

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного  
профессионального образования  
**Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования**  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

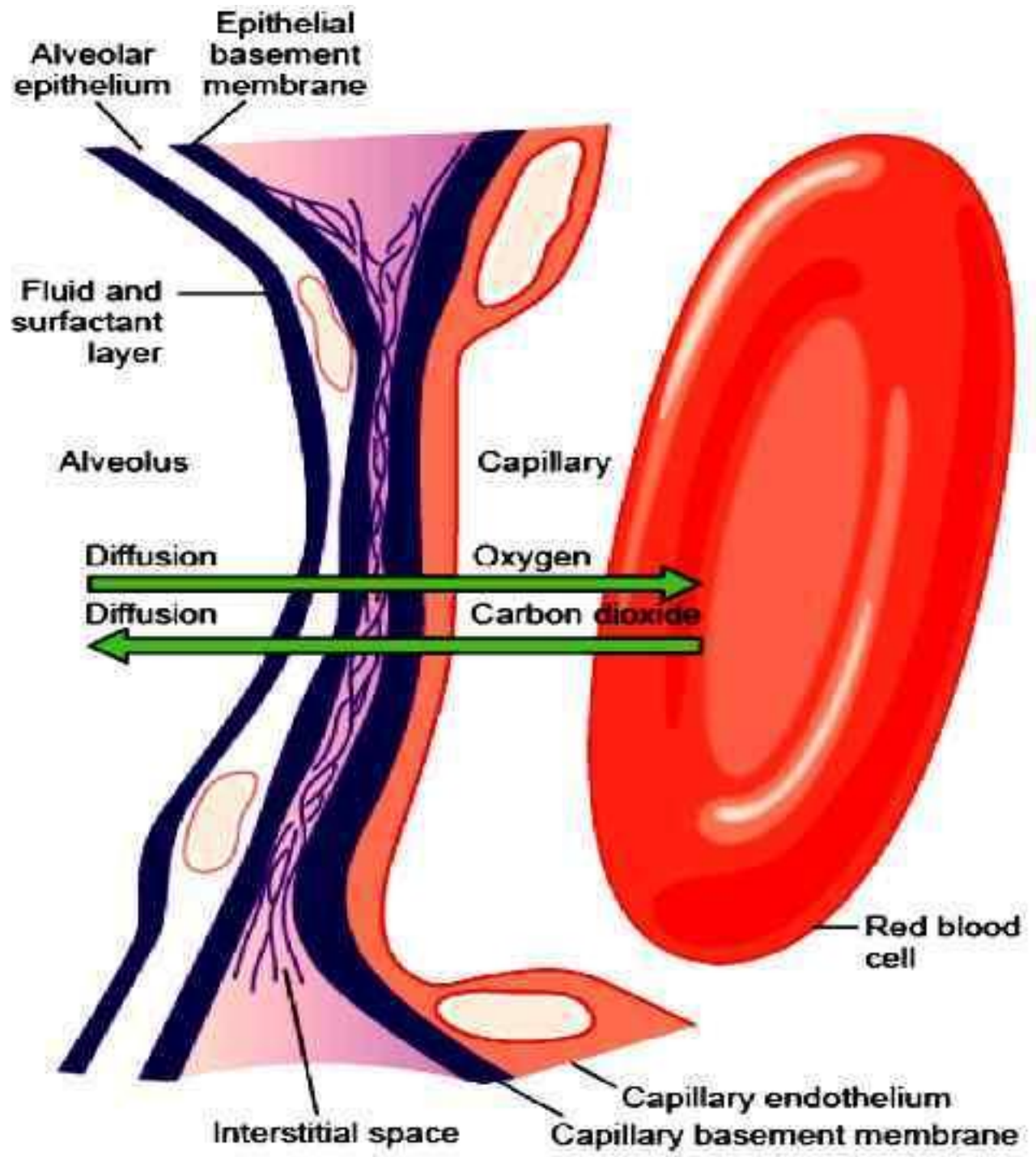
**Кафедра анестезиологии и реаниматологии**

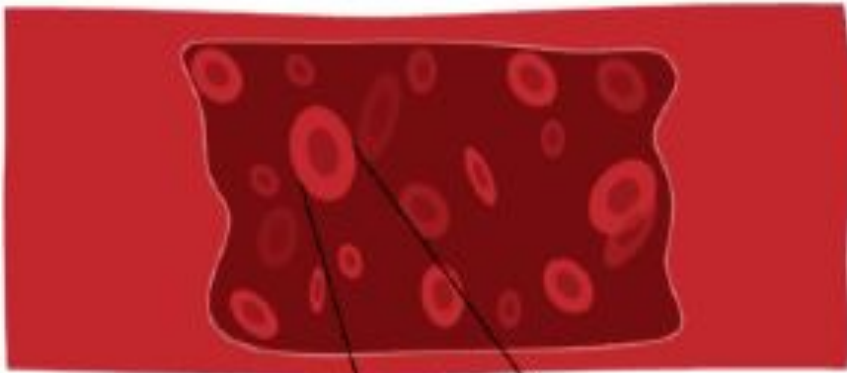
## **Физиология транспорта кислорода.**

Зав. кафедрой: д.м.н., профессор Молчанов Игорь Владимирович  
Куратор: д.м.н., профессор Гридчик Ирина Евгеньевна  
Выполнила: ординатор 2 года Щербакова Мария Сергеевна

Москва, 2019 г.

**Ультраструктура альвеолярно-капиллярной дыхательной мембраны.**  
**Толщина 0.2 - 0.6 мкм.**



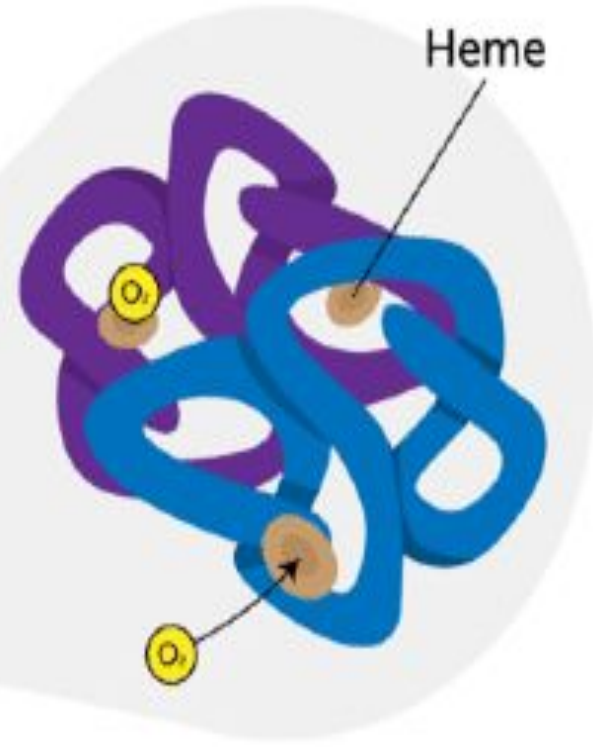


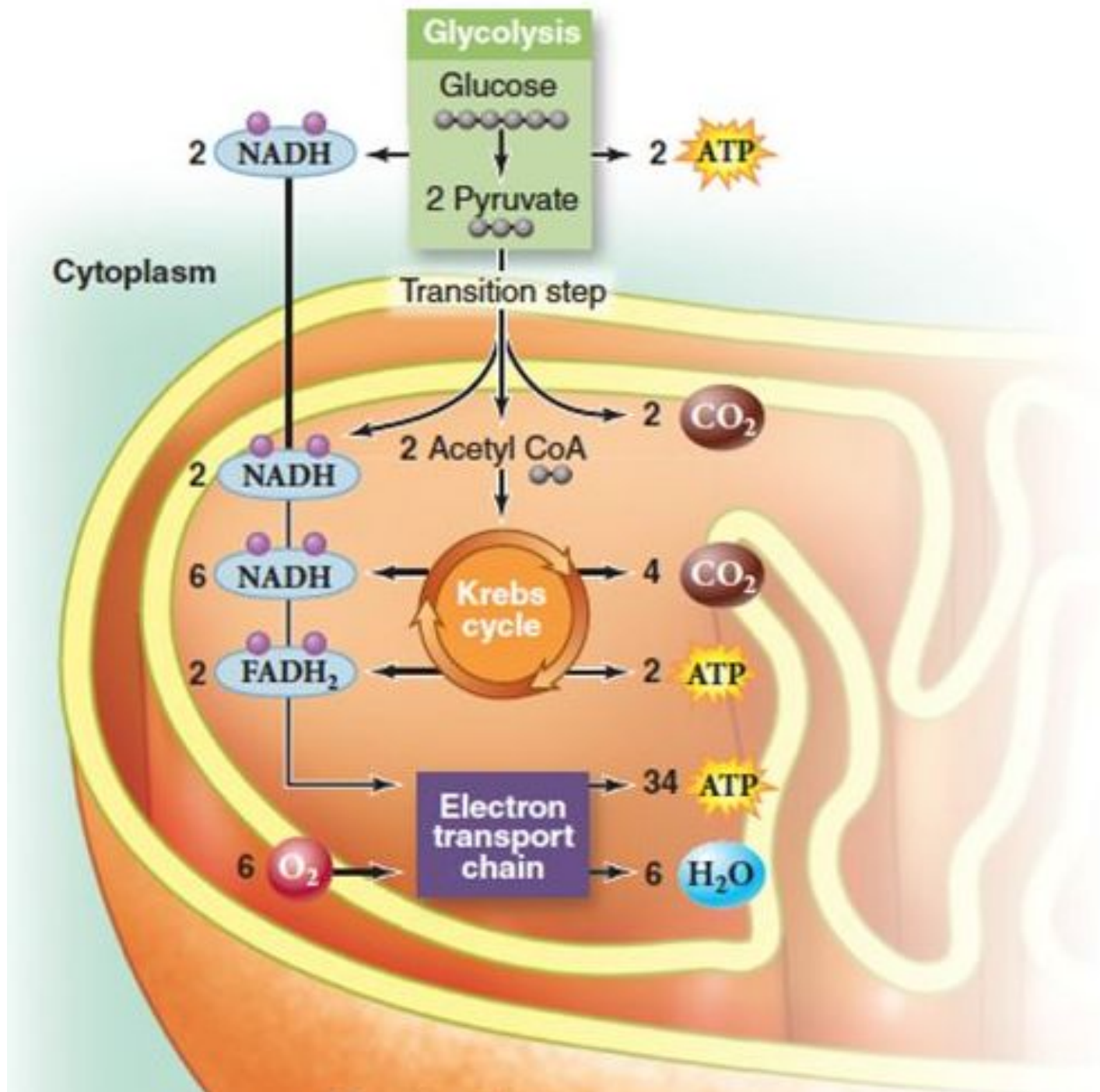
## Red blood cell

Red blood cells contain several hundred hemoglobin molecules that transport oxygen



## Hemoglobin molecule





Атмосф. давление воздуха  
в окружающей среде = 760 mm Hg

Воздух:  $O_2$  — 21%

$N_2$  — 78%

$CO_2, Ar, He$  — 1%

$$\Rightarrow P_{O_2} = \frac{21}{100} \times 760 = 159 \text{ mm Hg}$$

[в воздухе]

↓  
150 mm Hg — с учётом паров  $H_2O$   
в трахее

↓  
100 mm Hg — в альвеолах

Кровь от тканей:  $P_{O_2} = \underline{40 \text{ mm Hg}}$

«Идеальное лёгкое»:

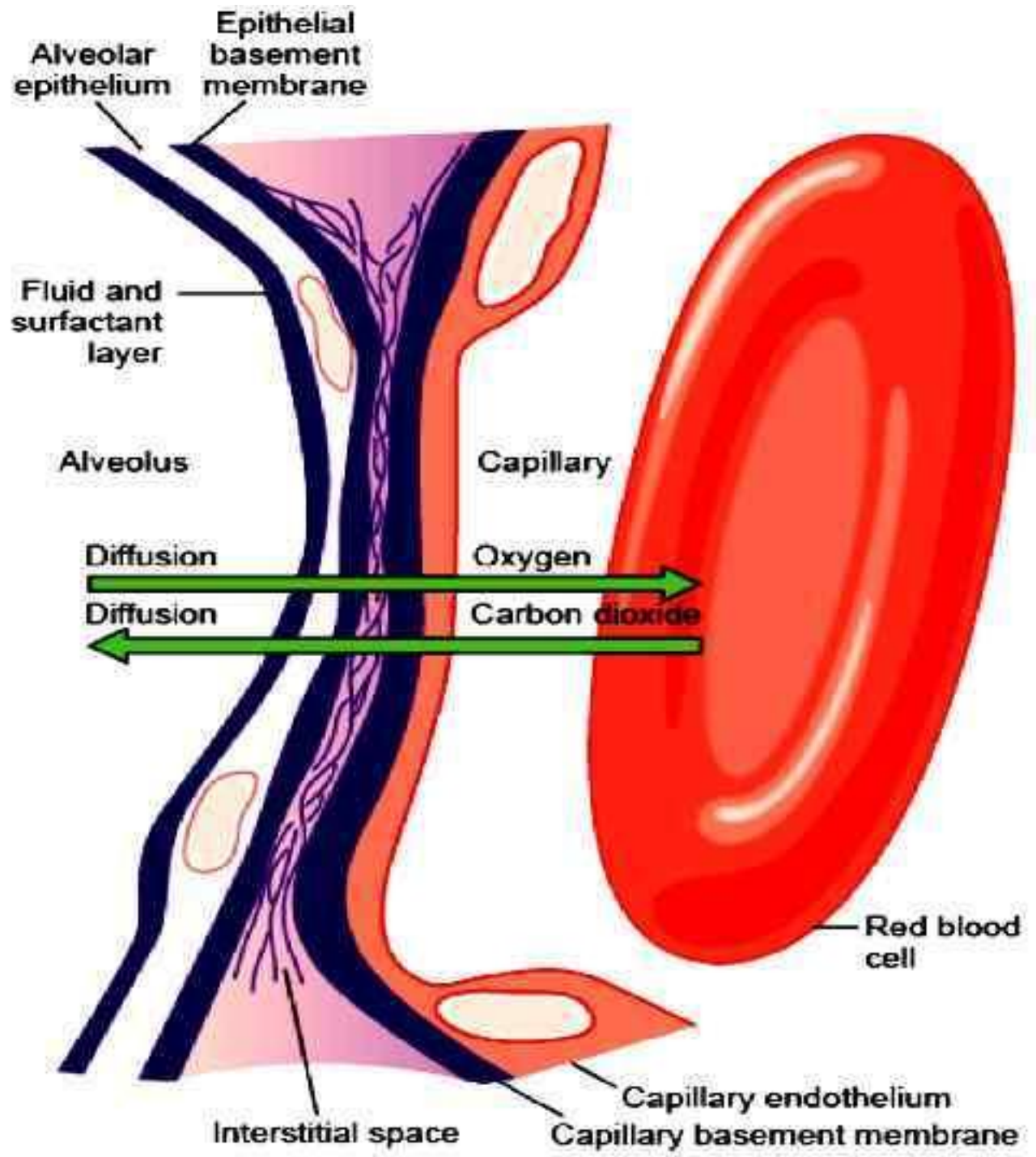
$$P_a O_2 = P_A O_2$$

Живое лёгкое:

- 1) нарушение V/Q соотношения
- 2) шунт
- 3) мертвая реперфузия

$$P_a O_2 < P_A O_2$$

**Ультраструктура  
альвеолярно-  
капиллярной  
дыхательной  
мембраны.  
Толщина 0.2 - 0.6  
мкм.**



Цицит:

- ателектазот; уплотнения;

отёк лёгких; обструкция мал. калибра

→ не вентилируемые альвеолы

$$V < Q$$



## Мёртвое пространство:

- альвеолярный фиброз

→ диффузия  $O_2$  из альвеол в капиллот ↓

$$V > Q$$

## Гипоксическая лёгочная базоконструкция:

= мех-м Эйлера - Лильестранга

= ответ на шунт

4 основных показателя  
транспорта  $O_2$ :

$$1) C_a O_2, C_v O_2 \quad 1,34 \times Hb \times \frac{S_a O_2}{S_v O_2}$$

$$2) \mathcal{D}O_2 = Q \times C_a O_2$$

$$3) VO_2 (v) = Q \times (C_a O_2 - C_v O_2)$$

$$4) \text{ доля, поглощённая тканями} / \text{коэф-т экстракции } O_2 = O_2 ER = VO_2 : \mathcal{D}O_2$$

## Растворимость $O_2$ :

коэф-т раствор-ти:  $0,03 \text{ мл/л}$   
 $0,003 \text{ мл/рл}$

$$O_2 = 0,003 \times p O_2$$

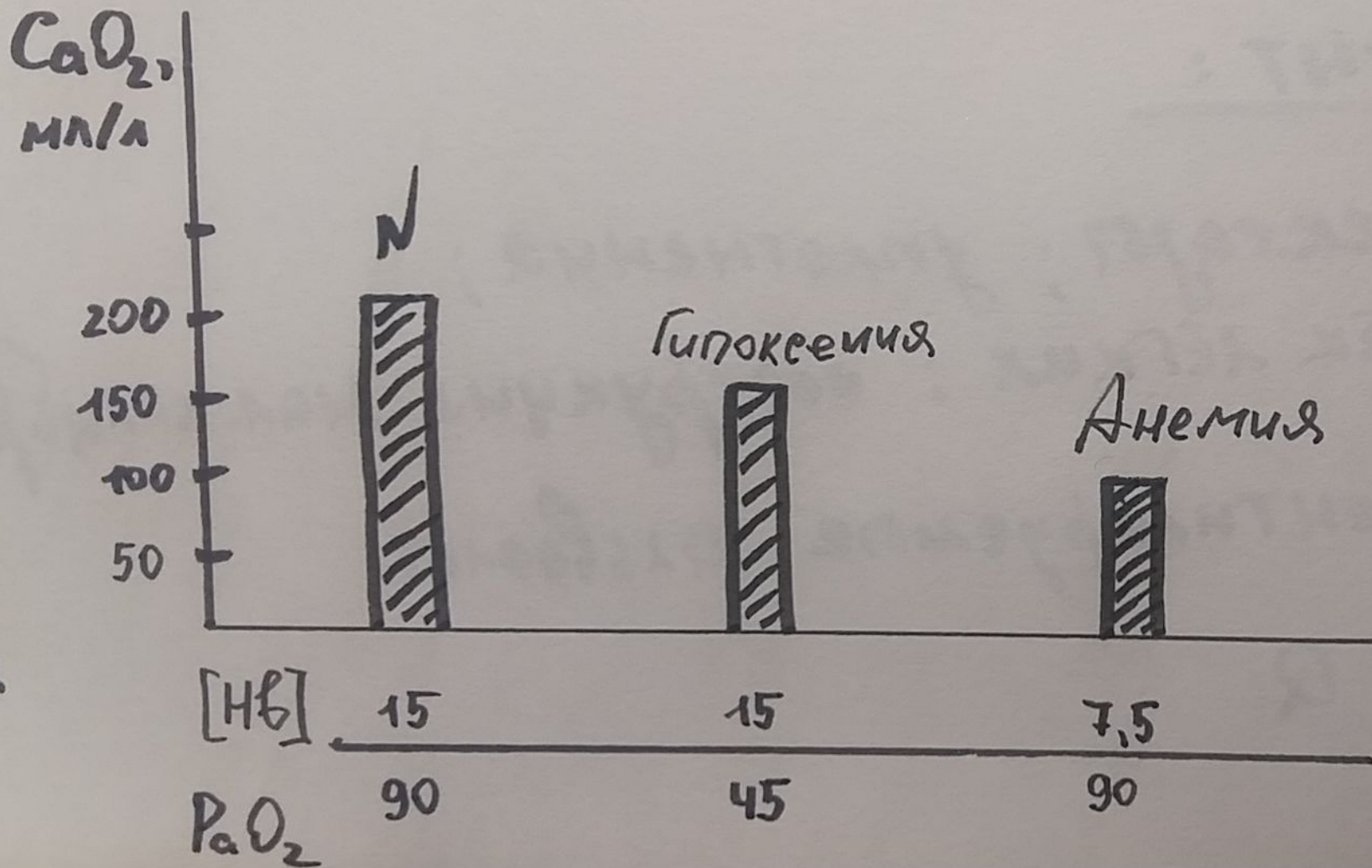
$\sim 3 \text{ мл } O_2 \text{ в } 1 \text{ л плазмы.}$

$$\Rightarrow C_a O_2 = (1,34 \times Hb \times S_a O_2) + (0,003 \times p_a O_2)$$

В каждом литре крови...

$\sim 200 \text{ мл} + 3 \text{ мл } O_2$

# "Анемия или гипоксемия?"



$$\dot{V}O_2 = Q \times \frac{1,34 \text{ мл} \times S_a O_2}{C_a O_2} \times 10$$

$$\dot{V}O_2 = Q \times (C_a O_2 - C_v O_2) \times 10$$

«Обратный метод Фика»

$O_2 ER$  — к-т экстракции  $O_2$

$$= \dot{V}O_2 : \dot{V}O_2$$

$$\approx S_a O_2 - S_v O_2$$

~ 25%  $O_2$  поглощается тканями

N:

$$\dot{V}O_2 = 900 - 1100 \text{ мл/мин}$$

$$\dot{V}IO_2 = 500 - 600 \text{ мл/м}^2/\text{мин}$$

$$\dot{V}O_2 = 200 - 300 \text{ мл/мин}$$

$$\dot{V}IO_2 = 110 - 160 \text{ мл/м}^2/\text{мин}$$

const!

## Причины гипоксии в операционной – 'ABCDE'

Источник	Распространённые проблемы
<b>А. Дыхательные пути</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Нарушение проходимости дыхательных путей препятствует поступлению кислорода в лёгкие</li><li>• Неверное положение интубационной трубки, например в пищеводе</li><li>• Аспирация рвотных масс создаёт препятствие в дыхательных путях</li></ul>
<b>В. Дыхание</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Неадекватное дыхание не позволяет достичь альвеол достаточному количеству кислорода.</li><li>• Тяжелый бронхоспазм может не давать кислороду попасть в лёгкие, а углекислому газу выйти наружу.</li><li>• Пневмоторакс может вызвать ателектаз поражённого лёгкого</li><li>• Высокий спинальный блок может вызвать нарушения дыхания</li></ul>
<b>С. КРОВООБРАЩЕНИЕ</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Недостаточность кровообращения препятствует транспорту кислорода к тканям.</li><li>• Наиболее частые причины включают гиповолемию, аритмии и сердечную недостаточность</li></ul>
<b>Д. ПРЕПАРАТЫ</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Глубокая анестезия может угнетать дыхание и кровообращение</li><li>• Многие анестетики вызывают падение артериального давления</li><li>• Миорелаксанты парализуют дыхательную мускулатуру</li><li>• Анафилаксия может вызвать бронхоспазм и снижение сердечного выброса</li></ul>
<b>Е. Оборудование</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Проблемы с анестезиологическим оборудованием включают разгерметизацию и окклюзию дыхательного контура</li><li>• Проблемы с подачей кислорода могут быть обусловлены тем, что закончился кислород (пустой кислородный баллон), и плохо работающим концентратором кислорода</li><li>• Проблемы с оборудованием для мониторинга включают разряженные батареи и неисправные датчики</li></ul>

**Если SpO<sub>2</sub> <94%,  
дайте 100% кислород,  
вентилируйте вручную,  
действуйте по ABCDE**

Примеры условий, при которых полезен высокий или низкий пороговый уровень сатурации:

### Низкий целевой уровень (such as SpO2 88-92%)

- п-ты с высоким риском гиперкапнической дых. недостаточности:
  - ХОБЛ
  - гиповентиляция при ожирении
  - нервно-мышечные заболевания
  - обструктивное апноэ сна
  - сниженный центральный респираторный драйв (передоз. седативных, инсульт, энцефалит)

### Высокий уровень (such as SpO2 approaching 100%)

- отравление угарным газом
- кластерная головная боль
- Пневмоторакс

