопротивление дыхательных путей.

$R = 3-10$  см вод.ст./л/с.

$$R = \frac{\Delta P}{\dot{V}}$$

$$R = \frac{8\eta l}{\pi r^4}$$





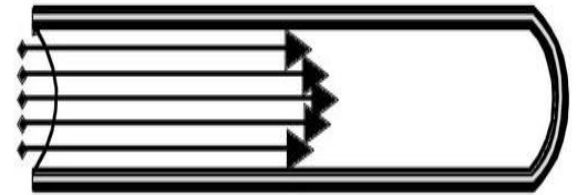
# ТИПЫ ПОТОКА ГАЗА

Выделяют несколько типов потоков газов по бронхам:

- Ламинарный (А)
- Турбулентный (Б)
- Переходный (В)

Будет поток ламинарным или турбулентным, можно определить по числу Рейнольдса (Re)

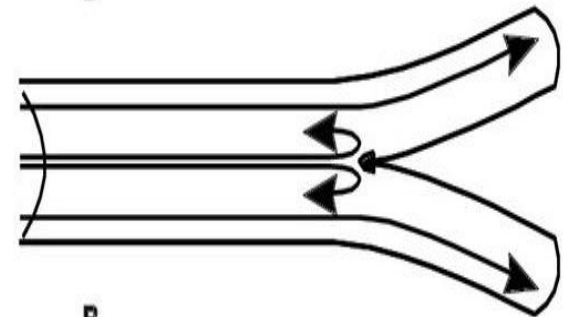
- $Re > 2000$  турбулентный
- $Re < 2000$  ламинарный



А

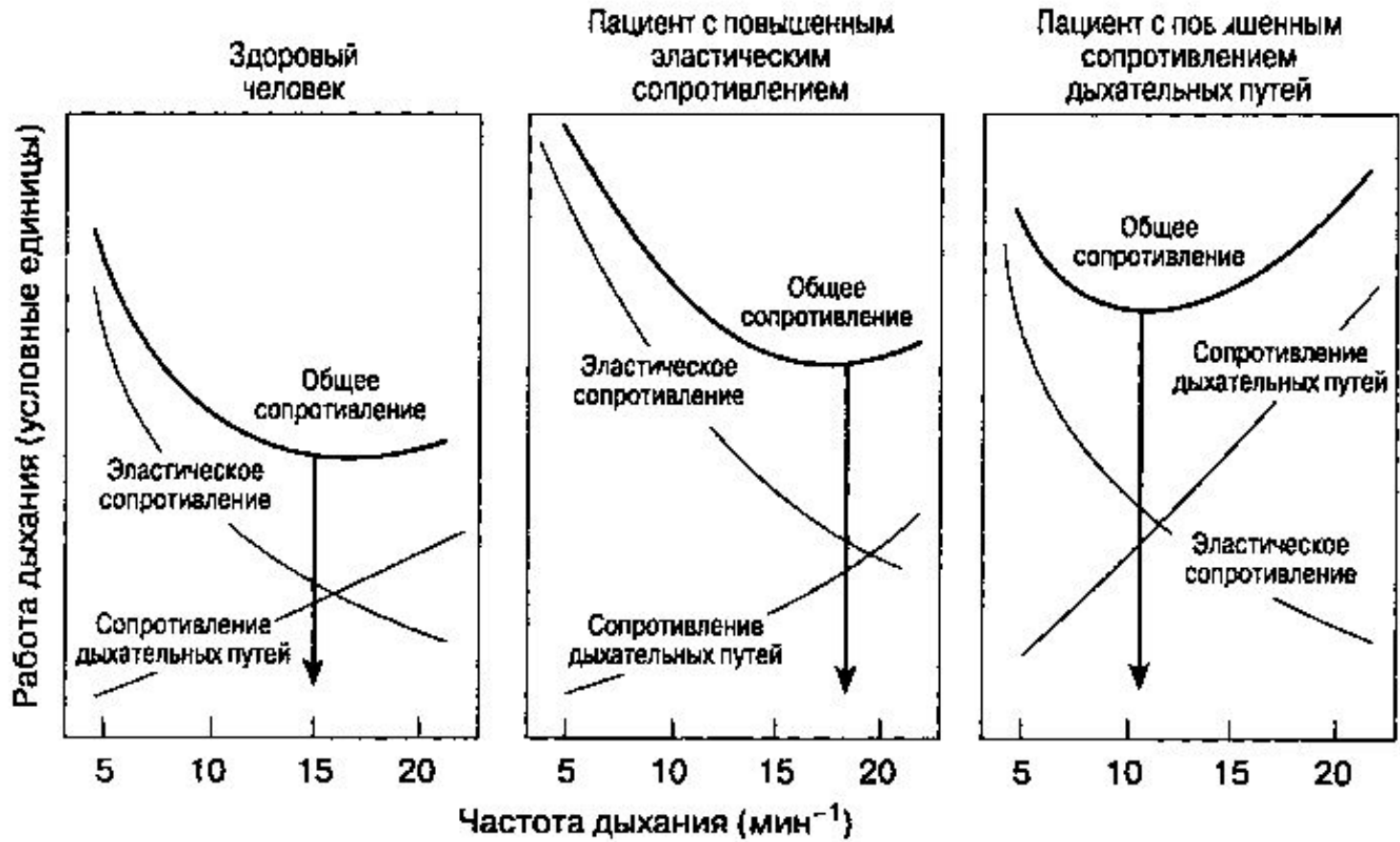


Б



В

# ЗАВИСИМОСТЬ РАБОТЫ ДЫХАНИЯ ОТ ЧАСТОТЫ ДЫХАНИЯ В НОРМЕ И ПРИ ПАТОЛОГИИ.



# ВЛИЯНИЕ АНЕСТЕЗИИ НА ДЫХАНИЕ

- В условиях наркоза и ИВЛ - ниже расположенное легкое вентилируется хуже, но лучше перфузируется кровью → насыщение артериальной крови O<sub>2</sub> снижается за счет недонасыщения крови в ниже расположенном легком - эффект шунтирования. Вне зависимости от вида анестетика поверхностная анестезия → нарушения ритма или задержка дыхания.
- При использовании эфира → дыхание учащенное и поверхностное
- При использовании N<sub>2</sub>O и наркотических анальгетиков → медленное и глубокое дыхание



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**