

ГИПОКСИЯ

A newborn baby is lying in a hospital bed, wrapped in a white blanket. The baby is wearing a white cap and has several medical sensors attached to their face and chest. The background is a blurred hospital room.

ЛЕКЦИЯ ПО ПАТОФИЗИОЛОГИИ
ЛЕКТОР: К.М.Н. Д.Т. БЕРЁЗОВА

ГИПОКСИЯ – типовой патологический процесс, развивающийся вследствие несоответствия между кислородным обеспечением тканей и уровнем их метаболизма, приводящий к угнетению тканевой биоэнергетики.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГИПОКСИЙ

ПО РАСПОСТРАНЕННОСТИ

МЕСТНАЯ

ОБЩАЯ

ПО СКОРОСТИ РАЗВИТИЯ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ

МОЛНИЕНОСНАЯ
(развивается в течение
нескольких секунд)

ОСТРАЯ
(развивается в течение часа)

ПОДОСТРАЯ
(в пределах первых суток)

ХРОНИЧЕСКАЯ
(недели, месяцы, годы)

ПО СТЕПЕНИ ВЫРАЖЕННОСТИ РАССТРОЙСТВ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ЛЕГКАЯ

УМЕРЕННАЯ

ТЯЖЕЛАЯ

КРИТИЧЕСКАЯ
(СМЕРТЕЛЬНАЯ)

КЛАССИФИКАЦИЯ ГИПОКСИЙ

ПО ЭТИОЛОГИИ

ЭКЗОГЕННАЯ

НОРМОБАРИЧЕСКАЯ

ГИПОБАРИЧЕСКАЯ

ЭНДОГЕННАЯ

РЕСПИРАТОРНАЯ
(ДЫХАТЕЛЬНАЯ)

ЦИРКУЛЯТОРНАЯ
(СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ)

ГЕМИЧЕСКАЯ
(КРОВЯНАЯ)

ТКАНЕВАЯ
(ГИСТОТОКСИЧЕСКАЯ)

ПЕРЕГРУЗОЧНАЯ
(ГИПОКСИЯ НАГРУЗКИ)

СУБСТРАТНАЯ

ЭКЗОГЕННАЯ ГИПОКСИЯ

НОРМОБАРИЧЕСКАЯ гипоксия – при нахождении в замкнутых недостаточно вентилируемых помещениях, шахтах, колодцах, при неисправности наркозных аппаратов, несоблюдение методики ИВЛ

ГИПОБАРИЧЕСКАЯ возникает при снижении барометрического давления: подъём в горы, в барокамерах, в негерметизированных летательных аппаратах

низкое насыщение крови O_2 – ГИПОКСЕМИЯ

одышка → выведение CO_2 → ГИПОКАПНИЯ → газовый АЛКАЛОЗ

снижение системного АД, сужение просвета артериол мозга и сердца, угнетение дыхательного и сосудодвигательного центров

РЕСПИРАТОРНАЯ (ДЫХАТЕЛЬНАЯ) ГИПОКСИЯ

Возникает при недостаточности газообмена в легких: заболевания бронхов, лёгких, диафрагмы и дыхательных мышц, нарушения функции дыхательного центра



низкое содержание O₂ в артериальной крови – артериальная ГИПОКСЕМИЯ
и высокое содержание CO₂ – ГИПЕРКАПНИЯ



АЦИДОЗ
(газовый, затем негазовый)

ЦИРКУЛЯТОРНАЯ ГИПОКСИЯ

недостаточность кровоснабжения органов и тканей

- гиповолемия;
- сердечная недостаточность;
- снижение тонуса стенок сосудов;
- расстройства микроциркуляции;
- нарушение диффузии O₂ из капилляров к клеткам, напр. при васкулитах

↓
нарушение транспорта насыщенной O₂ артериальной крови к тканям

↓
↑ артериовенозной (АВ) разницы по O₂
венозная гипоксемия

↓
негазовый АЦИДОЗ

ГЕМИЧЕСКАЯ ГИПОКСИЯ

уменьшение содержания гемоглобина в единице объема крови (АНЕМИИ)
или нарушение транспортных свойств гемоглобина (ГЕМОГЛОБИНОПАТИИ)



снижение кислородной ёмкости крови (КЁК),
снижение объёмного содержания O₂ в артериальной и венозной крови



негазовый АЦИДОЗ

ТКАНЕВАЯ ГИПОКСИЯ

Снижение эффективности усвоения O₂ клетками, вследствие:

- нарушение синтеза дыхательных ферментов;
- ингибирования активности дыхательных ферментов;
- изменения физико-химических параметров внутренней среды (рН, температура и др.);
- повреждения мембран митохондрий.

Снижение степени сопряжения окисления и фосфорилирования



нарушение использования O₂ тканями и
↑ содержания O₂ в венозной крови (артериализация венозной крови),
↓ АВ-разницы по O₂



негазовый АЦИДОЗ

СУБСТРАТНАЯ ГИПОКСИЯ

дефицит в клетках субстратов биологического окисления в условиях нормальной доставки O_2 к тканям, наиболее часто недостаток глюкозы при сахарном диабете



торможение биологического окисления



↓ АВ разницы по O_2 ,
↑ содержания O_2 в венозной крови,
АЦИДОЗ

ПЕРЕГРУЗОЧНАЯ ГИПОКСИЯ (ГИПОКСИЯ НАГРУЗКИ)

значительная гиперфункция тканей, органов,
наиболее часто наблюдается при интенсивном функционировании
скелетных мышц и миокарда



относительная (по сравнению с требуемым при данном уровне функции)
недостаточность кровоснабжения мышцы и дефицит O_2



негазовый АЦИДОЗ,
снижение истинного и процентного содержания O_2 в венозной крови,
 \uparrow АВ разницы по O_2

ПОКАЗАТЕЛИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КРОВИ

Кислородная емкость крови (КЕК)	20-20,5 об%
Истинное содержание O ₂ в артериальной крови (Ис O ₂ А кр)	19-19,5 об%
Истинное содержание O ₂ в венозной крови (Ис O ₂ В кр)	14 об%
Артерио-венозная разница по O ₂ (А-В)	5-5,5 об%
Процентное насыщение O ₂ артериальной крови – сатурация (%O ₂ А кр)	95 %
Процентное насыщение O ₂ венозной крови (%O ₂ В кр)	70 %
Капиллярный дефицит кислорода крови (КДО ₂ кр)	
$КДО_2Кр = \frac{(КЕК - ИсO_2АКр) + (КЕК - ИсO_2ВКр)}{2}$	3,5 об%

ПОКАЗАТЕЛИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КРОВИ У ДЕТЕЙ

Кислородная емкость крови (КЕК)	16-25 об%
Истинное содержание кислорода в артериальной крови (Ис O ₂ А кр)	15-21-23 об%
Истинное содержание кислорода в венозной крови (Ис O ₂ В кр)	11-16-17 об%
Артерио-венозная разница по O ₂ (А-В)	4-6 об%
Процентное насыщение кислородом артериальной крови (%O ₂ А кр)	65-90 %
Процентное насыщение кислородом венозной крови (%O ₂ В кр)	50-55 %
Капиллярный дефицит кислорода крови (КДО ₂ кр)	3-4 об%

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КРОВИ ПРИ РАЗНЫХ ВИДАХ ГИПОКСИЙ

ПОКАЗАТЕЛИ	ГИПОКСИЧЕСКАЯ (ЭКЗОГЕННАЯ, ДЫХАТЕЛЬНАЯ)	ГЕМИЧЕСКАЯ	ЦИРКУЛЯТОРНАЯ	ТКАНЕВАЯ
(КЕК)	N или слегка↑	↓	N или слегка↑	N
(Ис O ₂ А кр)	↓	↓	N	N
(Ис O ₂ В кр)	↓	↓	↓	↑
(А-В)	N или слегка↑	N	↑	↓
(%O ₂ А кр)	↓	N	N	N
(%O ₂ В кр)	↓	N	↓	↑
(КД O ₂ кр)	↑	N или ↓	↑	↓
	синяя	бледная	синяя	бледная

МЕХАНИЗМЫ ЭКСТРЕННОЙ АДАПТАЦИИ К ГИПОКСИИ

СИСТЕМА ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ : ↑ альвеолярной вентиляции за счёт:

- ↑ частоты и глубины дыхания;
- ↑ числа функционирующих альвеол;
- усиления легочного кровотока

СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА:

- ↑ ОЦК, за счет выхода крови из депо;
- ↑ частоты и силы сердечных сокращений,
- ↑ минутный объём крови (МОК);
- централизация кровообращения

СИСТЕМА КРОВИ: ↑ КЁК:

- выброс крови из депо;
- элиминация эритроцитов из костного мозга;
- ↑ сродства гемоглобина к O₂

СИСТЕМА БИОЛОГИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ:

- Пограничение функциональной активности тканей не участвующих в обеспечении биологического окисления;
- ↑ эффективности усвоения O₂ тканями и доставки к митохондриям;
- активация ферментов окисления и фосфорилирования;
- ↑ степени сопряженности окисления и фосфорилирования; активация гликолиза

МЕХАНИЗМЫ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ АДАПТАЦИИ К ГИПОКСИИ

СИСТЕМА ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ: ↑ числа альвеол и капилляров в них

СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА: гипертрофия миокарда, ↑ числа капилляров и митохондрий в кардиомиоцитах; ↑ площади и скорости взаимодействия актина и миозина; ↑ эффективности системы регуляции сердца; ↑ количества функционирующих капилляров; развитие артериальной гиперемии в гиперфункционирующих органах и тканях

СИСТЕМА КРОВИ: активация эритропоэза; ↑ средства гемоглобина к кислороду в лёгких; ускорение диссоциации оксигемоглобина в тканях

РЕГУЛЯТОРНЫЕ СИСТЕМЫ: ↑ резистентности нейронов к гипоксии; ↓ активации симпато-адреналовой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой систем; ↑ чувствительности рецепторов клеток к нейромедиаторам, гормонам и БАВ

ПРОЯВЛЕНИЯ ГИПОКСИИ

РАССТРОЙСТВА ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ:

- содержание АТФ и КФ снижаются вследствие подавления аэробного окисления и сопряжения его с фосфорилированием;
- концентрация неорганического фосфата в тканях увеличивается в результате повышенного гидролиза АТФ, АДФ, АМФ и КФ, подавления реакций окислительного фосфорилирования;
- гликолиз на начальном этапе гипоксии активизируется, что сопровождается накоплением кислых метаболитов и развитием ацидоза;
- синтетические процессы в клетках угнетаются вследствие дефицита энергии;
- протеолиз нарастает вследствие активации, в условиях ацидоза, протеаз и неферментного гидролиза белков → отрицательный азотистый баланс;
- липолиз активизируется в результате повышения активности липаз и ацидоза, что сопровождается накоплением избытка КТ и ЖК. Последние оказывают разобщающее влияние на процессы окисления и фосфорилирования, чем усугубляют гипоксию;
- водно-электролитный баланс нарушен в связи с подавлением активности АТФаз, повреждением мембран и ионных каналов, а также изменением содержания в организме ряда гормонов (минералокортикоидов, кальцитонина и др.).

ПРОЯВЛЕНИЯ ГИПОКСИИ

НАРУШЕНИЯ ФУНКЦИЙ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ

НАРУШЕНИЯ ВНД (в условиях гипоксии выявляются уже через несколько секунд):

- снижение способности адекватно оценивать происходящие события и окружающую обстановку;
- ощущение дискомфорта, тяжесть в голове, головная боль;
- дискоординация движений;
- замедление логического мышления и принятия решений;
- расстройства сознания, в тяжёлых случаях потеря сознания;
- нарушение бульбарных функций, приводит к расстройствам функций сердца и дыхания и может послужить причиной летального исхода.

ПРОЯВЛЕНИЯ ГИПОКСИИ

НАРУШЕНИЯ ФУНКЦИЙ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ

СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА:

- ↓ сократительной функции миокарда → ↓ УО (ударный объем) и СВ (сердечный выброс);
- расстройство кровотока в сосудах сердца → коронарная недостаточность;
- аритмии, включая мерцание и фибрилляцию предсердий и желудочков;
- гипертензивные реакции (за исключением отдельных разновидностей гипоксии циркуляторного типа), сменяющиеся артериальной гипотензией, в том числе коллапсом;
- расстройства микроциркуляции, проявляющиеся чрезмерным замедлением тока крови в капиллярах, турбулентным его характером и артериолярно-венулярным шунтированием.

ПРОЯВЛЕНИЯ ГИПОКСИИ

НАРУШЕНИЯ ФУНКЦИЙ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ

СИСТЕМА ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ:

- увеличение объёма альвеолярной вентиляции на начальном этапе гипоксии с последующим (при нарастании степени гипоксии и повреждении бульбарных центров) прогрессирующим снижением по мере развития дыхательной недостаточности;
- уменьшение общей и регионарной перфузии ткани лёгких вследствие нарушений кровообращения;
- развитие отёка и набухание клеток межальвеолярной перегородки → снижение диффузии газов через аэрогематический барьер.

ПРОЯВЛЕНИЯ ГИПОКСИИ

НАРУШЕНИЯ ФУНКЦИЙ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ

СИСТЕМА ПИЩЕВАРЕНИЯ:

- расстройства аппетита;
- нарушение моторики желудка и кишечника;
- развитие эрозий и язв.

ПРИНЦИПЫ УСТРАНЕНИЯ ГИПОКСИИ

ЭТИОТРОПНЫЙ: устранение причины гипоксии (восстановление парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе; добавление во вдыхаемый воздух углекислого газа)

ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ: ликвидация ацидоза; ↓ дисбаланса ионов в клетках; предотвращение или снижение степени повреждения мембран и ферментов клеток; оптимизация уровня функции органов и их систем; повышение эффективности биологического окисления

СИМПТОМАТИЧЕСКИЙ: устранение неприятных ощущений:
(анальгетики, транквилизаторы и др.)

БЛАГОДАРЮ ЗА
ВНИМАНИЕ!

