

Гипоксия

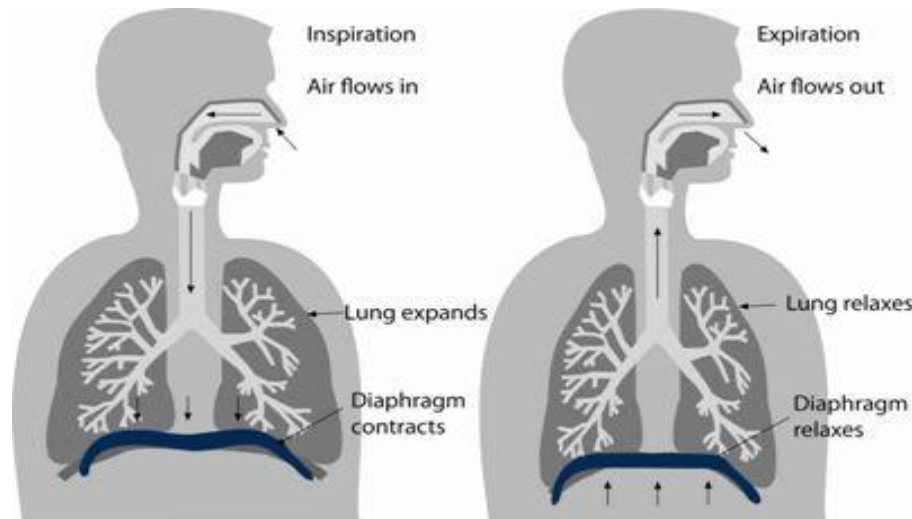
Суточная потребность



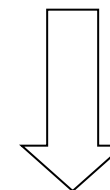
1 кг



2 л



228 л O₂



12000 л воздуха



**Виктор Васильевич Пашутин
(1845-1901)**



**Иван Михайлович
Сеченов
(1829-1905)**



**Петр Михайлович
Альбицкий
(1853-1922)**

ГИПОКСИЯ

**типовой патологический процесс,
развивающийся в результате
недостаточного обеспечения тканей
организма кислородом и/или
недостаточности биологического
окисления, приводящий к нарушению
энергетического обеспечения функций и
пластических процессов в организме**

ТИПЫ ГИПОКСИИ ПО ЭТИОЛОГИИ

ГИПОКСИЯ

```
graph TD; A[ГИПОКСИЯ] --> B[ЭКЗОГЕННАЯ]; A --> C[ЭНДОГЕННАЯ]; B --> D[НОРМО-БАРИЧЕСКАЯ]; B --> E[ГИПО-БАРИЧЕСКАЯ]; C --> F[ДЫХАТЕЛЬНАЯ]; C --> G[ЦИРКУЛЯТОРНАЯ]; C --> H[ГЕМИЧЕСКАЯ]; C --> I["ТКАНЕВАЯ (гистотоксическая)"]; C --> J[СМЕШАННАЯ];
```

The diagram is a hierarchical flowchart. At the top is a yellow box with the word 'ГИПОКСИЯ' in blue. Two arrows point down from this box to 'ЭКЗОГЕННАЯ' and 'ЭНДОГЕННАЯ'. From 'ЭКЗОГЕННАЯ', two arrows point down to 'НОРМО-БАРИЧЕСКАЯ' and 'ГИПО-БАРИЧЕСКАЯ'. From 'ЭНДОГЕННАЯ', five arrows point down to 'ДЫХАТЕЛЬНАЯ', 'ЦИРКУЛЯТОРНАЯ', 'ГЕМИЧЕСКАЯ', 'ТКАНЕВАЯ (гистотоксическая)', and 'СМЕШАННАЯ'.

ЭКЗОГЕННАЯ

**НОРМО-
БАРИЧЕСКАЯ**

**ГИПО-
БАРИЧЕСКАЯ**

ЭНДОГЕННАЯ

ДЫХАТЕЛЬНАЯ

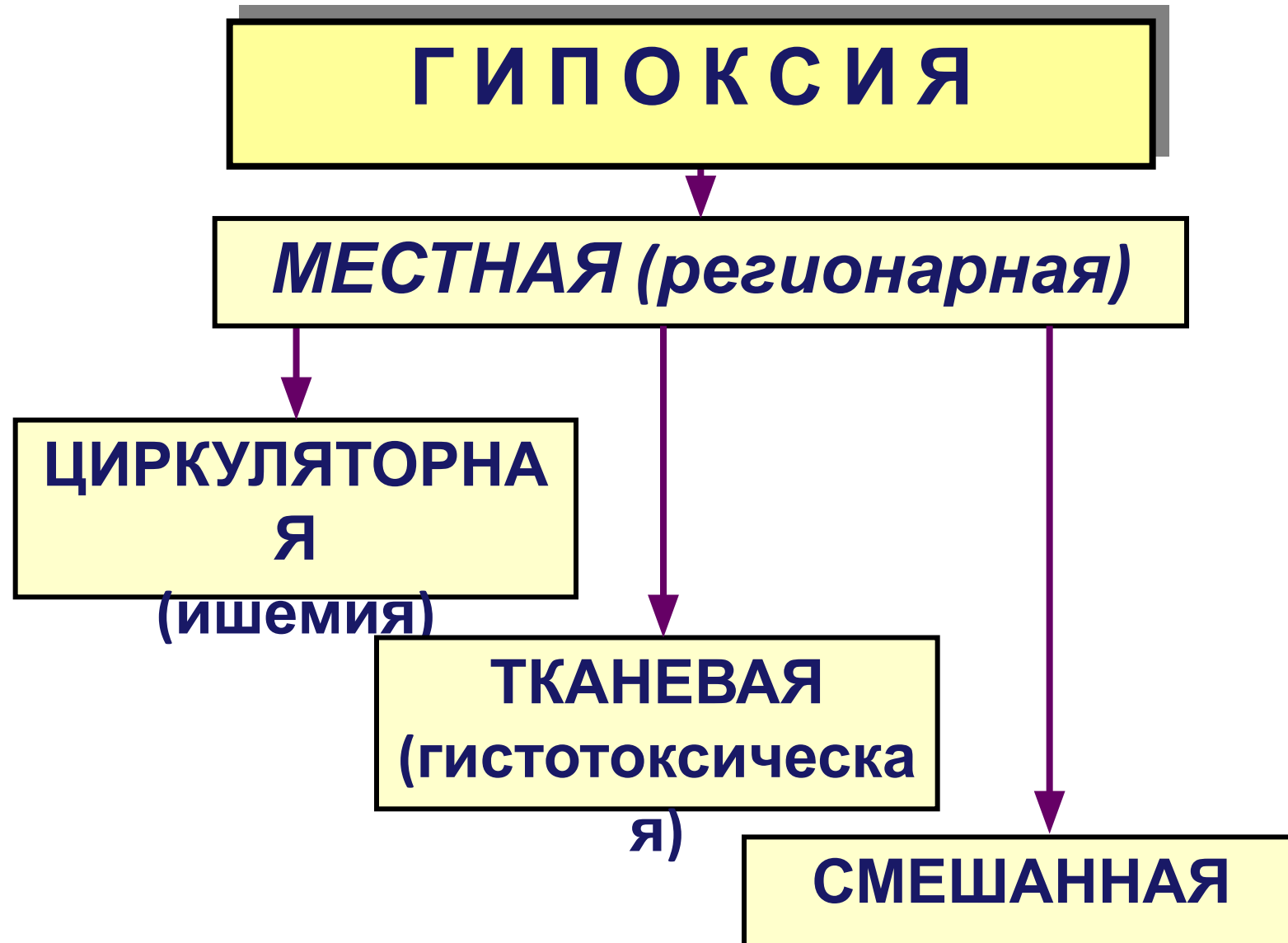
ЦИРКУЛЯТОРНАЯ

ГЕМИЧЕСКАЯ

ТКАНЕВАЯ
(гистотоксическая)

СМЕШАННАЯ

ТИПЫ ГИПОКСИИ ПО ЭТИОЛОГИИ



ЭКЗОГЕННАЯ ГИПОКСИЯ

причина: $\downarrow pO_2$ в воздухе

НОРМОБАРИЧЕСКАЯ:

нормальное атмосферное давление
гиперкапния (повышенное pCO_2)

замкнутое и плохо
вентилируемое



гиповентиляция при
ИВЛ



ООО «МПФ Меднаб»
(495) 921-4568

ЭКЗОГЕННАЯ ГИПОКСИЯ

причина: $\downarrow pO_2$ в воздухе

ГИПОБАРИЧЕСКАЯ:
сниженное атмосферное давление
гипокапния (пониженное pCO_2)

Высотная болезнь

Горная болезнь



МЕХАНИЗМЫ ЭКСТРЕННОЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К ГИПОКСИИ

**В основе экстренных механизмов лежит активация
симпато-адреналовой системы и избыток
катехоламинов**

МЕХАНИЗМЫ ЭКСТРЕННОЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К ГИПОКСИИ

ОСТРАЯ ГИПОКСИЯ

СИСТЕМЫ
КИСЛОРОДНОГО
БЮДЖЕТА
ОРГАНИЗМА

МЕХАНИЗМЫ
ЭФФЕКТОВ

ЭФФЕКТЫ

СИСТЕМА
ВНЕШНЕГО
ДЫХАНИЯ

- ↑ ЧДД и ДО
- ↑ ЧИСЛА
ФУНКЦИОНИРУЮЩ
ИХ
АЛЬВЕОЛ

↑ ОБЪЕМА
АЛЬВЕОЛЯРНОЙ
ВЕНТИЛЯЦИИ

МЕХАНИЗМЫ ЭКСТРЕННОЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К ГИПОКСИИ

**СЕРДЕЧНО-
СОСУДИСТАЯ
СИСТЕМА**

↑ УО и ЧСС

↑ МОС

**ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ
КРОВООБРАЩЕНИ
Я**

**↑ КРОВОТОКА В
ЖИЗНЕННО ВАЖН
ЫХ
ОРГАНАХ**

МЕХАНИЗМЫ ЭКСТРЕННОЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К ГИПОКСИИ

СИСТЕМА
КРАСНОЙ
КРОВИ

- РЕДЕПОНИРОВАНИЕ КРОВИ
- ↑ ДИССОЦИАЦИИ HbO_2 В ТКАНЯХ

↑ КИСЛОРОДНОЙ
ЕМКОСТИ
КРОВИ (КЕК)

ТКАНЕВОЕ
ДЫХАНИЕ

- ↑ ТКАНЕВОГО ДЫХАНИЯ
- ↑ ГЛИКОЛИЗА
- ↑ СОПРЯЖЕНИЯ ОКИСЛЕНИЯ И ФОСФОРИЛИРОВАНИЯ

↑ ЭФФЕКТИВНОСТИ
БИОЛОГИЧЕСКОГО
ОКИСЛЕНИЯ

МЕХАНИЗМЫ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К ГИПОКСИИ

**В основе долговременных механизмов лежит
избыток глюкокортикостероидов и накопление
кислых продуктов обмена**

МЕХАНИЗМЫ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К ГИПОКСИИ

ХРОНИЧЕСКАЯ ГИПОКСИЯ

СИСТЕМЫ
КИСЛОРОДНОГО
БЮДЖЕТА
ОРГАНИЗМА

МЕХАНИЗМЫ
ЭФФЕКТОВ

ЭФФЕКТЫ

СИСТЕМА
ВНЕШНЕГО
ДЫХАНИЯ

- ГИПЕРТРОФИЯ
ДЫХАТЕЛЬНЫХ
МЫШЦ
- ГИПЕРТРОФИЯ
ЛЕГКИХ

УВЕЛИЧЕНИЕ
СТЕПЕНИ
ОКСИГЕНАЦИИ
КРОВИ В ЛЕГКИХ

МЕХАНИЗМЫ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К ГИПОКСИИ

**СЕРДЕЧНО-
СОСУДИСТ
АЯ
СИСТЕМА**

- **ГИПЕРТРОФИЯ МИОКАРДА**
- **УВЕЛИЧЕНИЕ ЧИСЛА
МИТОХОНДРИЙ В
КАРДИОМИОЦИТАХ**
- **ВОЗРАСТАНИЕ СКОРОСТИ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АКТИНА И
МИОЗИНА**
- **УВЕЛИЧЕНИЕ ЧИСЛА
КАПИЛЛЯРОВ**
- **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СИСТЕМ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЦА**
- **АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРЕМия В
ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ ОРГАНАХ**

**Увеличени
е
МОС**

МЕХАНИЗМЫ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К ГИПОКСИИ

**СИСТЕМА
КРАСНОЙ
КРОВИ**

- **АКТИВАЦИЯ
ЭРИТРОПОЭЗА**
- **УВЕЛИЧЕНИЕ 2,3-
ДИФОСФОГЛИЦЕРАТА
(2,3-ДФГ) В
ЭРИТРОЦИТАХ**
- **УСИЛЕНИЕ
ДИССОЦИАЦИИ**
- **ОКСИГЕМОГЛОБИНА В
ТКАНЯХ**

**УВЕЛИЧЕНИЕ
КИСЛОРОДНО
Й
ЕМКОСТИ
КРОВИ (КЕК)**

МЕХАНИЗМЫ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К ГИПОКСИИ

• МИТОХОНДРИОГЕНЕЗ

- ПОВЫШЕНИЕ
СОПРЯЖЕНИЯ
ОКИСЛЕНИЯ И
ФОСФОРИЛИРОВАНИЯ**
- ПЕРЕХОД НА
ОПТИМАЛЬНЫЙ
УРОВЕНЬ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**
- ПОВЫШЕНИЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
МЕТАБОЛИЗМА**

**ТКАНЕВОЕ
ДЫХАНИЕ**

**ПОВЫШЕНИЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
БИОЛОГИЧЕСКОГО
ОКИСЛЕНИЯ**

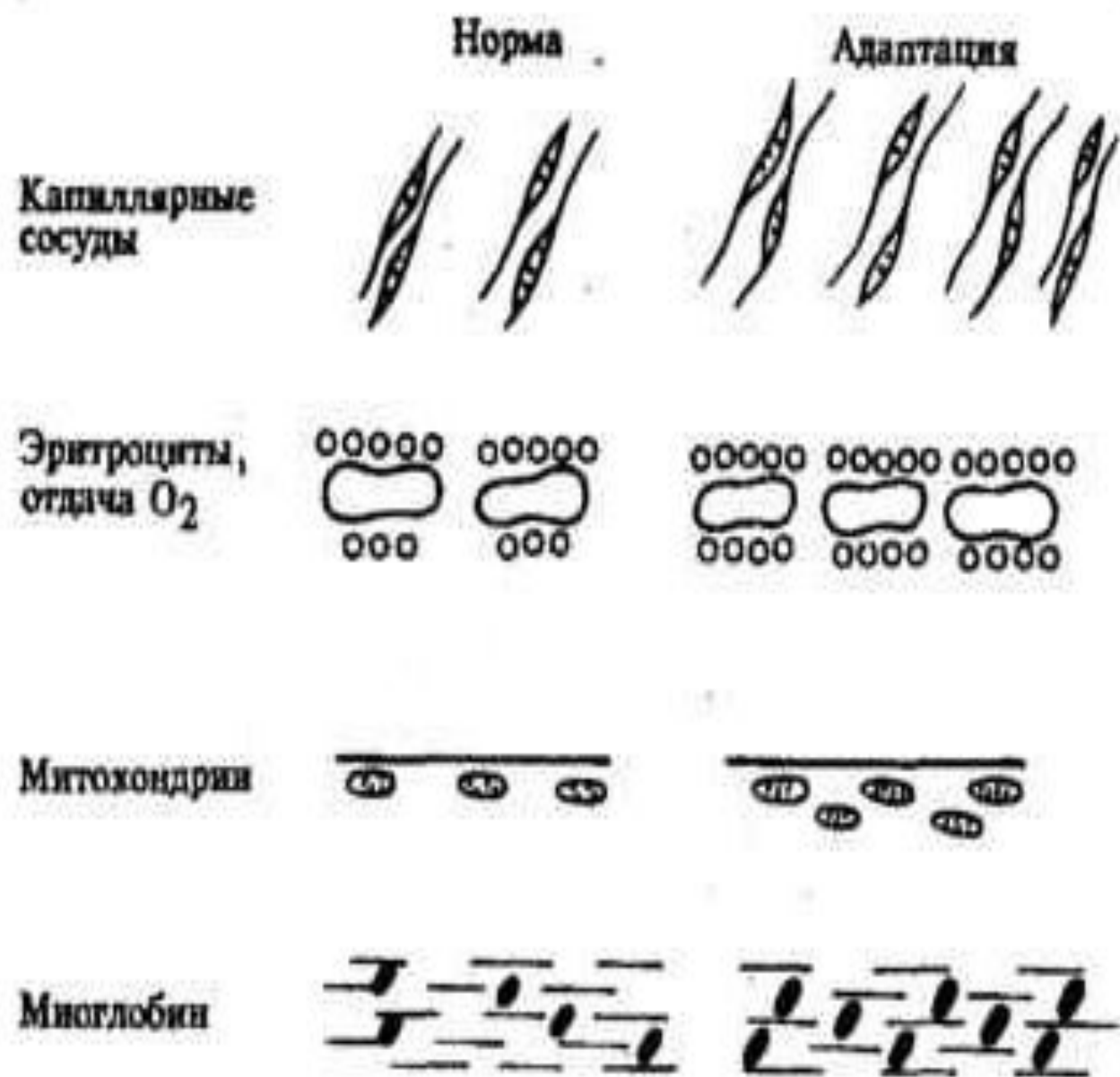


Рис. 17.2. Тканевые механизмы приспособления к гипоксии.

Экзогенная (гипоксическая) гипоксия
также называется
ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ,
так как в ответ на ее возникновение
организм отвечает активацией
ВСЕХ систем кислородного бюджета:
дыхательной, сердечно-сосудистой,
красной крови и тканевого дыхания.

Методика дозированной гипоксии (гипоксические тренировки):

- Тренировки спортсменов на высокогорных базах.
- Задержка дыхания или дыхание в замкнутое пространство (дыхание в пакет).
- Лечебное дыхание газовыми смесями с пониженным содержанием кислорода.
- Методика дыхания по Бутейко.

Эффекты дозированной ГИПОКСИИ

- **Уменьшение чувствительности организма к ионизирующей радиации**
- **Уменьшение токсических эффектов цитостатиков**
- **Уменьшение побочных эффектов рентгено-контрастных веществ, глюкокортикостероидов**
- **Ослабление действия галлюциногенов и судорожных веществ**

Эффекты дозированной

ГИПОКСИИ

при беременности

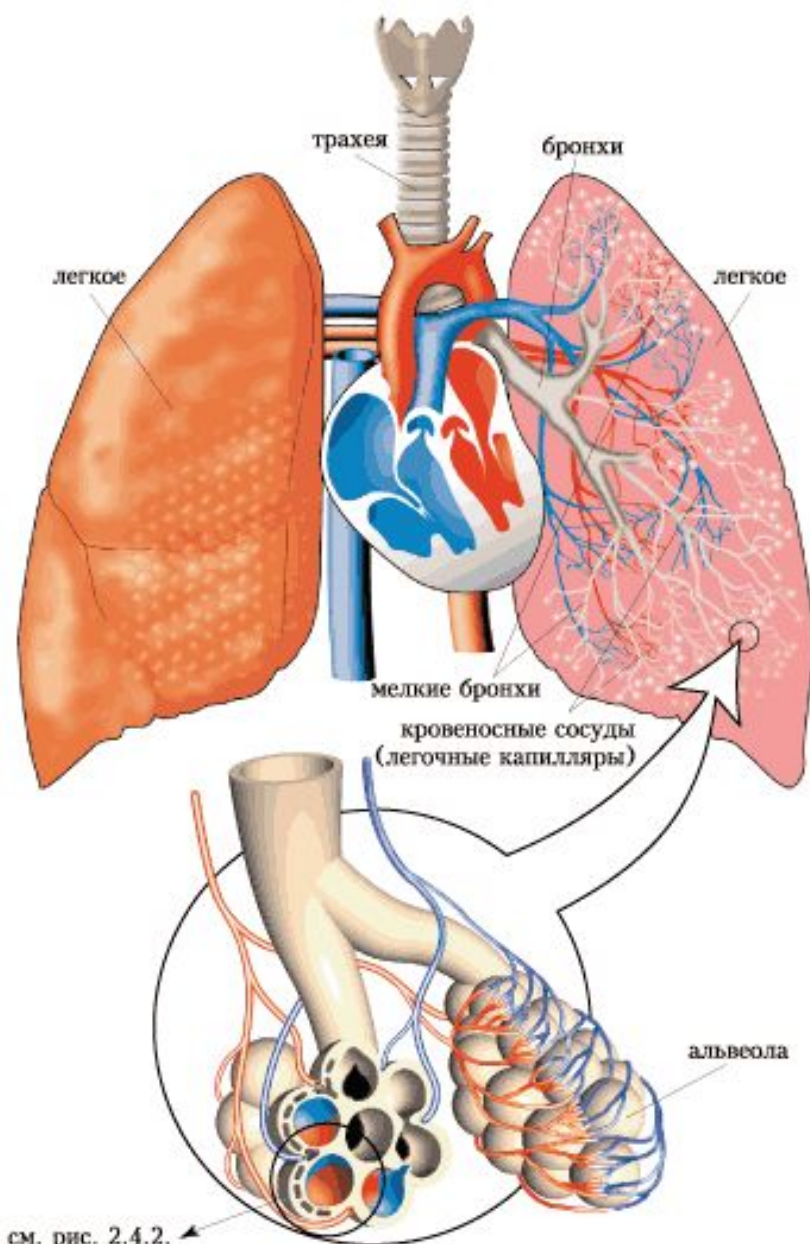
- **Коррекция фето-плацентарной недостаточности**
- **Профилактика гипотрофии плода**
- **Ускорение созревания плода:**
 - **увеличение поверхности и веса плаценты, емкости ее капиллярной сети,**
 - **рост объемной скорости маточно-плацентарного кровотока**
 - **ускорение созревания ферментных систем печени плода**
 - **быстрая замена HbF на HbA**

ЭНДОГЕННЫЕ ГИПОКСИИ

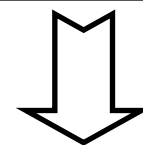
**возникают при повреждении одной
или нескольких систем
кислородного бюджета:**

- **Дыхательной**
- **Сердечно-сосудистой**
- **Красной крови**
- **Тканевых дыхательных
ферментов**

ДЫХАТЕЛЬНАЯ ГИПОКСИЯ



**НАРУШЕНИЕ
- ВЕНТИЛЯЦИИ
- ДИФФУЗИИ
- ПЕРФУЗИИ**



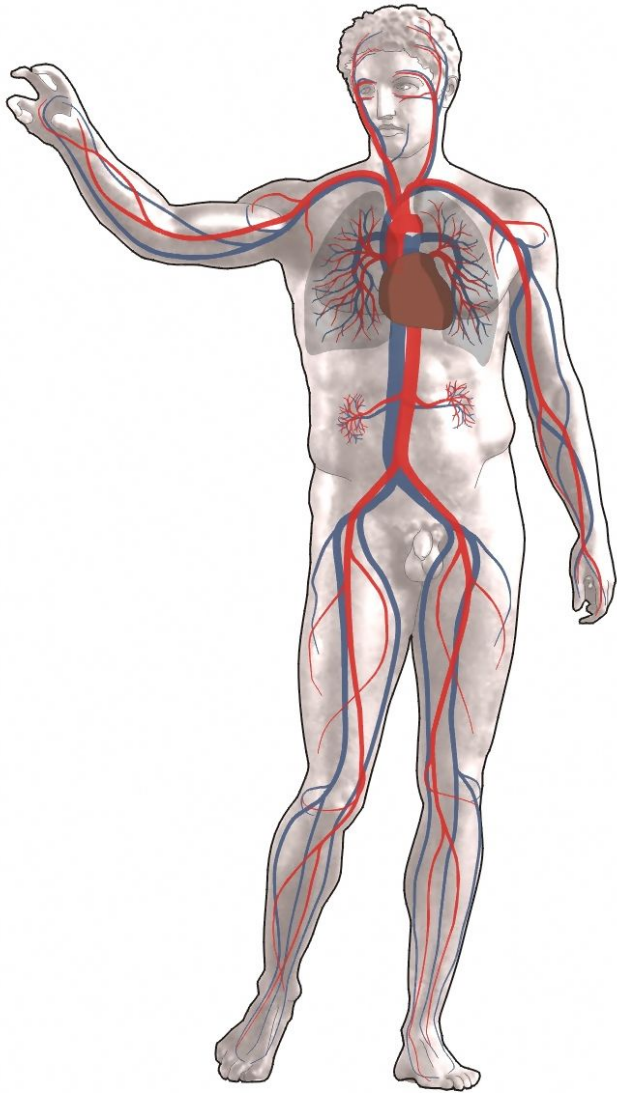
**ДЫХАТЕЛЬНАЯ
НЕДОСТАТОЧНОСТЬ**

КРИТЕРИИ (ПОКАЗАТЕЛИ) ДЫХАТЕЛЬНОЙ ГИПОКСИИ

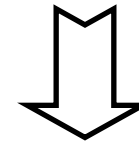
Артериальная
гипоксемия

$p\text{CO}_2$
в норме
или
гиперкапния

ЦИРКУЛЯТОРНАЯ ГИПОКСИЯ



- **СЕРДЕЧНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ**
- **СОСУДИСТАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ**
- **СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ**



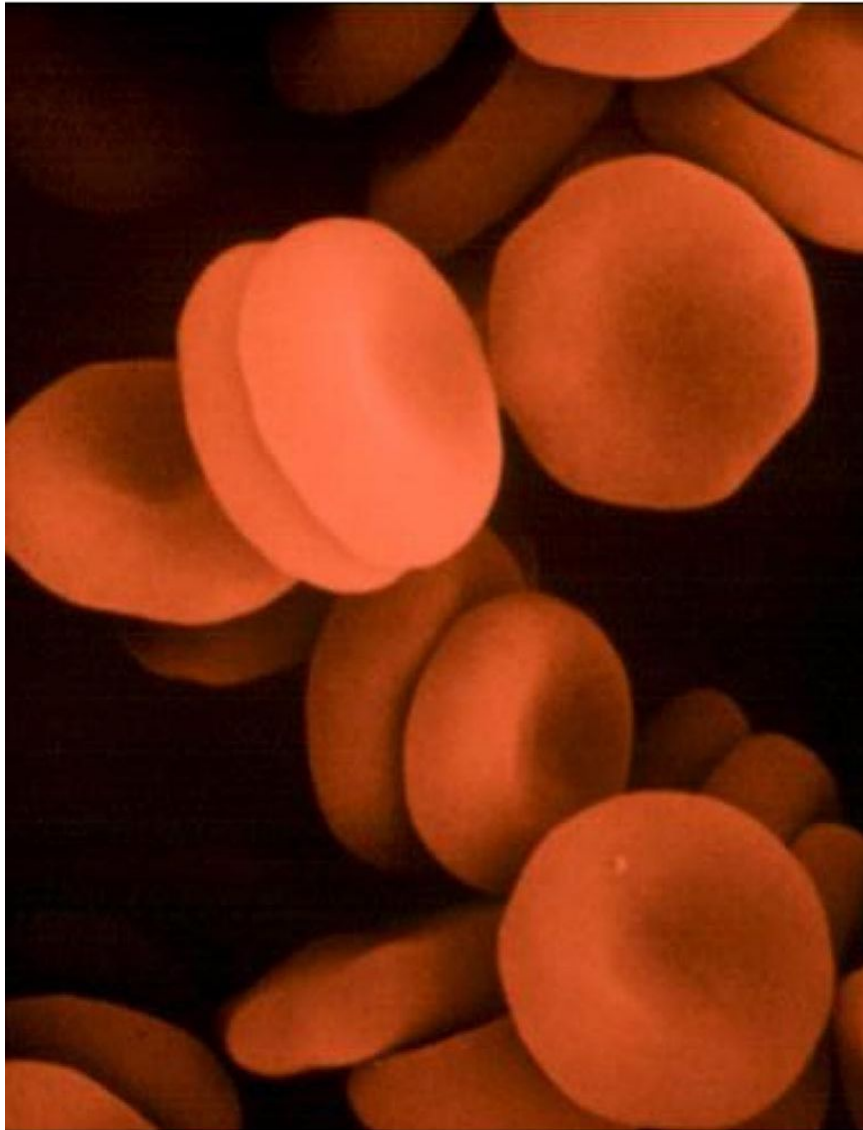
- **СНИЖЕНИЕ СКОРОСТИ КРОВотоКА**
- **УВЕЛИЧЕНИЕ ВРЕМЕНИ КОНТАКТА КРОВИ С ТКАНЯМИ**

КРИТЕРИИ (ПОКАЗАТЕЛИ) ЦИРКУЛЯТОРНОЙ ГИПОКСИИ

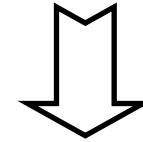
Венозная
гипоксемия
↓ МОС

Увеличение
артериовенозной
разницы по
кислороду

ГЕМИЧЕСКАЯ ГИПОКСИЯ

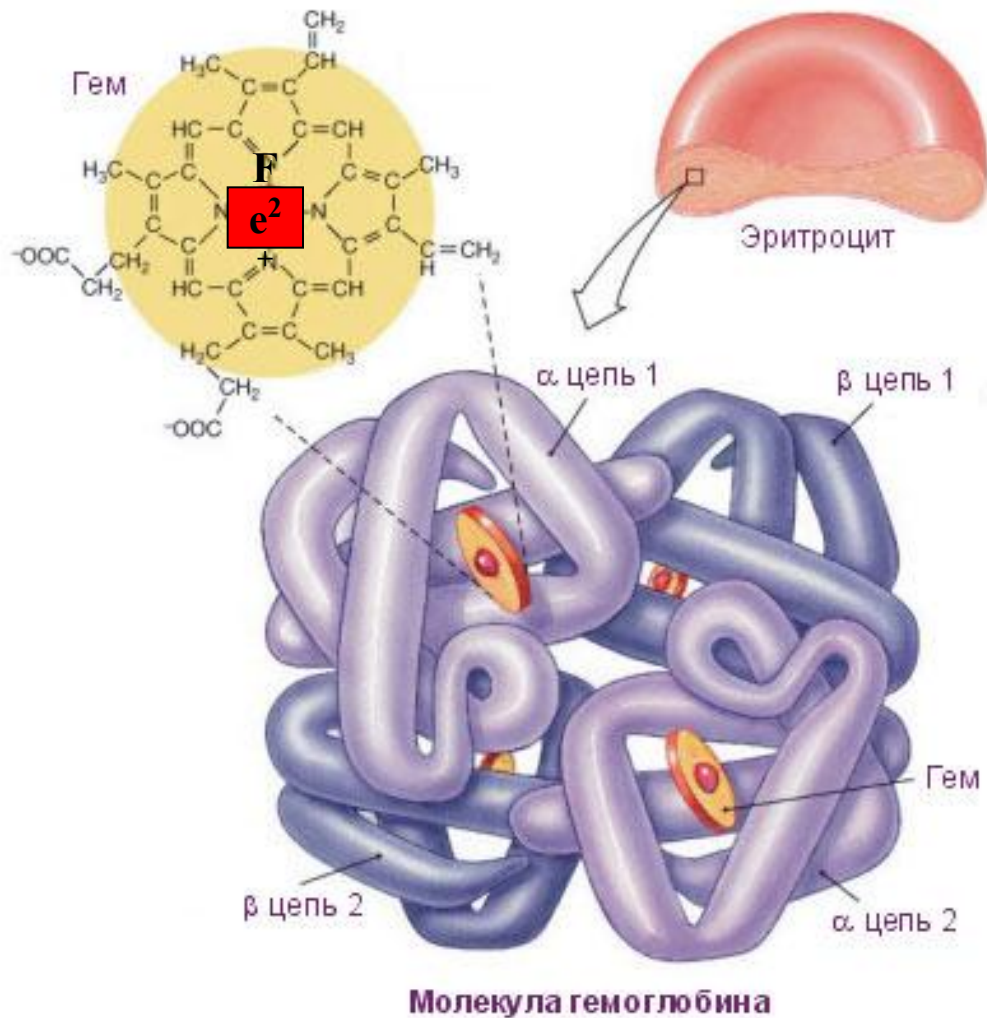


- КРОВОПОТЕРЯ
- НАРУШЕНИЕ КРОВООБРАЗОВАНИЯ
- ГЕМОЛИЗ



АНЕМИЯ

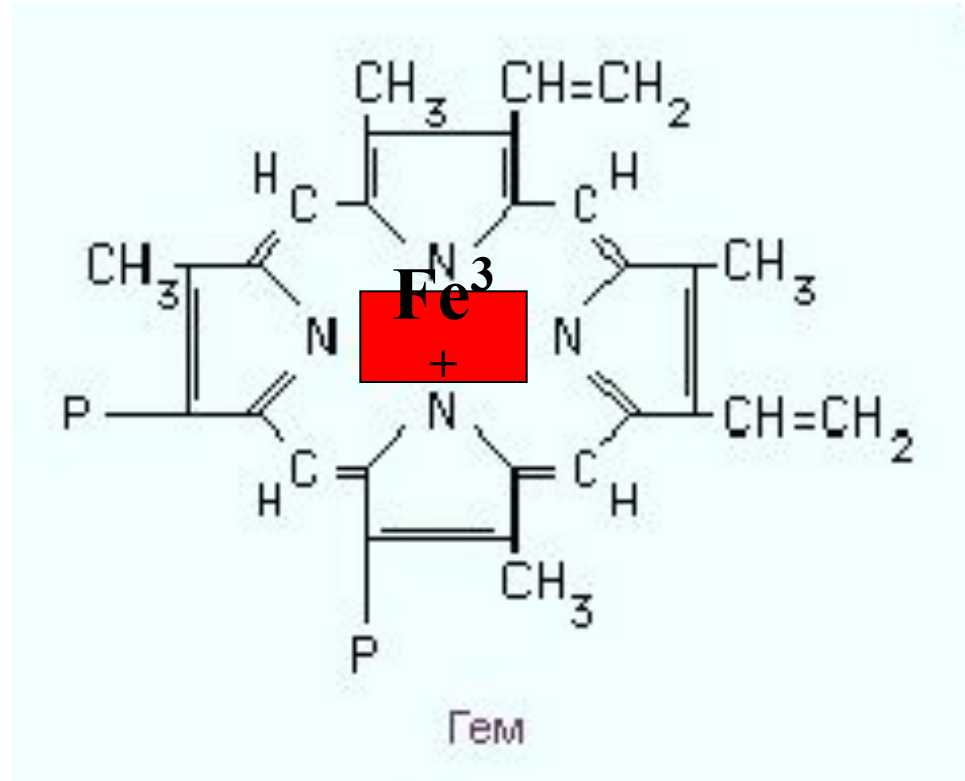
ГЕМИЧЕСКАЯ ГИПОКСИЯ



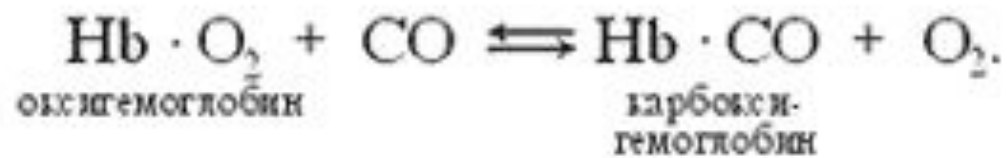
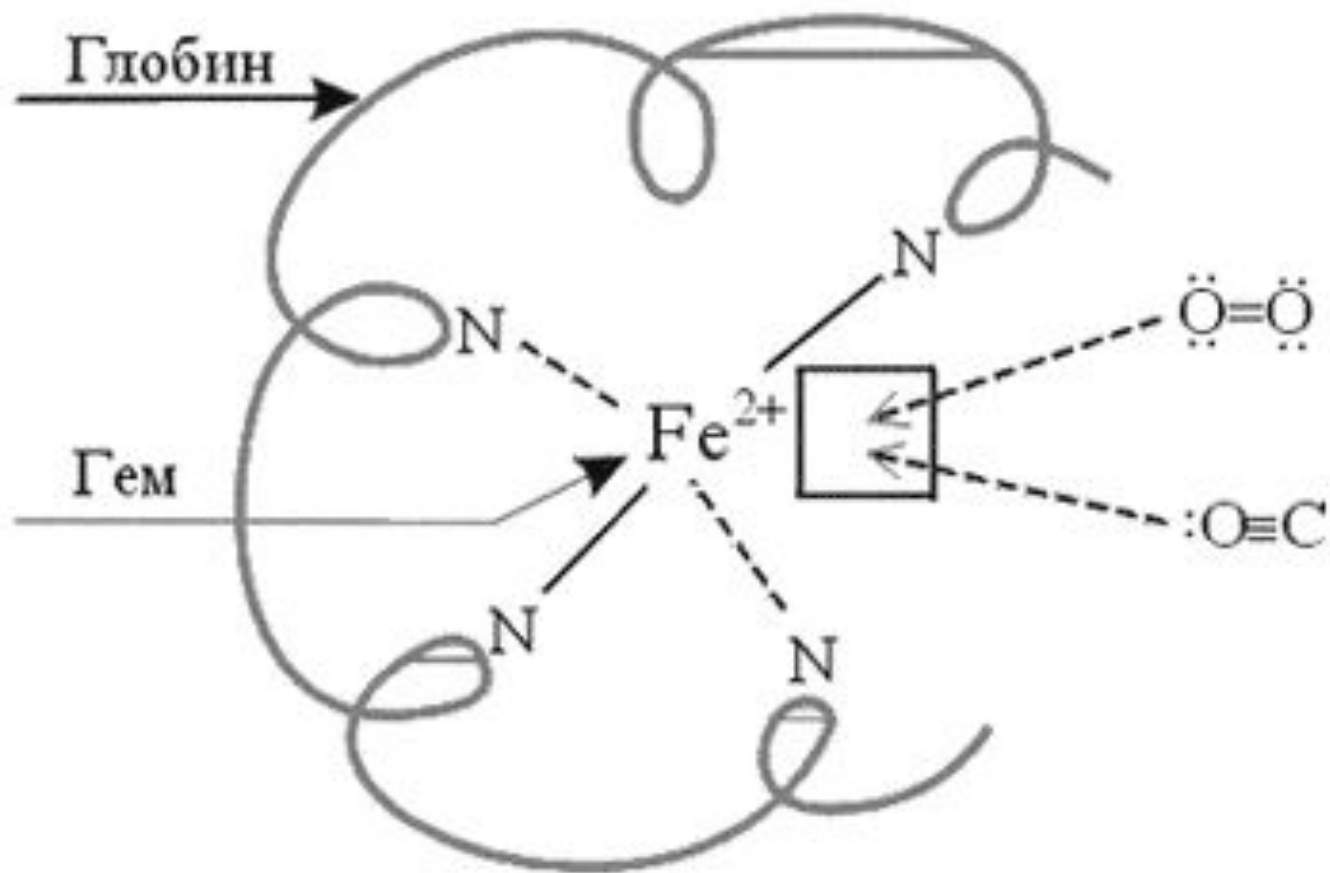
- ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ
ФОРМЫ
ГЕМОГЛОБИНА

Нарушение
транспорта
кислорода
гемоглобином

- **MetHb** – в геме Fe^{3+} ; не переносит O_2 .



- **НbСО** – карбоксигемоглобин



Обозначение: Нb – гемоглобин.

КРИТЕРИИ (ПОКАЗАТЕЛИ) ГЕМИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ

Один грамм чистого НЬ
может связать 1,39 мл

O_2 Сродство

Количество

о
гемоглоби

на

гемоглоби
на
к

кислороду

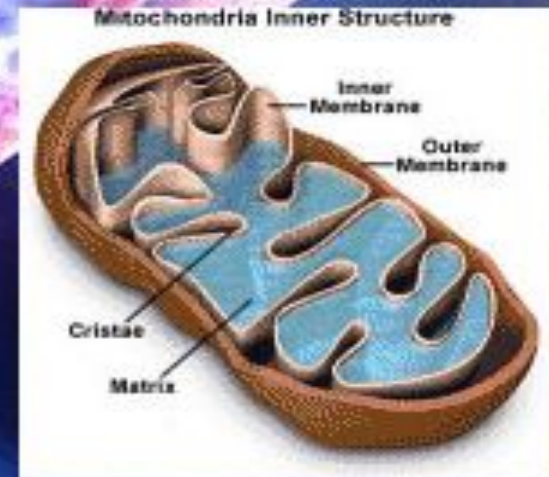
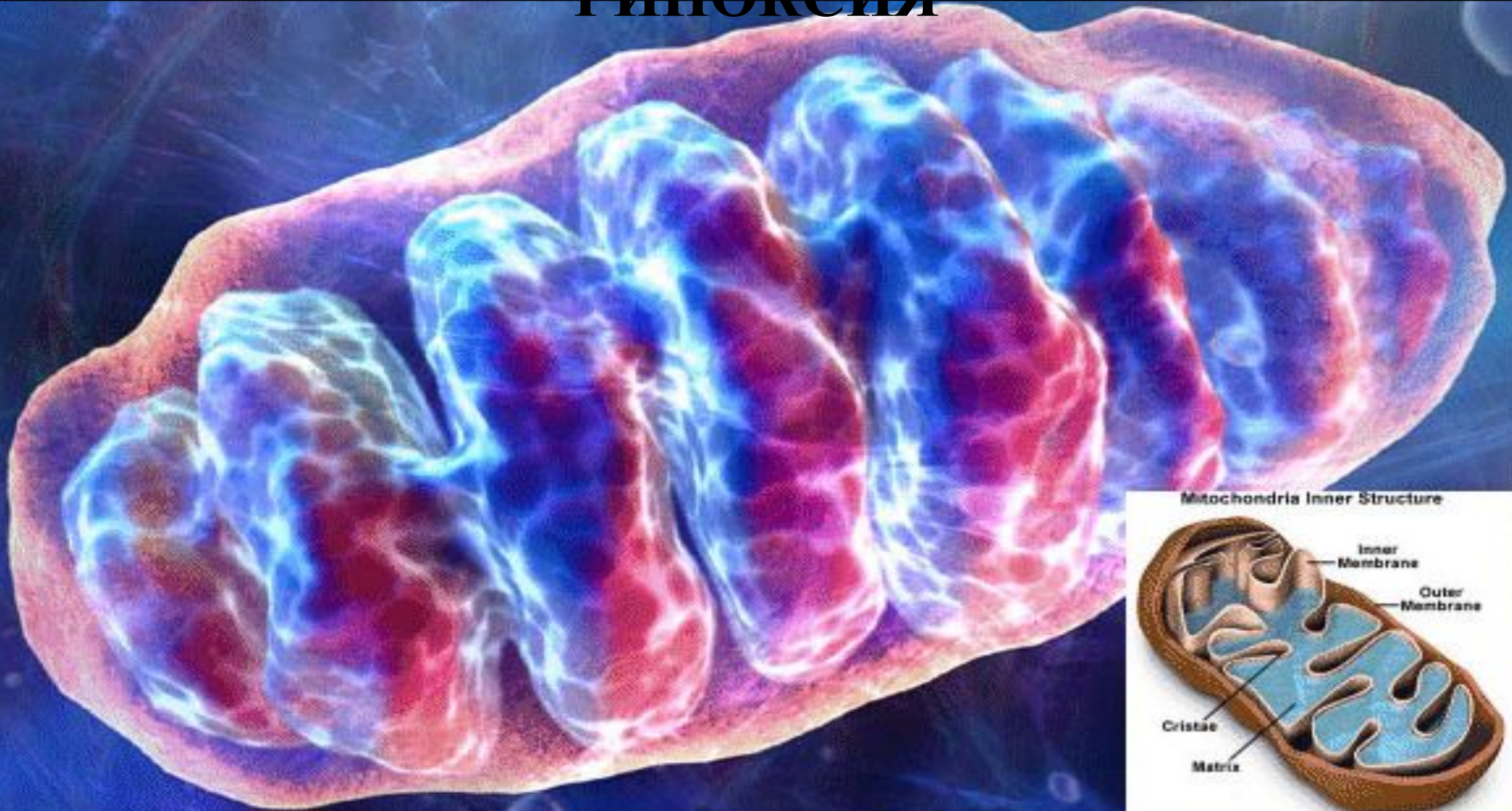
КЕК:

Кислородная ёмкость
крови

норма 19-21 об.%

Снижение
кислородной
ёмкости
крови (КЕК)

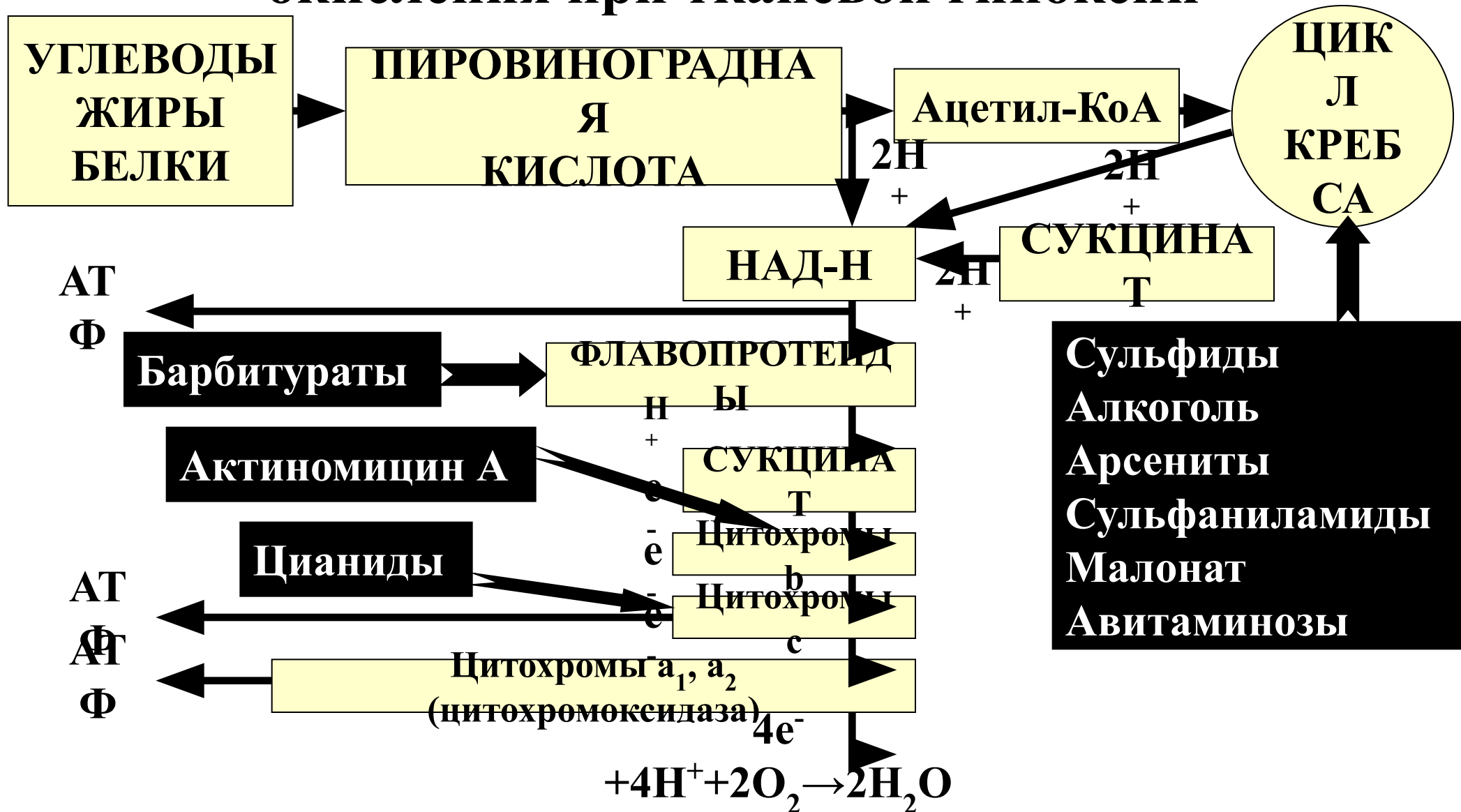
ТКАНЕВАЯ (ГИСТОТОКСИЧЕСКАЯ) ГИПОКСИЯ



<http://www.microscopy.fsu.edu/cells/animals/mitochondria.html>

<http://www.hybridmedicalanimation.com/pages/chloroplast.html>

Блокада разных звеньев биологического окисления при тканевой гипоксии



КРИТЕРИИ (ПОКАЗАТЕЛИ) ТКАНЕВОЙ ГИПОКСИИ

при угнетении тканевого дыхания

Венозная
гипероксемия

Уменьшение
артериовенозной
разницы по
кислороду
($ABPo_2$)

$$HbO_2_{\text{арт}} - HbO_2_{\text{вен}} = ABPo_2$$

Действие веществ, разобщающих окисление и фосфорилирование

2-,4-динитрофенол	Свободные жирные кислоты
Дикумарин	Избыток Ca^{2+} , H^{+}
Грамицидин	Токсины микроорганизмов
Тироксин	Продукты перекисного окисления липидов
Адреналин	



КРИТЕРИИ (ПОКАЗАТЕЛИ) ТКАНЕВОЙ ГИПОКСИИ

**при разобщении окислительного
фосфорилирования**

**Венозная
гипоксемия**

**Увеличение
артериовенозной
разницы по
кислороду**

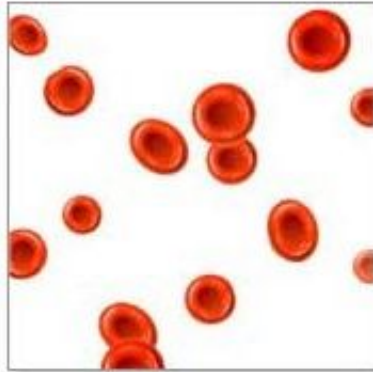
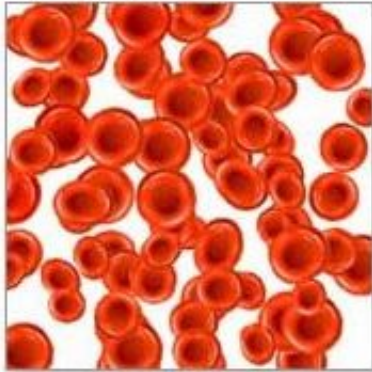
Повышение основного

ЭТИОЛОГИЯ И ПАТОГЕНЕЗ СМЕШАННОЙ ГИПОКСИИ

ОСТРАЯ КРОВОПОТЕРЯ

Нормальная
концентрация
эритроцитов

Анемия

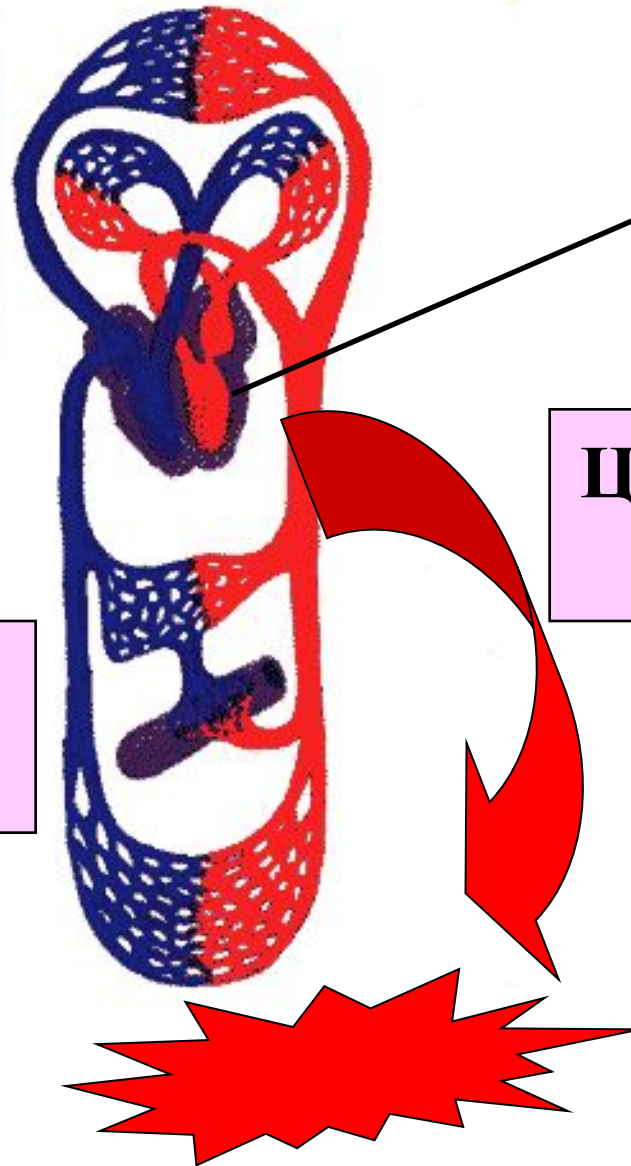


↓ КЕК

ГЕМИЧЕСКА
Я
ГИПОКСИЯ

↓ ОЦК
↓ МОС

ЦИРКУЛЯТОРНАЯ
ГИПОКСИЯ

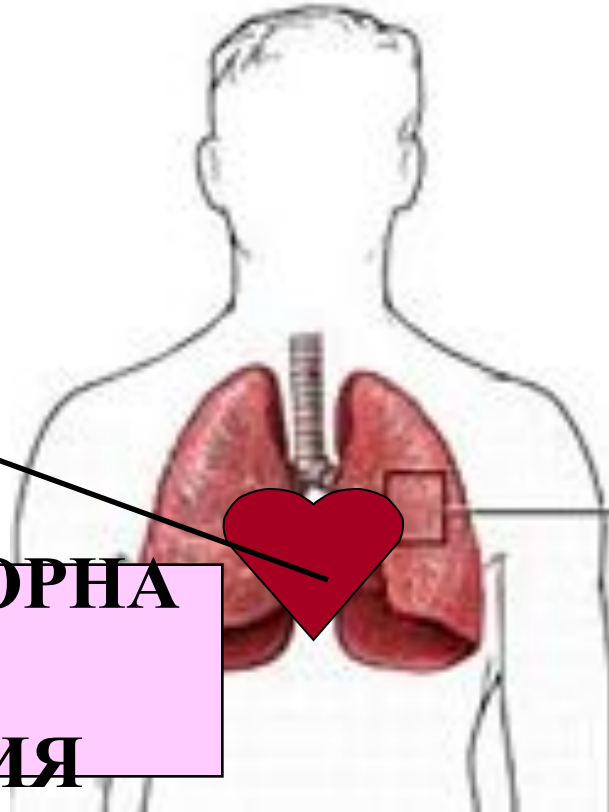


ЛЕВОЖЕЛУДОЧКОВАЯ СЕРДЕЧНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ

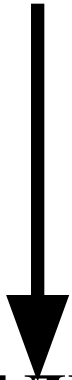
↓ МОС



ЦИРКУЛЯТОРНА
Я
ГИПОКСИЯ

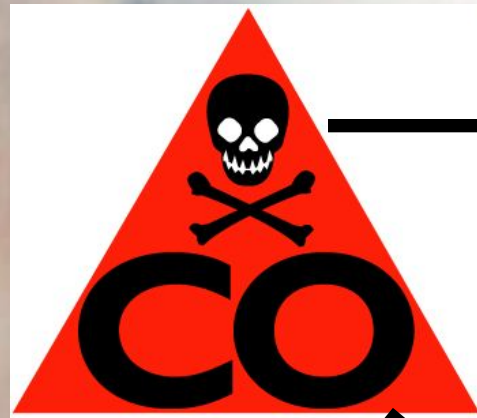


ОТЕК
ЛЕГКОГО

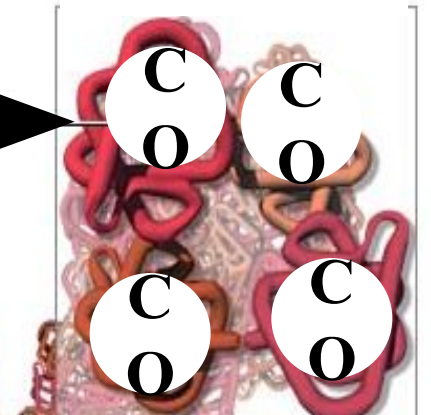


ДЫХАТЕЛЬНА
Я
ГИПОКСИЯ

ОТРАВЛЕНИЕ УГАРНЫМ ГАЗОМ



ИНАКТИВАЦИЯ
ГЕМОГЛОБИНА



ГЕМИЧЕСКАЯ
ГИПОКСИЯ



БЛОКАДА
ЦИТОХРО-
М-
ОКСИДАЗ
Ы

ТКАНЕВАЯ
ГИПОКСИЯ



ОТРАВЛЕНИЕ БАРБИТУРАТАМИ

УГНЕТЕНИЕ

ИНГИБИЦИЯ
ДЫХАТЕЛЬНЫХ
ФЕРМЕНТОВ

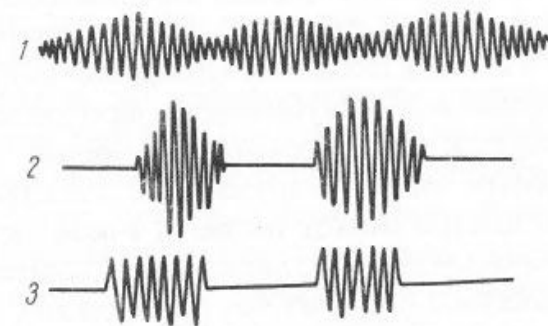
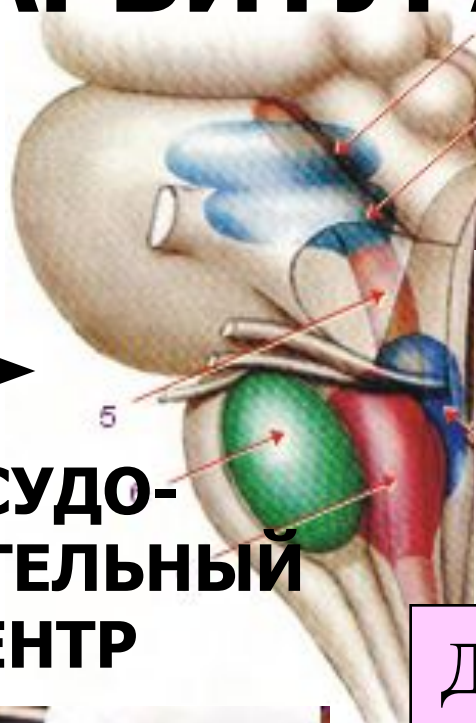


ТКАНЕВАЯ
ГИПОКСИЯ

СОСУДО-
ДВИГАТЕЛЬНЫЙ
ЦЕНТР



ДЫХАТЕЛЬНЫЙ
ЦЕНТР



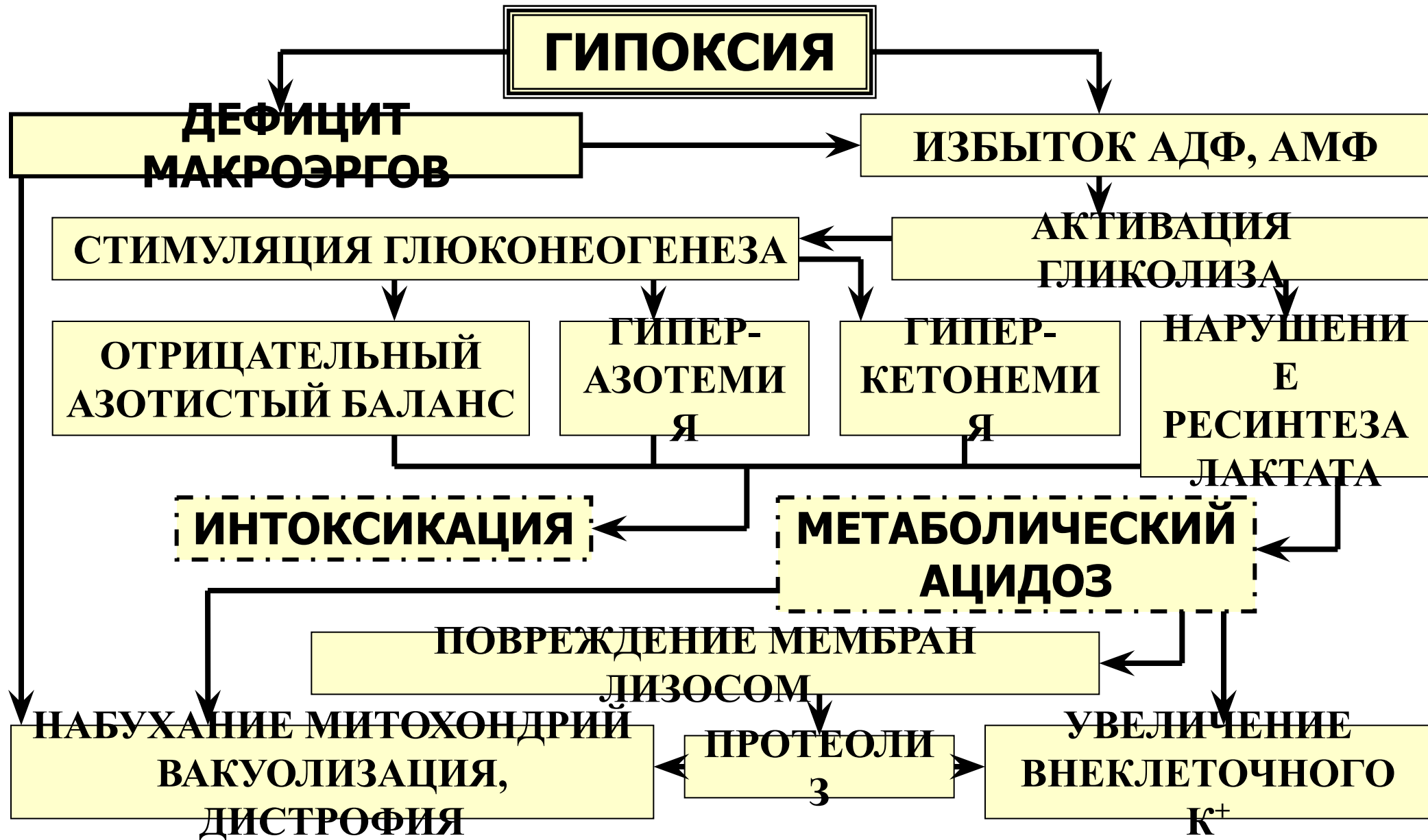
ДЫХАТЕЛЬНАЯ
ГИПОКСИЯ

ЦИРКУЛЯТОРНАЯ
ГИПОКСИЯ

ШОК



МЕХАНИЗМЫ НАРУШЕНИЙ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ



НАРУШЕНИЯ ФУНКЦИЙ ОРГАНОВ И СИСТЕМ

❖ ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

- ✓ СНИЖЕНИЕ КРИТИКИ**
- ✓ ОЩУЩЕНИЕ ДИСКОМФОРТА**
- ✓ ДИСКООРДИНАЦИЯ ДВИЖЕНИЙ**
- ✓ НАРУШЕНИЕ ЛОГИКИ МЫШЛЕНИЯ**
- ✓ РАССТРОЙСТВА СОЗНАНИЯ**
- ✓ «БУЛЬБАРНЫЕ РАССТРОЙСТВА»**

Изменения
почерка
в зависимости
от
высоты
подъема
над уровнем
моря



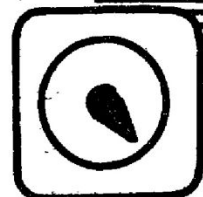
6500 м

Самозубишка



6000 м

Самоз.
прекрасные



5000 м

Самозубие
удовлетворительное



Земля

Самозубие
хорошее

❖ СИСТЕМА КРОВООБРАЩЕНИЯ

- ✓ СНИЖЕНИЕ СЕРДЕЧНОГО ВЫБРОСА
- ✓ КОРОНАРНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ
- ✓ АРИТМИИ
- ✓ ГИПЕРТЕНЗИВНЫЕ РЕАКЦИИ
- ✓ РАССТРОЙСТВА МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ

❖ СИСТЕМА ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

✓ НАРУШЕНИЕ

- ВЕНТИЛЯЦИИ
- ДИФФУЗИИ
- ПЕРФУЗИИ

✓ ОСТРАЯ ДЫХАТЕЛЬНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ

❖ СИСТЕМА ПИЩЕВАРЕНИЯ

- ✓ РАССТРОЙСТВА АППЕТИТА
- ✓ СНИЖЕНИЕ СЕКРЕТОРНОЙ И МОТОРНОЙ ФУНКЦИИ ЖЕЛУДКА И КИШЕЧНИКА
- ✓ ЯЗВЫ, ЭРОЗИИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ЖЕЛУДКА И КИШЕЧНИКА

❖ ПОЧКИ

✓ ОСТРАЯ ПОЧЕЧНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ

❖ ПЕЧЕНЬ

✓ ОСТРАЯ ПЕЧЕНОЧНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ

ПРИЧИНЫ ГИПОКСИИ ПЛОДА И НОВОРОЖДЕННОГО

1. Заболевания матери

- дыхательная недостаточность**
- сердечная недостаточность**
- артериальная гипер- и гипотензия**
- анемии**

2. Патология маточно-плацентарного кровообращения

- Плацентарная недостаточность**
- Сдавление или разрыв пуповины**
- Преждевременная отслойка плаценты**
- Переношенная беременность**
- Аномалии родовой деятельности**

ПРИЧИНЫ ГИПОКСИИ ПЛОДА И НОВОРОЖДЕННОГО

3. Патология плода

- гемолитическая болезнь новорожденных**
- врожденные пороки сердечно-сосудистой системы, ЦНС (анэнцефалия, гидроцефалия и др.)**
- черепно-мозговая травма**
- внутриутробные инфекции**
- нарушение проходимости дыхательных путей (пороки их развития, аспирация околоплодных вод)**
- угнетение дыхательного центра (при приеме матерью препаратов с угнетающим типом действия на ЦНС (барбитураты, наркотические препараты, транквилизаторы)).**

ПОСЛЕДСТВИЯ ХРОНИЧЕСКОЙ АНТЕНАТАЛЬНОЙ ГИПОКСИИ

- Дефицит сурфактанта
- Повышение проницаемости сосудистых стенок → периваскулярный отек, стазы, разрыв сосудов и кровоизлияния
- Врожденные дефекты развития.



ПОСЛЕДСТВИЯ ХРОНИЧЕСКОЙ АНТЕНАТАЛЬНОЙ ГИПОКСИИ

- Пролиферация эндотелия сосудов, ангиогенез → ангиомы
- Торможение развития мозговых капилляров, задержка формирования сосудистой сети мозга → уменьшение числа нейронов



ПРИНЦИПЫ ТЕРАПИИ ГИПОКСИИ

1. Введение кислорода при HbO_2 (арт.) $< 90\%$

- нормобарическая;
- гипербарическая оксигенация.

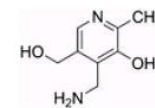


2. Воздействие на системы транспорта O_2 к тканям.



3. Антигипоксанты, улучшающие транспорт O_2

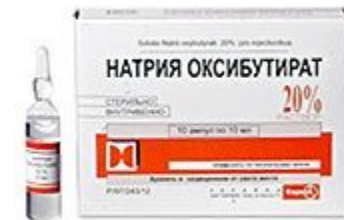
- повышающие КЕК – переносчики O_2 ;
- изменяющие сродство Hb к O_2 : стимуляторы синтеза 2,3-ДФГ, фициновая кислота (аналог 2,3-ДФГ), B_6



ПРИНЦИПЫ ТЕРАПИИ ГИПОКСИИ

4. Антигипоксанты, сохраняющие энергетику в клетках при дефиците O_2

- глюкоза+инсулин+ K^+
- никотинамид - источник НАД
- янтарная кислота – индуктор окисления НАД
- натрия оксибутират → восстановление фумарата в сукцинат → АТФ
- активаторы гликолиза (гутимин) и глюконеогенеза (ГКС)



ПРИНЦИПЫ ТЕРАПИИ ГИПОКСИИ

5. Искусственные переносчики электронов

- цитохром С
- бензохиноны

6. Антиоксиданты



ПРИНЦИПЫ ТЕРАПИИ ГИПОКСИИ

**7. Уменьшение
потребности тканей
в кислороде –
создание
гипотермии.**

