

Запорожский государственный медицинский университет  
Кафедра патологической физиологии

- Гипоксии: этиология, патогенез, классификация. Защитно-приспособительные и компенсаторные реакции при гипоксии. Адаптация к гипоксии.

Лектор: профессор Абрамов А.В.



# ГИПОКСИЯ

# **ГИПОКСИЯ**

**(кислородная недостаточность)**

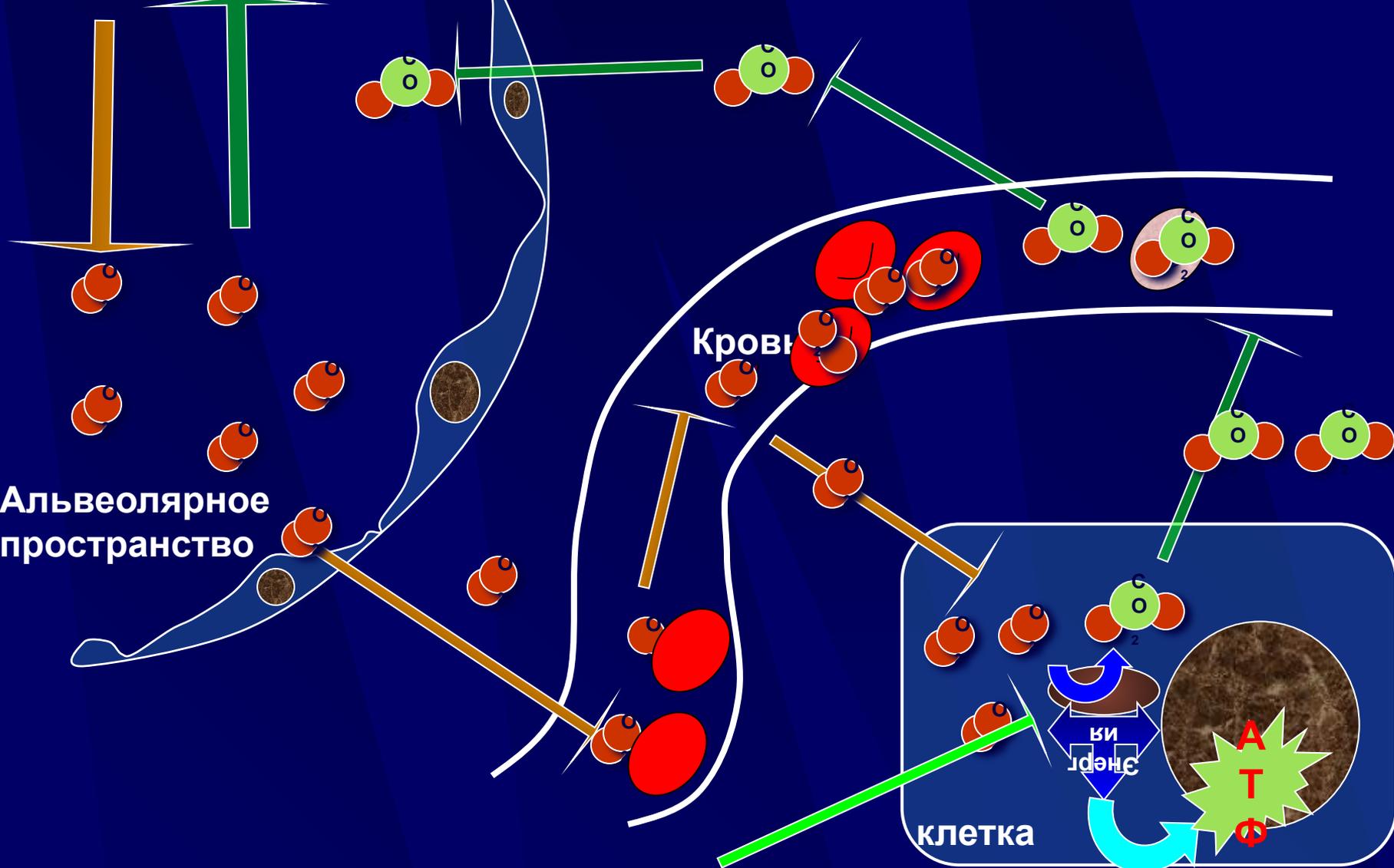
**типовой патологический процесс возникающий при недостатке поступления в ткани кислорода или нарушении его утилизации в процессе биологического окисления, что приводит к нарушению энергообеспечения клеток организма.**

# Транспорт кислорода

## к тканям и его использование

кислород

Внешняя среда



Кровь

Альвеолярное пространство

клетка

ГЛЮКОЗА

Энергия

АТФ

# патогенетическая классификация гипоксий

## ЭКЗОГЕННАЯ

*(гипоксическая гипоксия)*

- а) гипобарический тип
- б) нормобарический тип

## ЭНДОГЕННАЯ

1. Респираторная (дыхательная)
2. Циркуляторная (сердечно-сосудистая)
3. Гемическая (кровяная)
  - а) анемический тип
  - б) инактивационный тип
4. Тканевая (гистотоксическая)
5. Субстратная
6. Перегрузочная
7. Смешанная

# классификации гипоксий

- *по скорости возникновения и длительности проявлений:*  
молниеносная, острая, подострая, хроническая
- *по распространенности:*  
местная и общая
- *по степени тяжести:*  
легкая, умеренная, тяжелая, критическая (смертельная)

# ЭКЗОГЕННАЯ ГИПОКСИЯ



Внешняя среда

**кислород**

Гипобарическая - уменьшение парциального давления кислорода

Нормобарическая - уменьшение процентного соотношения O<sub>2</sub>

Кровь

Межклеточная жидкость

Альвеолярное пространство

клетка

ГЛЮКОЗА



# гипобарическая экзогенная гипоксия

## горная болезнь

факторы: снижение  $pO_2$  воздуха,  
физическая нагрузка,  
низкая температура воздуха,  
снижение атмосферного давления

## высотная болезнь

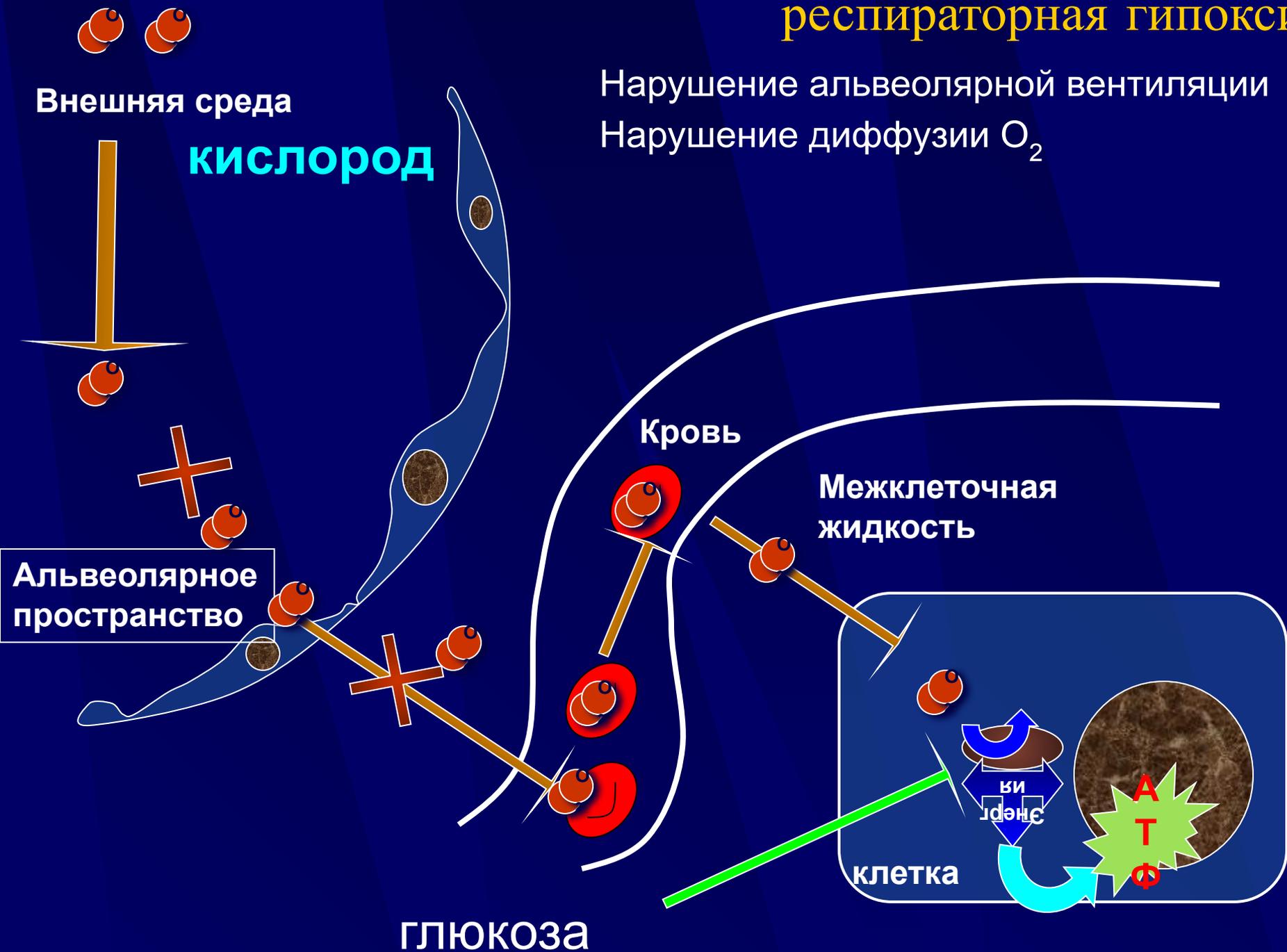
факторы: быстрое снижение  $pO_2$  воздуха,  
быстрое снижение атмосферного давления

## высотная декомпрессионная болезнь

факторы: быстрое снижение атмосферного давления  
аноксия

# респираторная гипоксия

Нарушение альвеолярной вентиляции  
Нарушение диффузии  $O_2$



# респираторная гипоксия

## ***изменения газового состава крови***

Артериальная и венозная гипоксемия

Гиперкапния

Снижение насыщения Hb кислородом в артериальной и венозной крови

Ацидоз (*газовый, затем метаболический*)

# Гемическая гипоксия

**Анемический тип** - при анемиях

**Инактивационный тип** - вследствие инактивации гемоглобина



# гемическая гипоксия

## *изменения газового состава крови*

Снижение парциального напряжения кислорода в артериальной крови

Венозная гипоксемия

Снижение атрио-венозной разницы по кислороду

Метаболический ацидоз

# циркуляторная гипоксия

Нарушение функции сердца и сосудов



# циркуляторная гипоксия

## *изменения газового состава крови*

Нормальное парциальное напряжение кислорода в артериальной крови

Венозная гипоксемия

Увеличение атрио-венозной разницы по кислороду

Метаболический ацидоз

# Тканевая гипоксия

- Нарушение диффузии  $O_2$
- Инактивация тканевых ферментов
- Уменьшение синтеза ферментов
- Разобщение окисления и фосфорилирования



ГЛЮКОЗА

# Тканевая гипоксия

## *изменения газового состава крови*

Нормальное парциальное напряжение кислорода в артериальной крови

Увеличение парциального напряжения кислорода в венозной крови

Уменьшение атрио-венозной разницы по кислороду

Метаболический ацидоз

# субстратная гипоксия

дефицит субстратов окисления (глюкозы)



# субстратная гипоксия

## ***изменения газового состава крови***

Нормальное парциальное напряжение кислорода в артериальной крови

Увеличение парциального напряжения кислорода в венозной крови

Уменьшение атрио-венозной разницы по кислороду

Метаболический ацидоз

## **перегрузочная гипоксия:**

**значительное и/или длительное  
увеличение функции органов или тканей**

### **изменения газового состава крови**

Уменьшение парциального напряжения кислорода в венозной крови, оттекающей от гиперфункционирующей мышцы

Увеличение парциального напряжения  $\text{CO}_2$  в венозной крови

Увеличение атрио-венозной разницы по кислороду

Ацидоз в венозной крови, оттекающей от гиперфункционирующей мышцы



# Смешанный тип гипоксии

наблюдается наиболее часто и представляет собой сочетание 2-х или более основных типов гипоксии



# Приспособительные и компенсаторные реакции при гипоксии

- Срочные защитно-приспособительные реакции - обычно возникают немедленно или вскоре после начала действия гипоксического фактора и осуществляются посредством имеющихся в организме физиологических механизмов
- Долгосрочные защитно-компенсаторные реакции - формируются постепенно при длительной или повторяющейся гипоксии и осуществляются посредством активации генетически детерминированных предпосылок

# дыхательная система

## **срочные защитно-приспособительные**

Увеличение частоты дыхания за счет активации дыхательного центра углекислым газом.

Раскрытие ранее не функционирующих альвеол и вследствие этого увеличение глубины дыхания

## **долгосрочные защитно-компенсаторные**

Рост новых альвеол и вследствие этого увеличение объема и дыхательной поверхности легких.

Рост новых капилляров в легочной ткани – улучшение оксигенации крови

# система крови

*срочные*

*защитно-приспособительные*

Увеличение количества эритроцитов за счет их выхода из депо крови

*долгосрочные*

*защитно-компенсаторные*

Увеличение количества эритроцитов за счет активации эритропоэза

# сердечно-сосудистая система

## срочные

### защитно-приспособительные

Увеличение частоты сердечных сокращений

Перераспределение крови в организме

## долгосрочные

### защитно-компенсаторные

Увеличение ударного объема полостей сердца

Рост новых капилляров в функционирующих органах тканях

# АДАПТАЦИЯ К ГИПОКСИИ

Долгосрочные защитно-компенсаторные реакции формируют адаптацию организма к гипоксии.

Реализация механизмов защиты происходит путем активации генетического аппарата клеток с последующим увеличением синтеза нуклеиновых кислот и белков и развитием структурных изменений в системах, ответственных за адаптацию – возникает «системный структурный след» - основа адаптации.

Такая активация развивается во время адаптации к гипоксии в системах, ответственных за транспорт  $O_2$ , т.е. в системе крови, легких, сердце, а также в органах, не участвующих в транспорте кислорода, прежде всего в головном мозге.

# Стадии адаптации к гипоксии:

1. стадия срочной (неполной) адаптации к гипоксии;
2. переходная стадия;
3. стадия устойчивой адаптации;
4. дезадаптация.



## стадия срочной адаптации

После возникновения гипоксии недостаток  $O_2$  и избыток  $CO_2$  действуют как раздражитель на хеморецепторы аортально-кrotидной зоны, непосредственно на центры, регулирующие дыхание и кровообращение, а также на другие органы и клетки вызывая формирование комплекса защитных механизмов:

*Под влиянием гипоксемии активируются функции систем, специфически ответственных за транспорт кислорода из окружающей среды в организм и его распределение внутри организма, т.е. гипервентиляция легких, увеличение минутного объема сердца, расширение сосудов мозга и сердца, сужение сосудов органов брюшной полости и мышц, как следствие - повышение артериального давления и т.п.*

Развивается активация адренергической и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой систем, т.е. стресс-реакции. Этот неспецифический компонент адаптации играет роль в мобилизации аппарата кровообращения и внешнего дыхания, но вместе с тем проявляется резко выраженным катаболическим эффектом, т.е. отрицательным азотистым балансом, потерей веса, атрофией жировой клетчатки и т.д.

## переходная стадия адаптации

**Дефицит богатых энергией фосфорных соединений в клетках систем, осуществляющих увеличенную функцию и подвергающихся действию гипоксемии, вызывает активацию синтеза нуклеиновых кислот и белков. Эта активация биосинтеза охватывает в процессе адаптации к гипоксии необычайно широкий круг органов и систем и приводит к формированию обширного системного структурного следа, обладающего разветвленной архитектурой.**

## стадия устойчивой адаптации

Характеризуется завершением формирования системного структурного следа. Архитектура этого следа характеризуется несколькими свойствами, которые играют решающую роль как в адаптации к гипоксии, так и использовании этой адаптации с целью профилактики:

1. *увеличение мощности и одновременно экономичности функционирования аппарата внешнего дыхания и кровообращения;*
2. *при адаптации к гипоксии развивается снижение основного обмена и экономное использование кислорода тканями;*
3. *происходят глубокие изменения в нервной регуляции, выраженные как для высших отделов нервной системы, так и для регуляции кровообращения;*
4. *наблюдаются изменения в регуляции водно-солевого обмена и сосудистого тонуса;*
5. *увеличение мощности тормозных и модуляторных систем организма, которые на уровне головного мозга синтезируют такие тормозные медиаторы, как ГАМК, глицин, энкефалины и др.*

# ГИПОТРОН

компьютерная диагностика

резервных возможностей организма

лечение интервальными

гипоксическими тренировками

# ГИПОТРОН

Метод интервальных гипоксических тренировок (гипокситерапия), (горный воздух) основан на использовании самого древнего и могучего природного способа воздействия на организм –  
**адаптации к гипоксии**

# ГИПОТРОН

Известно, что:

горные жители, практически не болея, живут значительно дольше, чем жители равнинной местности –

это результат тренирующего действия гипоксии;  
индийские йоги демонстрируют феноменальные возможности организма человека –

это результат гипоксических тренировок;  
в горных санаториях лечат многие заболевания –  
это результат лечебного действия гипоксии.

# ГИПОТРОН



В основе метода интервальных гипоксических тренировок лежат гипоксические и гиперкапнические воздействия, индивидуально дозированные по состоянию резервов организма и вызывающие стимуляцию защитных механизмов

# ГИПОТРОН

Современные компьютерные медицинские технологии позволяют на основе всестороннего анализа состояния жизнедеятельности и резервов организма подобрать такую индивидуальную дозу гипоксических тренировок, которая оказывает выраженное лечебно-профилактическое действие

# ГИПОТРОН

Гипокситерапия показала высокую эффективность при лечении:  
сахарного диабета 1-го типа,  
артериальной гипертензии,  
хронических заболеваний легких,  
анемий и других заболеваний.

# ГИПОТРОН

Гипокситерапия повышает сопротивляемость организма к стрессам, увеличивает умственную и физическую работоспособность, обеспечивает устойчивость к эмоциональным перегрузкам, снижает утомляемость, увеличивает сопротивляемость к простудным и инфекционным заболеваниям, увеличивает продолжительность физической и интеллектуальной жизни. После проведенного курса гипокситерапии заболеваемость уменьшается в 2 - 3 раза.



**Благодарю за внимание!**