Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Дыхательная недостаточность при обструктивных болезнях легких

М.А.Куценко
Кафедра госпитальной терапии РГМУ
НИИ пульмонологии ФМБА России

Определение ДН

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Дыхательная недостаточность –

состояние человека, у которого в условиях покоя, вследствие нарушения дыхательной функции напряжение кислорода в артериальной крови (paO_2) ниже 60 мм Hg или парциальное напряжение углекислого газа в артериальной крови ($paCO_2$) выше 45 мм Hg

E.J.M.Campbell, 1965

Определение ДН

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Дыхательная недостаточность – состояние организма, при котором возможности легких и аппарата вентиляции обеспечить нормальный газовый состав крови при дыхании воздухом ограничены

А.П.Зильбер, 1989

Газовый состав артериальной крови

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

35 mm Hg < CO_2 < 45 mm Hg

80 mm Hg > O_2

O_2 = 104 – (0,27 x возраст) mm Hg

Adrogue H.J., Tobin M.J., 1997

Классификация ДН

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Скорость развития

Степень тяжести

Патогенез

Классификация ДН

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

По скорости развития:

Острая	Хроническая
Минуты Часы Дни 7,35 < pH > 7,45 HCO_3^- ≈ норма	Месяцы Годы pH ≈ норма HCO_3^- – ↑

Острая на фоне хронической

Классификация ДН

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Скорость развития

Степень тяжести

Патогенез

Классификация ДН

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

По степени тяжести

Степень	PaO2 (mm Hg)	SaO2 (%)
Норма	≥ 80	≥ 95
I	60-79	90-94
II	40-59	75-89
III	< 40	< 75

Классификация ДН

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Скорость развития

Степень тяжести

Патогенез

Классификация ДН

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

По патогенезу

Нарушение газообмена

Гипоксемическая (ДН I типа)

[Паренхиматозная/ легочная]

Нарушение вентиляции

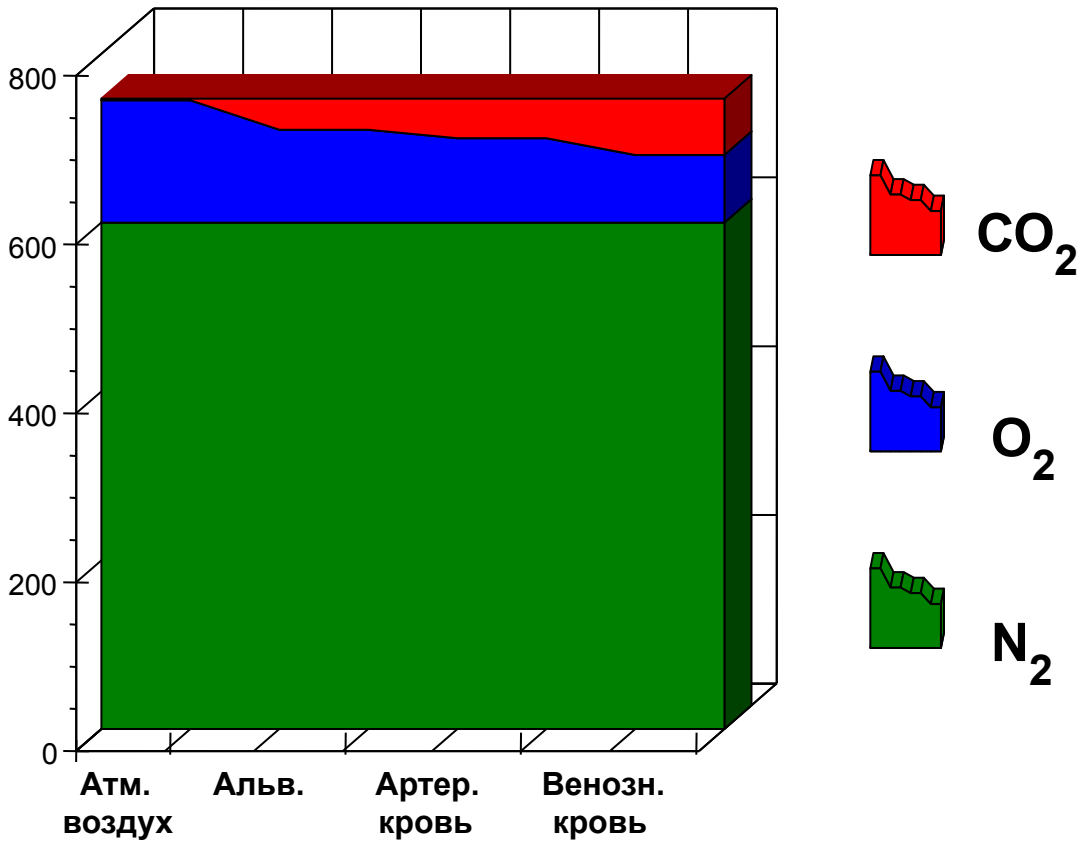
Гиперкапническая (ДН II типа)

[Вентиляционная/ насосная]

C.Roussos & A.Koutsoukou, 2003

Газы

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ



Уравнение Уэста

$$P_{AO2} = P_{iO2} - P_{ACO2} (F_{iO2} + (1 - F_{iO2} / R))$$

P_{AO2} – парциальное давление O_2 в альвеолах

P_{ACO2} – парциальное давление CO_2 в альвеолах

P_{iO2} – парциальное давление O_2 во вдыхаемом воздухе

F_{iO2} – фракционная концентрация O_2 во вдыхаемом воздухе

R – коэффициент дыхательного газообменного отношения

Механизмы развития гипоксемии

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

- Вентиляционно-перфузионный дисбаланс
- Шунтирование
- Нарушение диффузионной способности
- Гиповентиляция

Механизмы развития гиперкапнии

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

- Гиповентиляция
- Увеличение функционального мертвого пространства
- Повышение продукции CO_2

Классификация ДН

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

	Внелегочные причины ДН			Легочные причины ДН						
				Обструкция дыхат. путей						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Механизмы ДН	Нарушения центральной регуляции дыхания	Поражение дыхательных мышц и периферических нервов	Поражение грудной стенки	Крупных (гортань, трахея, главные бронхи)	Мелких (мелкие бронхи)	Нарушение рестрикции (растяжимости легочной ткани)	Сокращение функционирующей ткани легкого	Нарушение диффузии газов	Нарушение легочного кровотока	Нарушение вентиляционно-перфузионных отношений
Заболевания и синдромы	Поражение головного мозга: инсульт, токсические поражения, травма, нейроинфекция	Травма, миалгия, полиомиелит, полирадикулоневрит, столбняк	Травма, кифосколиоз, другие деформации	Опухоль, инородное тело, дискинезия мембранозной части трахеи	Бронхиальная астма, бронхиолит, обструктивный бронхит	Гидроторакс, пневмоторакс, фиброторакс, отек легких, массивные пневмонии	Массивное воспаление, резекция легкого, ателектазы	Отек легких, воспаление легкого, фиброз легкого	Застой в малом круге, гиповолемия	Хронический обструктивный бронхит, тромбоэмболия ветвей легочной артерии, воспаление легкого
Форма ДН	Вентиляционная форма ДН							Паренхиматозная форма ДН		
Нарушение газового состава крови	Гиперкапния и гипоксемия							Гипоксемия		

Основные патофизиологические механизмы ОДН при обструктивных заболеваниях

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

- Нарушение муко-цилиарного клиренса
- Повышение резистентности ДП
- Вентиляционно-перфузионный дисбаланс
- Динамическая гиперинфляция
- Слабость / утомление ДМ
- Легочная гипертензия

Симптомы дыхательной недостаточности

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

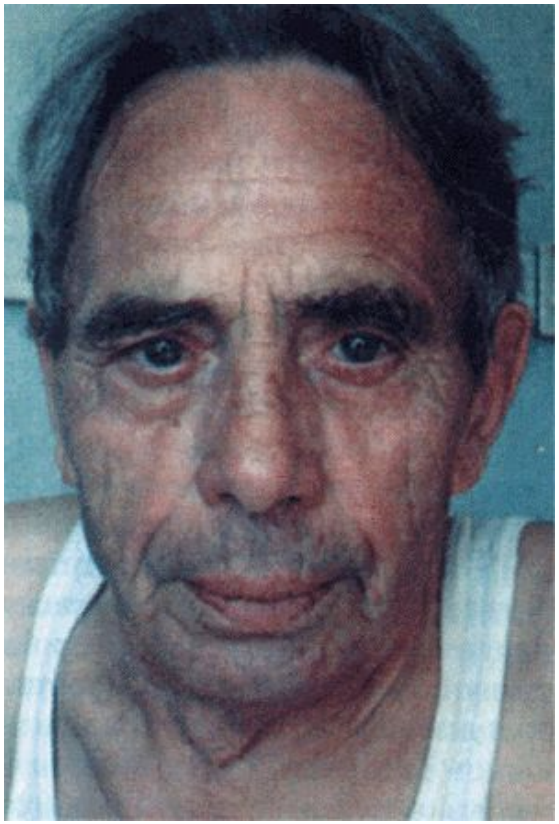
- Симптомы причинного заболевания
- Проявления гипоксемии
- Признаки гиперкапнии
- Симптомы дисфункции ДМ
- Симптоматика легочного сердца

Симптомы дыхательной недостаточности

Проявления гипоксемии

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

- Центральный (диффузный, серый) цианоз
- Тахипноэ
- Признаки гипоксической энцефалопатии



Шкала гипоксической энцефалопатии

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Normal	0	Нет изменений
Mild asterexis	1	Легкий “порхающий“ тремор
Marked asterexis Mild confusion Sleeping during the day	2	Выраженный “порхающий“ тремор Легкая спутанность сознания, дезориентация Дневная сонливость
Major confusion with daytime sleepiness Agitation	3	Выраженная спутанность сознания и дневная сонливость Ажитация (возбуждение)
Obtundation Major agitation	4	Ступор Выраженная ажитация

Brochard L., Mancebo J., Wisocki M., et al., 1995

Симптомы дыхательной недостаточности

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Проявления гиперкапнии

- Потливость
- Бессонница
- Хлопающий тремор
- Утренние головные боли
- Спутанность сознания (кома)

Симптомы дыхательной недостаточности

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Признаки дисфункции дыхательной мускулатуры

- Диспноэ
- Альтернирующее дыхание
- Абдоминальный парадокс
- Включение в дыхание вспомогательной ДМ
- Респираторный пульс

Выраженность одышки по шкале Borg

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Maximal	10	Максимальная
Very, very severe	9	Очень, очень тяжелая
	8	
Very severe	7	Очень тяжелая
	6	
Severe	5	Тяжелая
Somewhat severe	4	Несколько тяжелая
Moderate	3	Умеренная
Slight	2	Легкая
Very slight	1	Очень легкая
Very, very slight	0,5	Очень, очень легкая
No	0	Нет одышки

Borg G., 1982

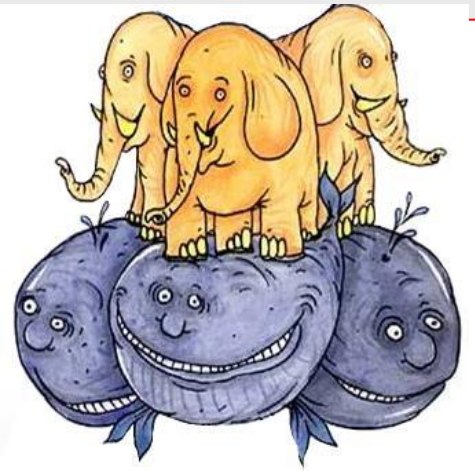
Лечение ХДН

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Реабилитация

Аппаратные и инструментальные методы воздействия

Медикаментозная терапия



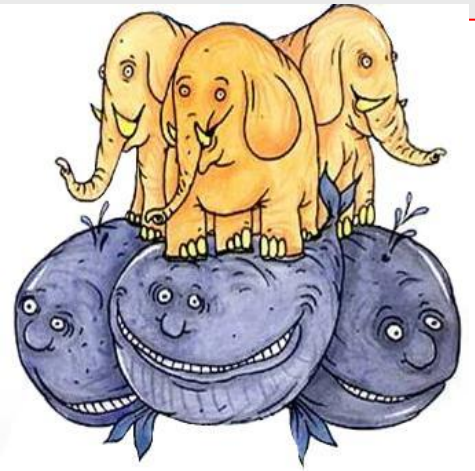
Лечение ОДН

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Реабилитация

Медикаментозная терапия

Аппаратные и инструментальные методы воздействия



Лечение ДН при ОБЛ

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Медикаментозная терапия

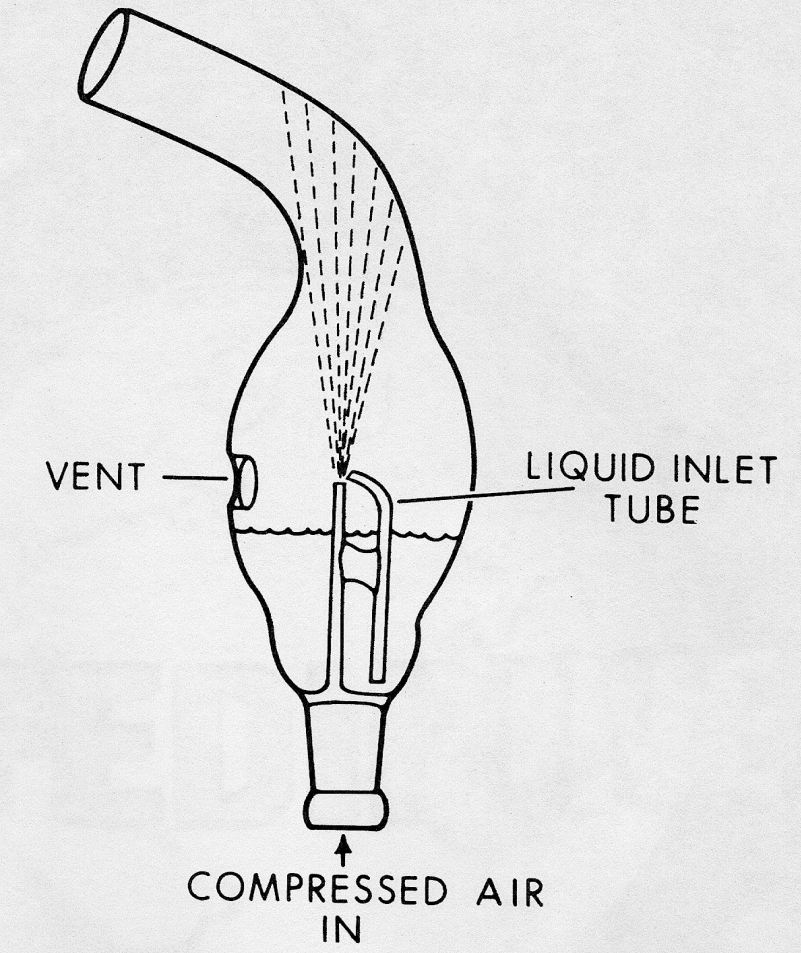
- Восстановление проходимости ДП
- Нормализация вентиляционно-перфузионного соотношения
- Борьба с инфекцией
- Борьба с воспалением
- Профилактика осложнений

Аппаратные и инструментальные методы воздействия

- Восстановление проходимости ДП
- Респираторная поддержка:
  - Кислородотерапия
  - Гелиокс
  - CPAP-терапия
  - НВЛ
  - ИВЛ
- Нормализация газообмена
- Разгрузка ДМ

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Ингаляционная терапия



Ингаляционная терапия

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Небулизация

- **Газом под давлением (эффект Бернулли)** → **Струйные небулайзеры**
- **Высокочастотными колебаниями** → **Ультразвуковые небулайзеры**

Ингаляционная терапия

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Влияние размера частиц аэрозоля на распределение в дыхательных путях

Более 10 мкм - осаждение в ротоглотке

5- 10 мкм - осаждение в ротоглотке, гортани и трахее

2- 5 мкм - осаждение в нижних дыхательных путях

1- 2 мкм - осаждение в альвеолах

менее 1 мкм - не осаждаются в легких

Ингаляционная терапия

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Средние дозы ингаляционных препаратов при использовании небулайзера

ПРЕПАРАТ	ДОЗА
SALBUTAMOL	2,5 - 5 мг (2,5- 5,0 мл)
TERBUTALIN	5 - 10 мг (0,25 - 0,5 мл)
IPRATROPIUM BROMIDE	0,25 - 0,5 мг (1,0- 2,0 мл)
BERODUAL (FENOTEROL+ IPRATROPIUM BROMIDE)	2- 4 мл
BUDESONIDE (PULMICORT)	0,5 - 1,0 мг
N-ACETYLCYSTEINE	300 мг (3,0 мл)
AMBROXOLUM	30 мг (4,0 мл)
rhDNase	2,5 mг

Ингаляционная терапия

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Наиболее часто применяемые ингаляционные антибиотики

Антибиотик	Доза
Гентамицин	80,0 мг 2 раза в сутки
Тобрамицин	80,0 мг 3 раза в сутки
Амикацин	100,0 мг 2 раза в сутки
Карбенициллин	0,5 г 2 раза в сутки

Задачи респираторной поддержки

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

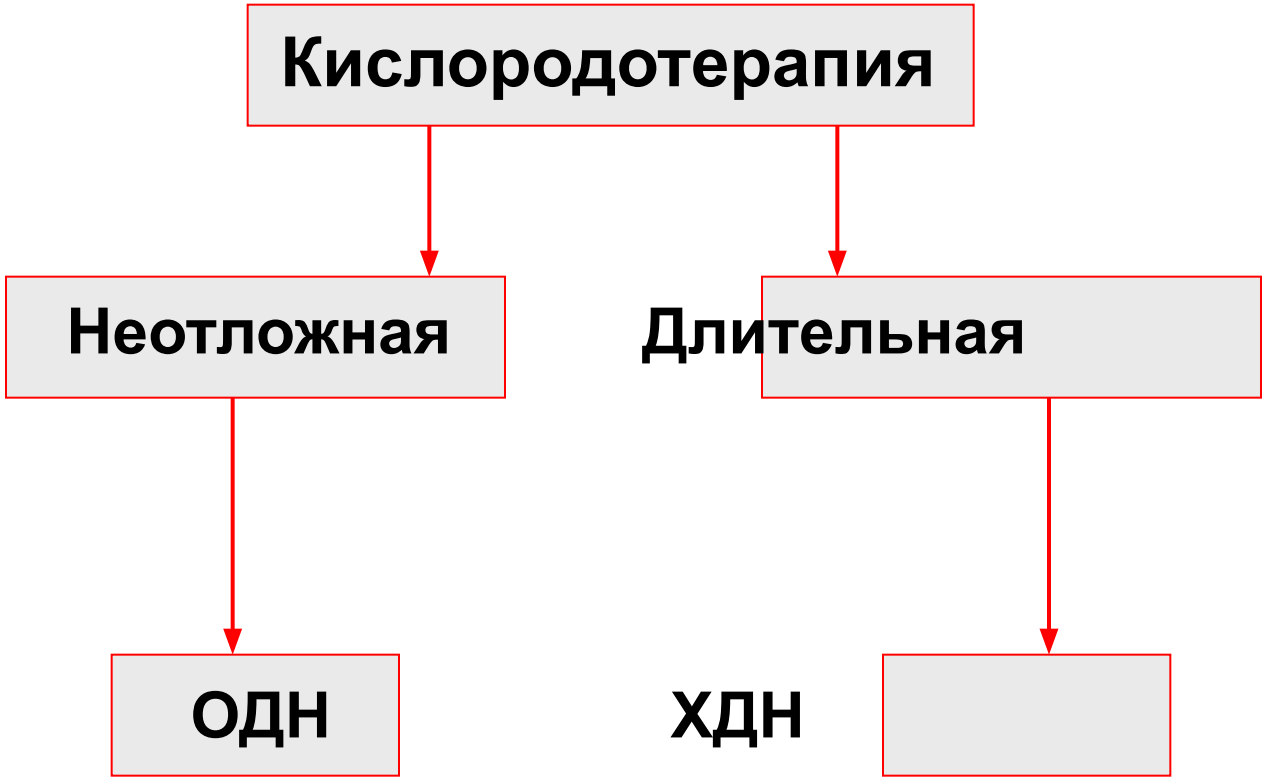
- Нормализация газообмена
  - ✔разрешение гипоксемии
  - ✔предотвращение ретенции углекислоты и устранение респираторного ацидоза
- Разрешение респираторного дистресса
  - ✔снижение кислородной цены дыхания
  - ✔восстановление функции дыхательной мускулатуры
- Изменение соотношений давление-объем
  - ✔ предотвращие и раскрытие ателектазов
  - ✔ предотвращение феномена “воздушной ловушки”
  - ✔ улучшение комплаенса легких
  - ✔предотвращение дальнейшего повреждения легких
- Создание условий покоя для восстановления поврежденных легких

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Кислородотерапия

Кислородотерапия

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ



Кислородотерапия

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Цел
ь

$PaO_2 \geq 60$ mm Hg

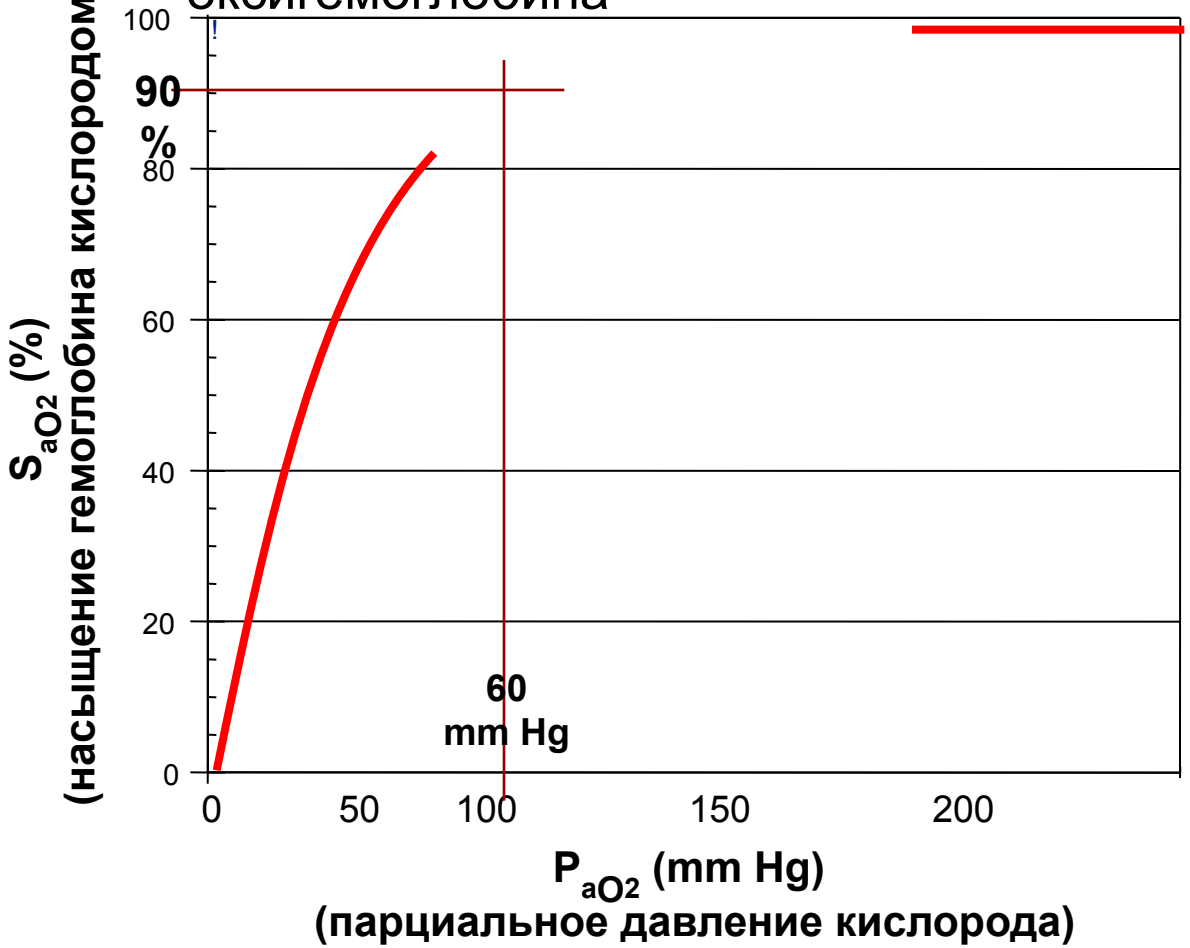
$SaO_2 \geq 90\%$

$CaO_2 \geq 18$ vol%

Газовый состав артериальной крови

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Кривая диссоциации оксигемоглобина



PaO_2 = 60 mm Hg

↕

SaO_2 = 90 %

Проявления токсического действия кислорода

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Физиологические нарушения

Легочные

- ↓ вентиляции
- ↓ мукоцилиарного клиренса
- ↓ функции макрофагов
- абсорбционные ателектазы

Внелегочные

- ↓ эритропоэза
- ↓ сердечного выброса
- системная вазоконстрикция

Проявления токсического действия кислорода

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Тканевые и клеточные нарушения

Острые

- ↓ сурфактанта
- ↓ эндотелиоцитов
- ↓ нейтрофилов
- ↑ моноцитов
- альвеолярные кровоизлияния
- альвеолярный отек

Хронические

- образование гиалиновых мембран
- ↑ альвеолоцитов II типа
- ↑ сурфактанта
- ↑ фибробластов

Рекомендуемые режимы O_2-терапии у больных с обострением ХОБЛ

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

PaO_2 (mm Hg) при FiO_2 = 0,21 (носовые канюли)	Режим кислородотерапии	
	Поток O_2 л/мин	Достигаемый уровень FiO_2
55 – 60	1	24
50 – 54	2	28
45 – 49	3	32
40 – 44	4	35

Показания к длительной кислородотерапии

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Постоянная ДКТ

PaO_2 < 55 mm Hg
(SaO_2 < 88%)
в покое

55 mm Hg < PaO2 < 60 mm Hg
(SaO2 < 90%)
+
легочное сердце
или
эритроцитоз

Непостоянная ДКТ

PaO_2 < 55 mm Hg
(SaO_2 < 88%)
при физической нагрузке
или

Источники кислорода для ДКТ

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Тип	Источник O_2	Преимущества	Недостатки
Мобильный	Баллоны с сжатым O_2	- Доступность - Умеренная стоимость - Не требует специального обслуживания	- Сложная заправка - Частые заправки - Большой вес
Смешанный	Баллоны с жидким O_2	- Портативность - Малый вес - Простота заправки - Большая емкость	- Высокая стоимость - Необходимость специального обслуживания
Стационарный	Концентратор кислорода	- Простота использования - Длительный срок службы	- Необходимость электропитания - Необходимость специального обслуживания

Концентрация кислорода во вдыхаемой смеси

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Поток O_2 (л/мин.)	Способ доставки O_2				
	Носовые канюли	я	с в	ска	
			лешком		
1,0	24%	не применяется из-за низкой			
2,0	28%	концентрации O_2			
3,0	32%	35%	35%		
4,0	36%	40%	40%		
5,0	40%	45%	50%		
6,0	не применяется	50%	60%		
7,0	из-за	65%	70%		
8,0	высушивания	не применяется		80%	
9,0	слизистой	из-за избытка		90%	
10,0	носа	газа под маской	99%		

А.П.Зильбер, 1989

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Использование гелия в лечении обструктивных заболеваний легких

Физические свойства гелия

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

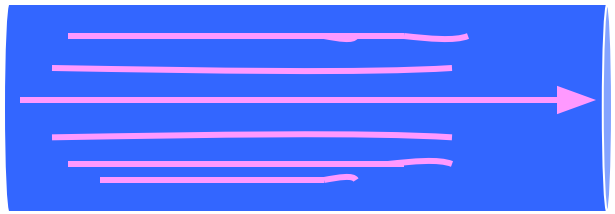
Газ	Плотность	Вязкость	Кинетическая вязкость
O_2 (100%)	1,429	211,4	147,9
Воздух	1,293	188,5	145,8
He (100%)	0,179	201,75	1127,1
$He+O_2$:			
20% - 80%	1,178	209,5	177,8
40% - 60%	0,678	207,5	306,1
80% - 20%	0,429	203,6	474,6

Число Рейнольдса

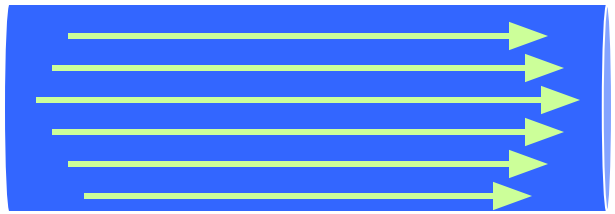
Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

$$Re = 2 \cdot r \cdot v \cdot d / \eta$$

r - радиус воздухоносных путей
v - линейная скорость газа
d - плотность газа
η - вязкость газа



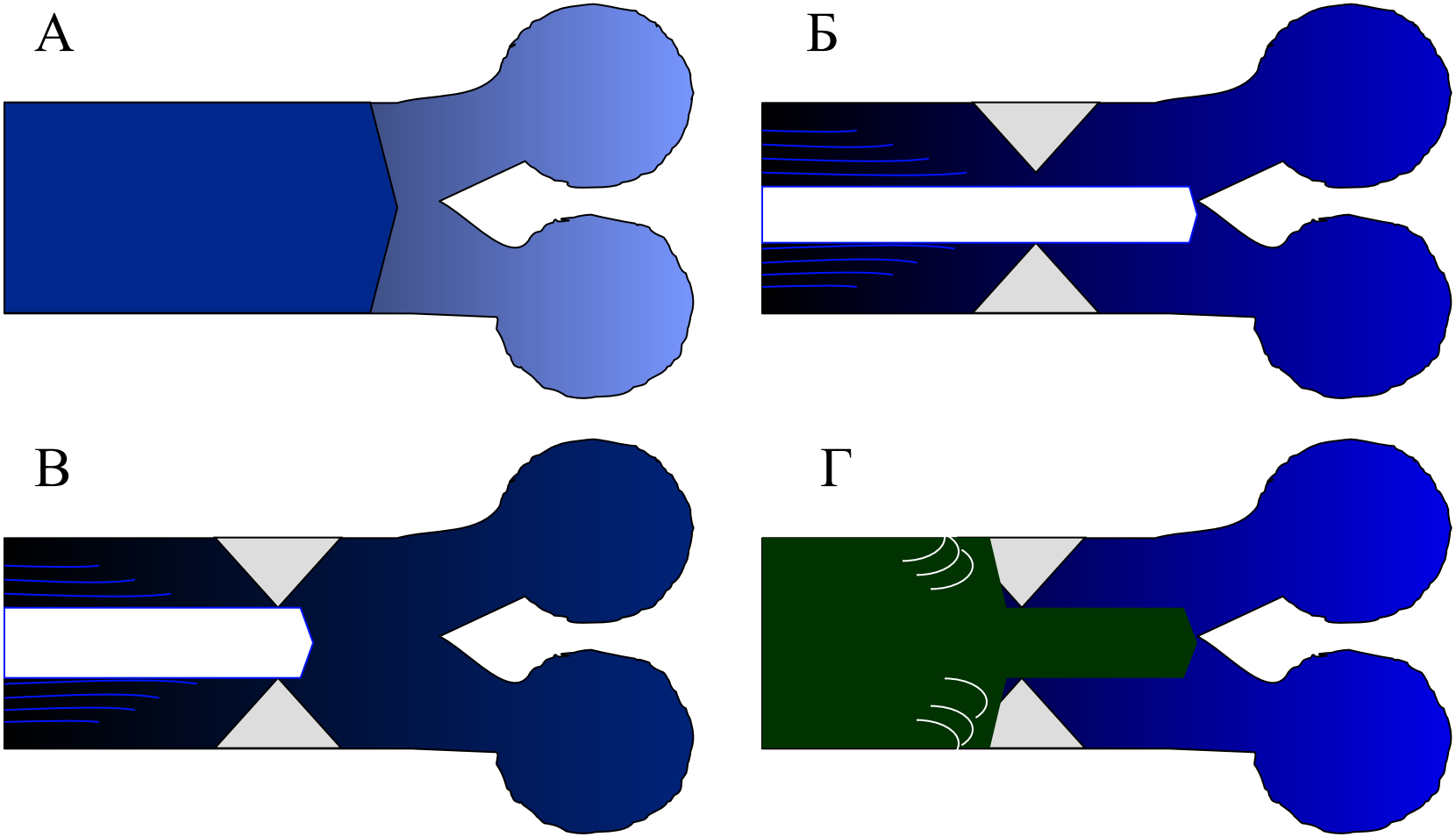
Re > 2000



Re < 2000

Зависимость характера потока от свойств газа при обструкции ДП

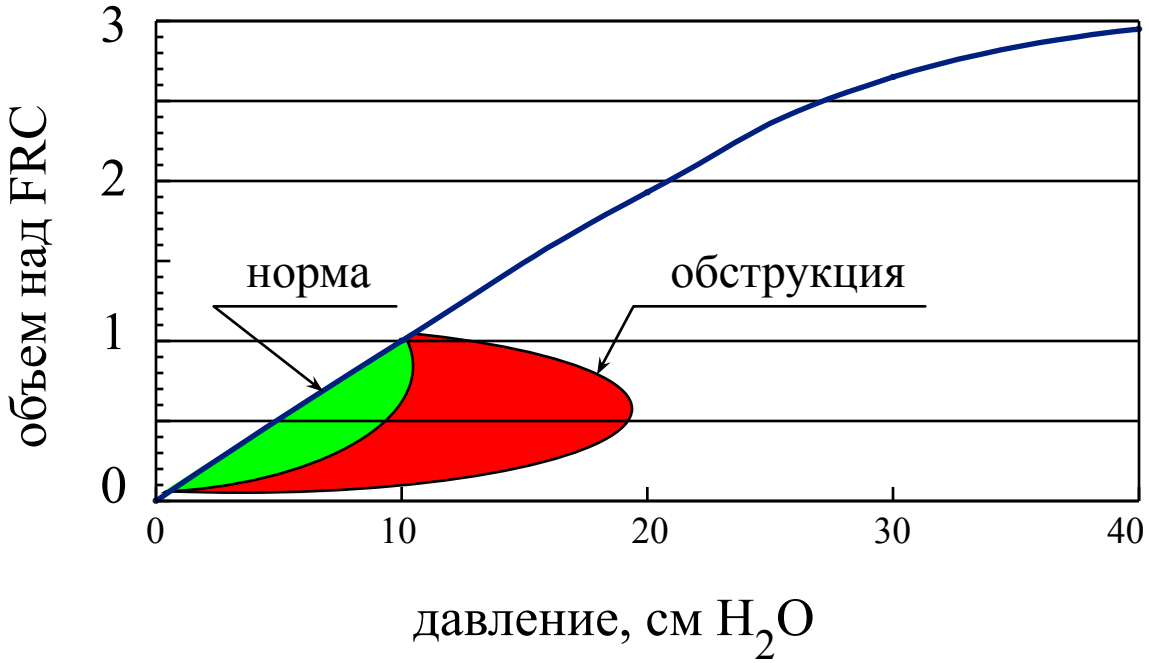
Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ



E.H.Gluck et al., 1990

Динамические кривые “давление-объем” при нормальном и повышенном сопротивлении дыхательных путей

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ



Резистивная работа дыхания:

в норме

при обструкции ДП

Сопротивление потоку и работа дыхания

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

$$R = P/\mathcal{U}$$

R - сопротивление воздухоносных путей
P - движущее давление
U - поток

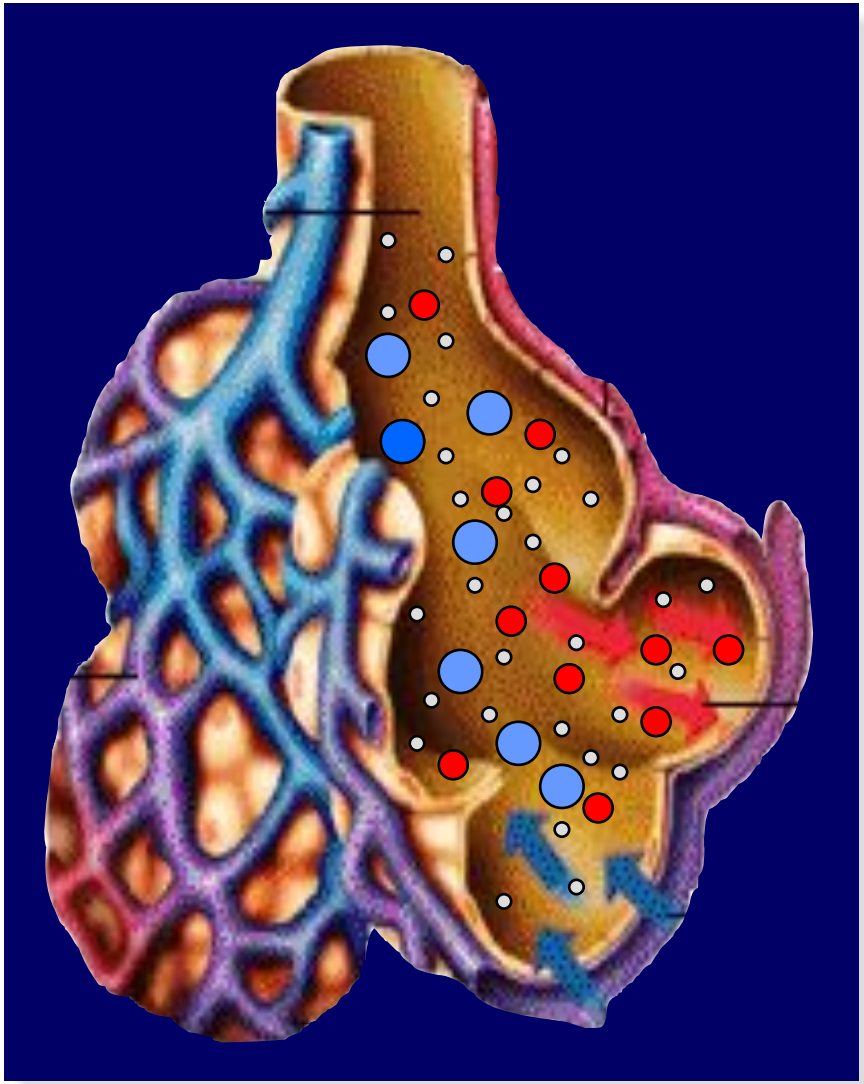
$$W = P\Delta V$$

W - работа дыхания
P - давление
ΔV - изменение объема

$$W = R \times U \times \Delta V$$

Диффузионные свойства гелия

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ



Малый размер молекул

Низкая плотность газа

↓ ↓

Большая длина пробега

↓

Высокая диффузионная способность

Механизмы действия гелия

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Высокая диффузионная способность

Низкая плотность и высокая кинематическая вязкость

Улучшение диффузии O_2 и CO_2

Ламинарный поток

Улучшение вентиляции

Уменьшение работы дыхания

повышение paO_2

снижение $paCO_2$

Разрешение ацидоза

Длительность влияния 30-минутной ингаляции КГС на некоторые показатели

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Показатель	Исходно	Через 30 минут	Через 2 часа	Через 4 часа
PaO_2	65,1±3,2	74,8±4,0***	65,7±3,0	65,5±3,2
$PaCO_2$	53,7±5,9	46,6±3,4***	47,4±2,8***	49,7±3,2*
pH	7,302±0,02	7,336±0,02***	7,334±0,02***	7,322±0,01*
Индекс Борг	5,1±0,9	4,2±0,8**	4,7±0,7	4,9±0,7
ЧСС	96,8±6,1	93,5±5,0	97,1±5,6	96,1±4,5
$ОФВ_1$ (%)	22,6±4,0	22,5±3,5	--	23,1±4,6
ФЖЕЛ (%)	57,4±4,4	56,4±3,8	--	58,8±4,3
6-минутная ходьба (м)	93,4±26,3	--	--	112,8±31,2

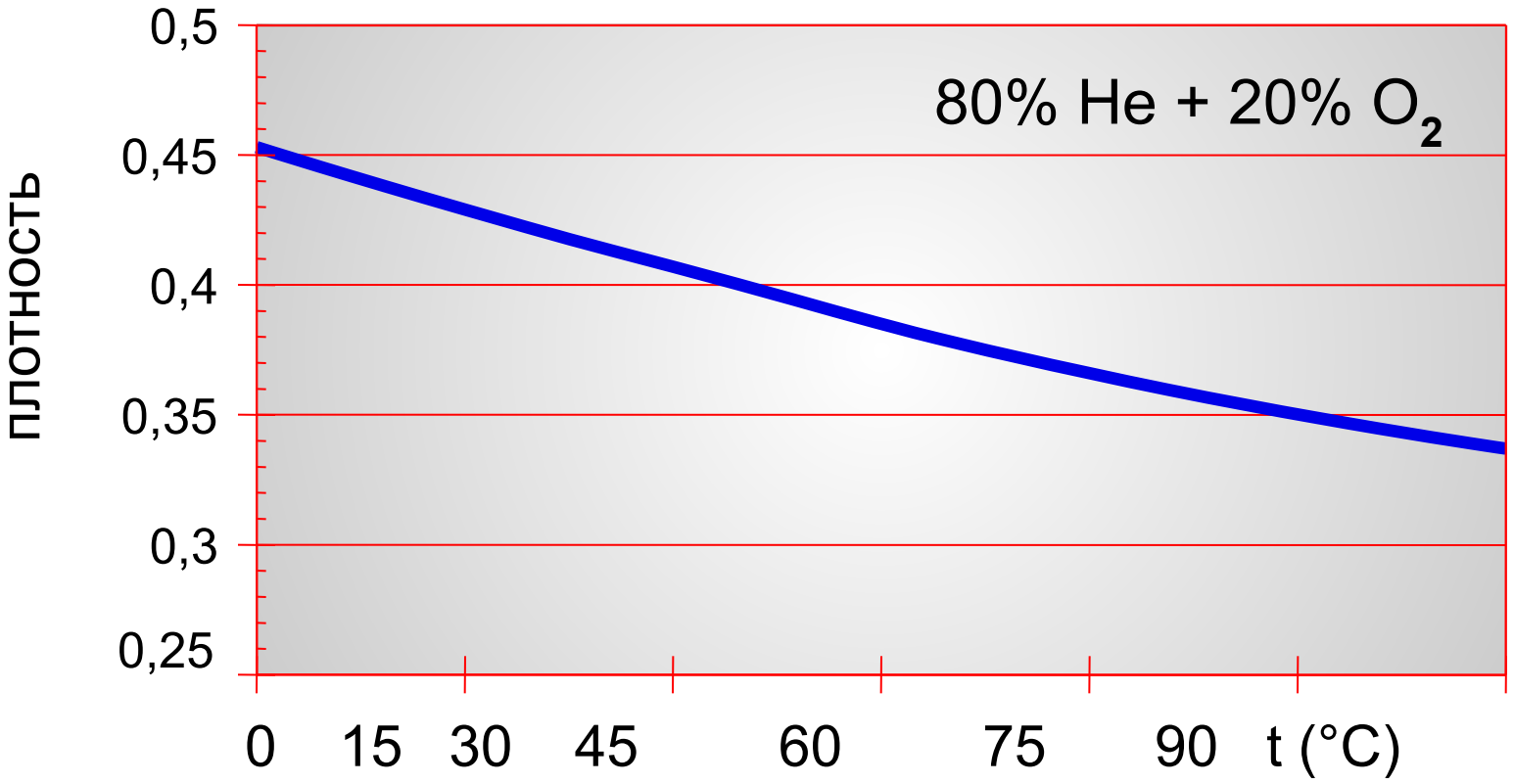
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ по сравнению с исходным

Аппарат «ГЕОФАРМ»

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

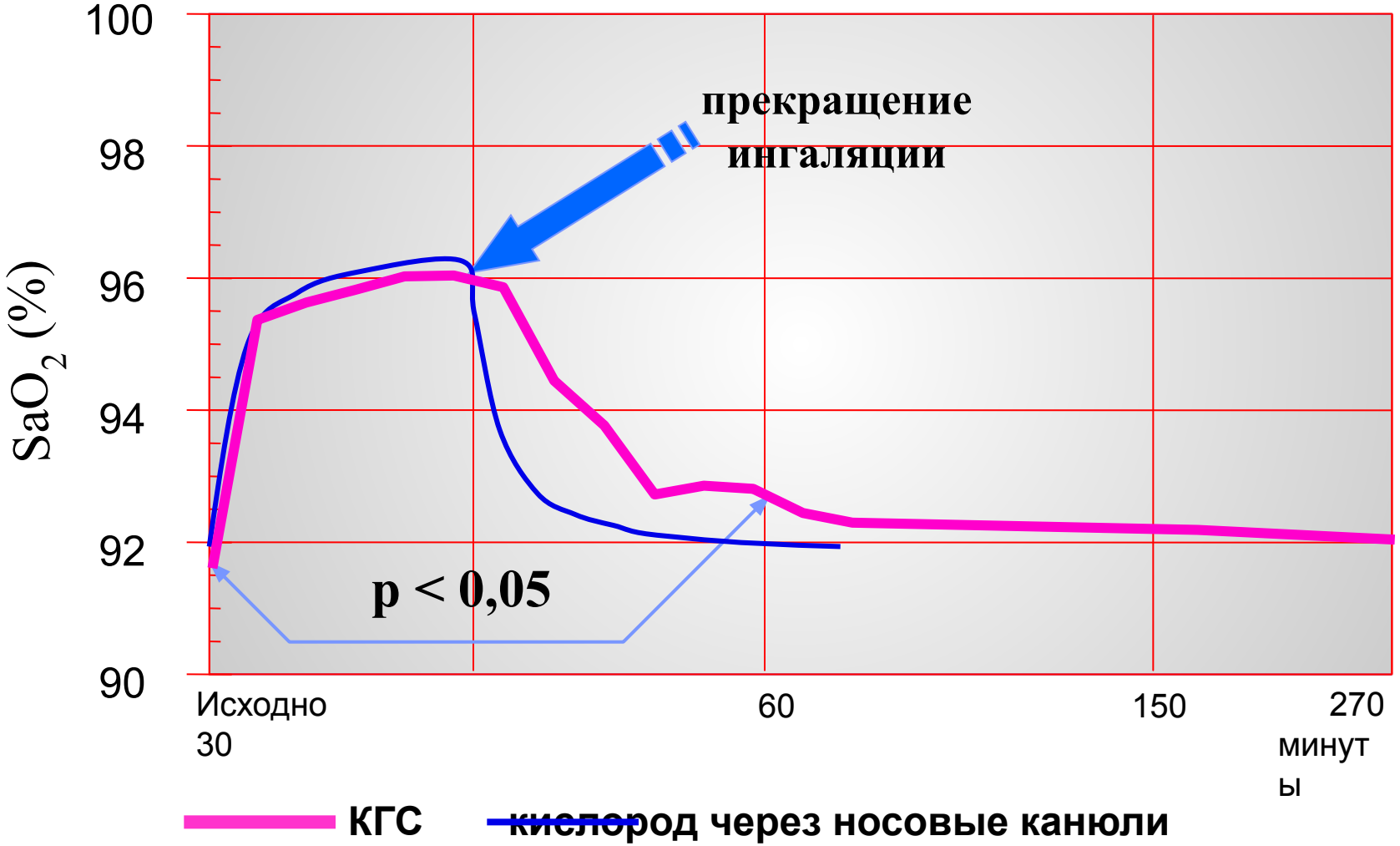
Зависимость плотности гелиокса от температуры

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ



SaO_2 во время 30-минутной ингаляции КГС и в течение 4 часов после ее окончания

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ



Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Неинвазивная вентиляция легких

Недостатки ИВЛ

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

- Нозокомиальные инфекции
- Механические повреждения гортани и трахеи
- Баротравма
- Сложности в «отлучении от респиратора»

Виды неинвазивной вентиляции легких

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Положительным давлением

Отрицательным давлением

Показания к проведению неинвазивной вентиляции легких

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

1. Выраженная одышка в покое. ЧДД > 28.
2. Участие в дыхании вспомогательной мускулатуры; парадоксальные движения брюшной стенки; перемежающееся дыхание (альтернирующий ритм)
3. Гиперкапния ($PaCO_2$ > 45 mm Hg) и прогрессивное нарастание $PaCO_2$.
4. Гипоксемия (PaO2 < 55 mm Hg), не отвечающая на кислородотерапию
5. pH < 7,35 и прогрессивное снижение pH.

Абсолютные противопоказания для неинвазивной вентиляции легких

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

- Остановка дыхания
- Нестабильная гемодинамика
- Нарушение сознания пациента
- Высокий риск аспирационных осложнений
- Неспособность обеспечить клиренс обильного трахеобронхиального секрета

Относительные противопоказания для неинвазивной вентиляции легких

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

- Невозможность плотной подгонки маски, приводящая к значительной утечке
- Отсутствие кооперации с пациентом
- Выраженное ожирение (> 200% от ИМТ)
- Нестабильная стенокардия или острый инфаркт миокарда
- Неспособность пациента снять маску при эпизодах рвоты

Преимущества неинвазивной вентиляции легких

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

- Предотвращение осложнений, связанных с интубацией трахеи
- Сохранение способности разговаривать
- Сохранение способности принимать пищу
- Сокращение времени пребывания в стационаре
- Повышение комфортности пациента
- Сохранение естественных механизмов очищения, увлажнения и согревания воздушной смеси, физиологического кашля
- Легкое “отлучение” от респиратора

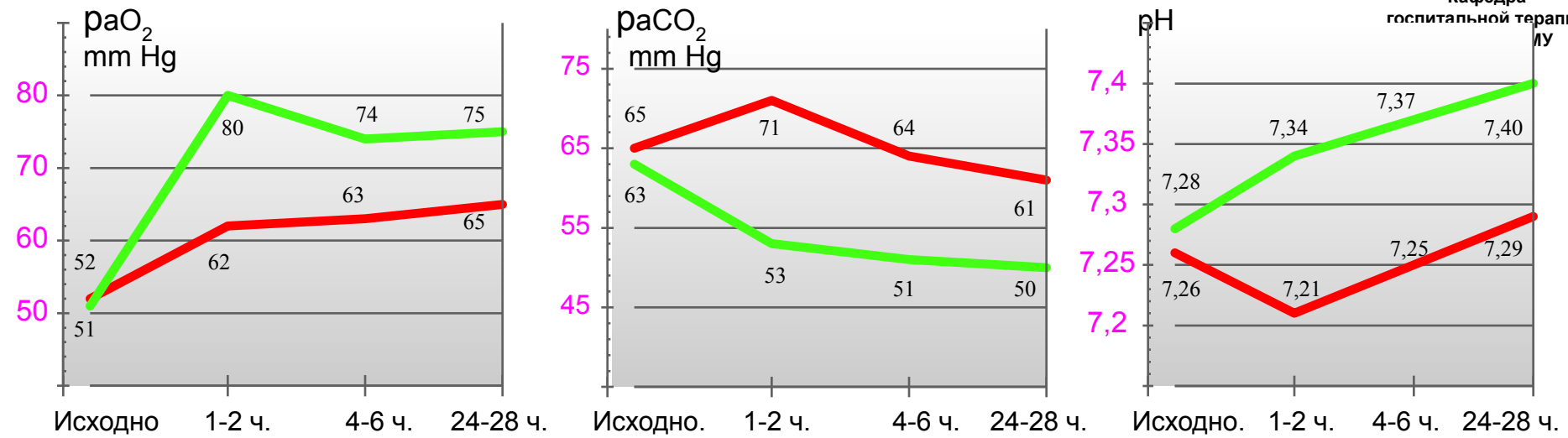
Недостатки неинвазивной вентиляции легких

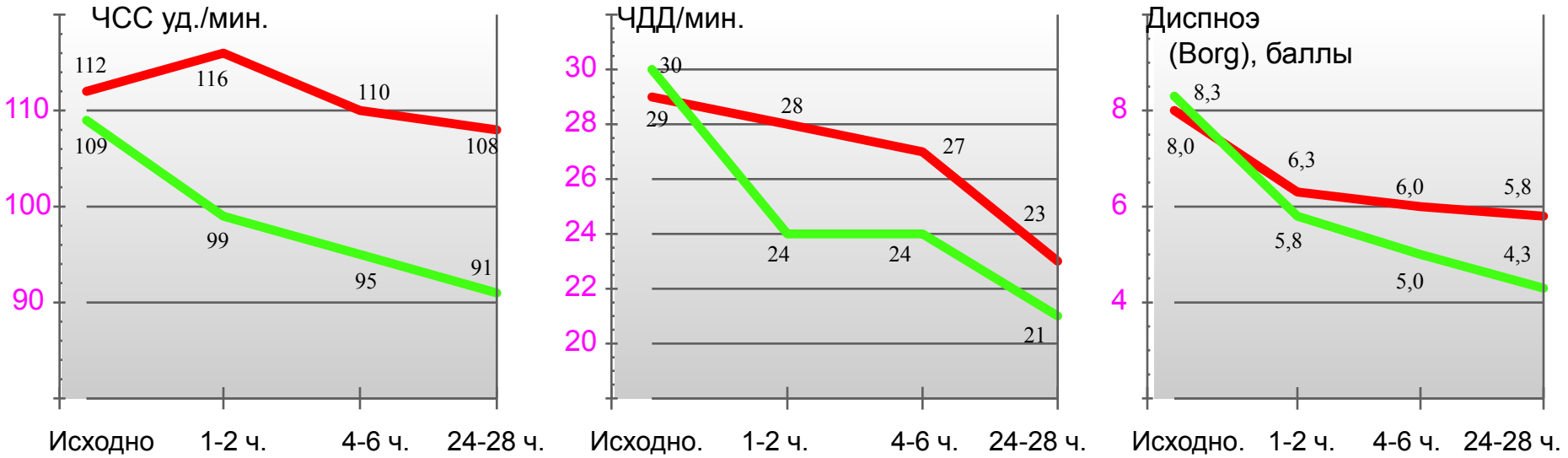
Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

- риск развития аэрофагии и аспирации
- не обеспечивает защиту дыхательных путей
- нет прямого доступа к трахее для удаления секрета
- снижение клиренса мокроты
- возможное эрозирование кожи лица
- меньшая доступность мониторирования
- выраженная зависимость от кооперации с пациентом

Динамика клинических и функциональных показателей при лечении ОДН на фоне обострения ХОБЛ

Кафедра
госпитальной терапии
ЛУ

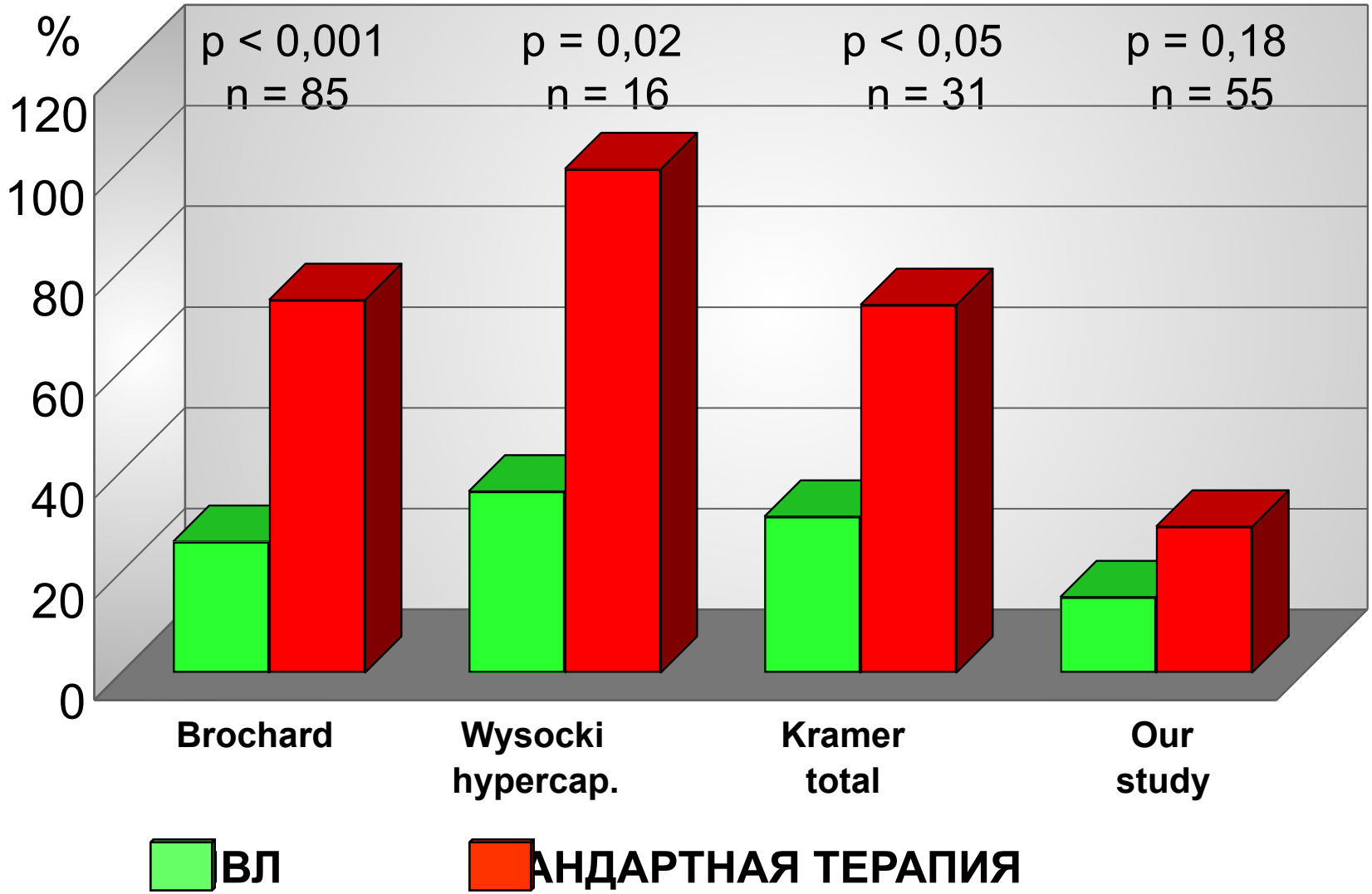




НВЛ
стандартная терапия

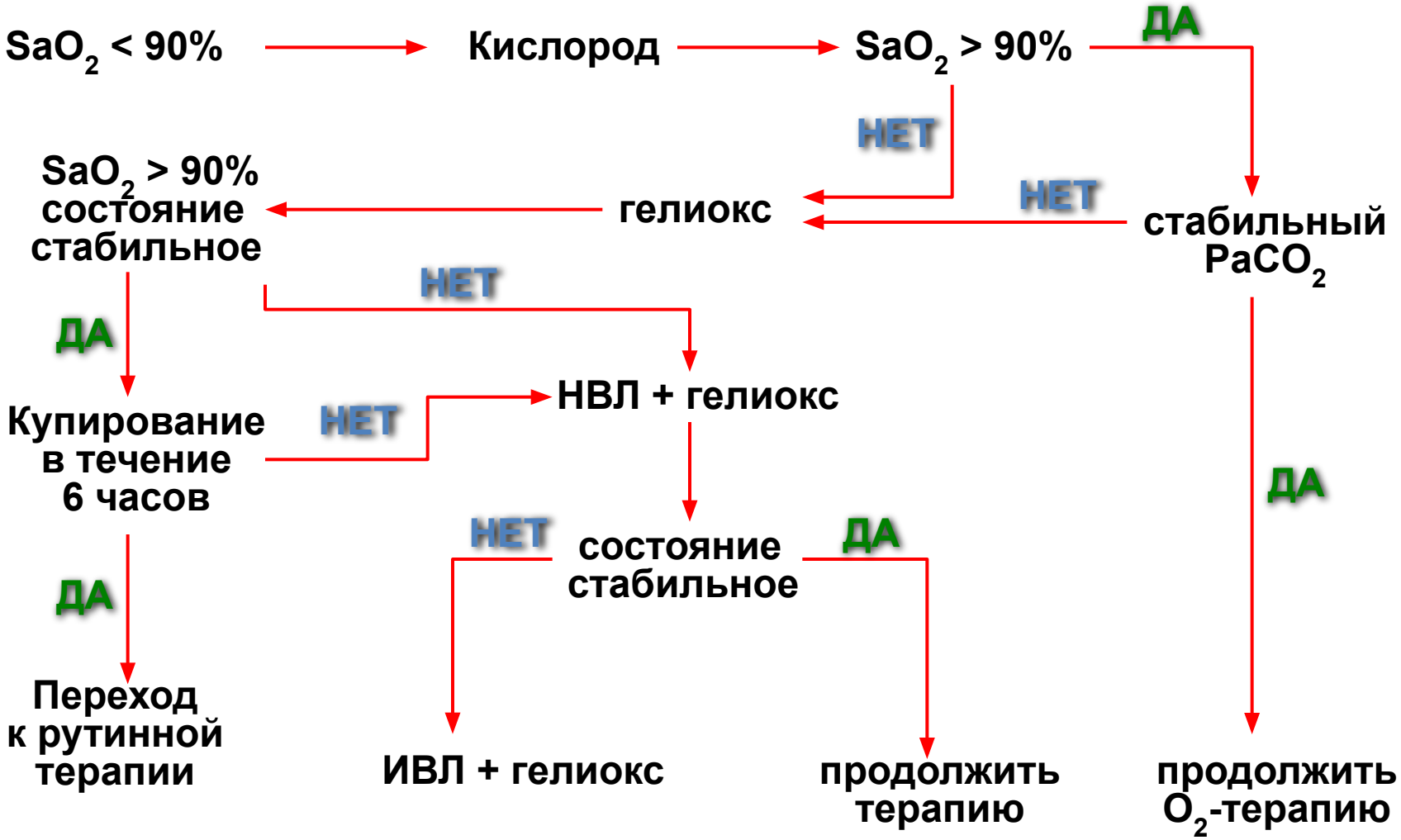
Сравнение потребности в интубации трахеи при стандартной терапии и НВЛ

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ



Алгоритм терапии ОДН на фоне обострения ХОБЛ

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ

Дыхательные смеси и вентиляционные пособия: алгоритм использования при ДН на фоне обострения БА

Кафедра
госпитальной терапии
ГОУ ВПО РГМУ