

# Проведение искусственного кровообращения

# Отличия искусственного кровообращения от нормальной физиологии

1. Эмболии
2. Гемолиз
3. Активация лейкоцитов/эндотелинов
4. Разрушение тромбоцитов
5. Коагулопатии потребления
6. Активация гуморальных эффектов  
(калликреина/брадикинина)

# Цель искусственного кровообращения

Обеспечить адекватный субстрат для удовлетворения метаболических потребностей всех тканей, удаления нежелательных продуктов метаболизма из тканей и сведение к минимуму вредных последствий ИК, в том числе вышеперечисленных.

# Мониторинг безопасности и адекватности искусственного кровообращения

1. ЭКГ
2. Артериальное и перфузионное давление
3. Венозная сатурация
4. Объемная скорость перфузии
5. Ацидоз и лактат
6. Спектроскопия в ближнем ИК-диапазоне

# Мониторинг безопасности и адекватности искусственного кровообращения

1. ЭКГ
2. Артериальное и перфузионное давление
3. Венозная сатурация
4. Объемная скорость перфузии
5. Ацидоз и лактат
6. Спектроскопия в ближнем ИК-диапазоне

# ЭКГ

Послеоперационный  
дооперационный  
период, этапы  
операции до начала ИК  
и после его окончания

1. Мониторинг ЧСС
2. Мониторинг проводящей системы
3. Мониторинг сегмента ST и зубца T

Период проведения ИК

1. Бесполезен (?)

# Мониторинг безопасности и адекватности искусственного кровообращения

1. ЭКГ
2. Артериальное и перфузионное давление
3. Венозная сатурация
4. Объемная скорость перфузии
5. Ацидоз и лактат
6. Спектроскопия в ближнем ИК-диапазоне

# Артериальное и перфузионное давление

## Артериальное давление

Целевое значение поддерживается с учетом следующих переменных констант:

1. Возраст
2. Масса тела
3. Степень вазодилатации

## Перфузионное давление

Давление пациента, которое является давлением в артериальной магистрали выше стояния артериальной канюли!!!!!!:

1. ПД = среднее артериальное давление (САД) — внутриорганное давление (ВОД) — центральное венозное давление (ЦВД)
2. При значимых перитоках может являться неинформативным (ОАП, Коллатерали)



Детерминирующим фактором для данных показателей является формула Пуазейля:

При установившемся ламинарном течении вязкой несжимаемой жидкости сквозь длинную (то есть при длине трубы многократно превышающей её диаметр) прямую цилиндрическую трубу (капилляр) круглого сечения объёмный расход жидкости прямо пропорционален перепаду давления на единицу длины трубы и четвёртой степени радиуса и обратно пропорционален **!!!коэффициенту вязкости жидкости!!!** (гематокрит)

# Мониторинг безопасности и адекватности искусственного кровообращения

1. ЭКГ
2. Артериальное и перфузионное давление
3. Венозная сатурация
4. Объемная скорость перфузии
5. Ацидоз и лактат
6. Спектроскопия в ближнем ИК-диапазоне

# Венозная сатурация

Фундаментальная предпосылка:

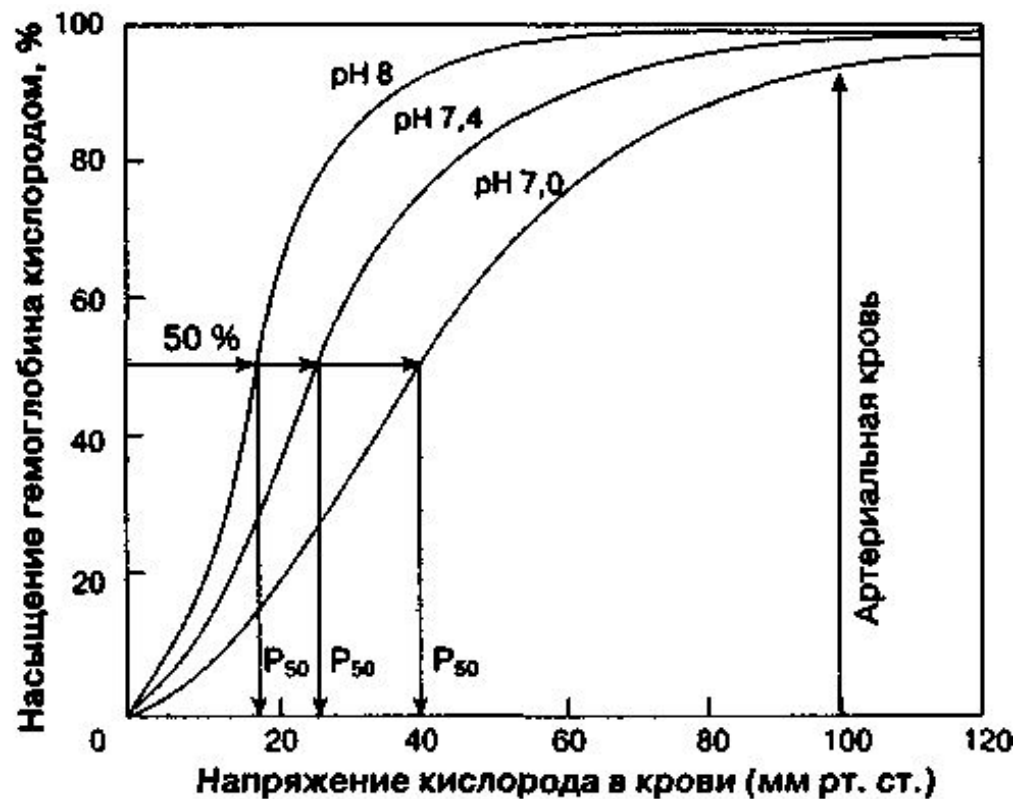
Если насыщение крови кислородом в венозной магистрали более 70%, то метаболические потребности пациента удовлетворяются.

Детерминирующие факторы:

1. Сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина
2. Возврат к левому сердцу, обкрадывание по коллатералям

# Сдвиг влево кривой диссоциации оксигемоглобина

Гипотермия  
Гипокарбия  
Алкалоз  
Фетальный гемоглобин



Гипертермия  
Гиперкарбия  
Ацидоз

# Возврат к левым отделам сердца, обкрадывание по коллатералям

1. Дмпп
2. Дмжп
3. ОАП
4. БАЛК

# Мониторинг безопасности и адекватности искусственного кровообращения

1. ЭКГ
2. Артериальное и перфузионное давление
3. Венозная сатурация
4. Объемная скорость перфузии
5. Ацидоз и лактат
6. Спектроскопия в ближнем ИК-диапазоне

# Объемная скорость перфузии

1. Должна контролироваться посредством установки ИК- / ультразвуковых- датчиков потока
2. Контролируется чаще всего умножением кол-ва оборотов на объем магистрали в насосе (руководствуясь 2-мя ложными аксиомами: 1) упругость магистрали не изменяется от частоты оборотов 2) -//- температуры)

# Мониторинг безопасности и адекватности искусственного кровообращения

1. ЭКГ
2. Артериальное и перфузионное давление
3. Венозная сатурация
4. Объемная скорость перфузии
5. Ацидоз и лактат
6. Спектроскопия в ближнем ИК-диапазоне



# Ацидоз и лактат

Прогрессивное повышение уровня лактоацидоза во время ИК является серьезным индикатором проблемы перфузии.

Его уровень невозможно мониторировать в режиме реального времени, а можно лишь констатировать серьезные проблемы когда они уже случились.

# Мониторинг безопасности и адекватности искусственного кровообращения

1. ЭКГ
2. Артериальное и перфузионное давление
3. Венозная сатурация
4. Объемная скорость перфузии
5. Ацидоз и лактат
6. Спектроскопия в ближнем ИК-диапазоне

# Спектроскопия в ближнем ИК-диапазоне

Колебания двухатомной молекулы можно приближенно описать при помощи модели гармонического осциллятора. Согласно этой модели, двухатомная молекула рассматривается как две точечные массы  $m_1$  и  $m_2$ , соединённые упругой невесомой пружиной с коэффициентом упругости (силовой постоянной)  $K$ . Потенциальная энергия  $V$  такой системы связана с отклонением масс  $q$ , возникающим в результате колебаний

Приблизительно 70% сигнала поступает от венозной крови, соответственно по данному показателю можно судить об адекватном метаболизме в головном мозге.

# Поддержка запаса прочности во время ИК

1. Взаимодействие температуры
2. РН
3. Кислородной стратегии
4. Гематокрит
5. Скорость потока

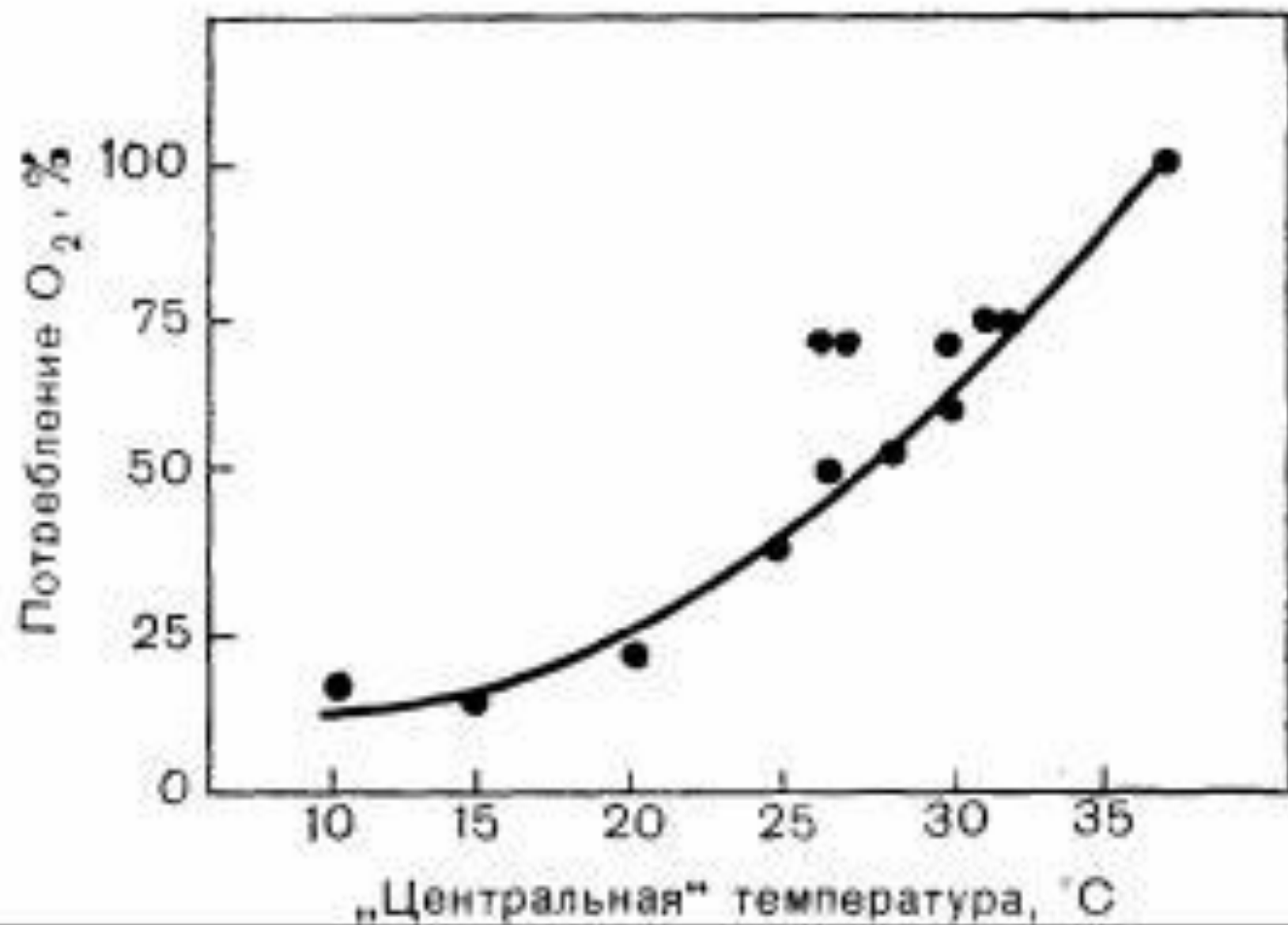
# Поддержка запаса прочности во время ИК

1. Взаимодействие температуры
2. РН
3. Кислородной стратегии
4. Гематокрит
5. Скорость потока

# Гипотермия

Преимущества:

1. Снижение воспалительной реакции на искусственное кровообращение (подавление гуморальных каскадов, клеточная активация во время ИК)
2. Снижение уровня метаболизма



# Гипотермия

Недостатки:

1. Пролонгированное ИК
2. Кровотечения
3. Присоединение инфекции
4. Пролонгированная реабилитация



# Поддержка запаса прочности во время ИК

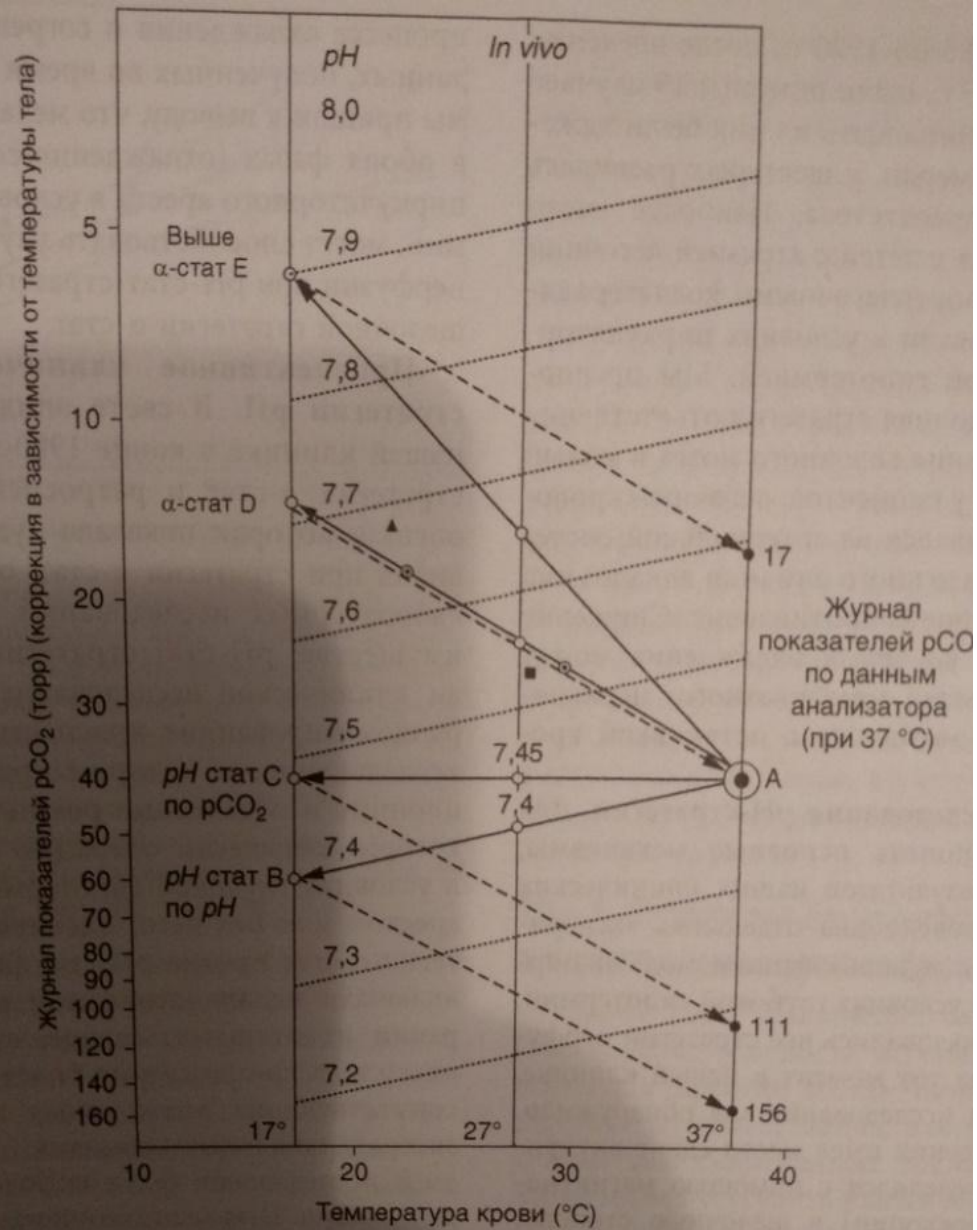
1. Взаимодействие температуры
2. РН
3. Кислородной стратегии
4. Гематокрит
5. Скорость потока

# A-stat стратегия

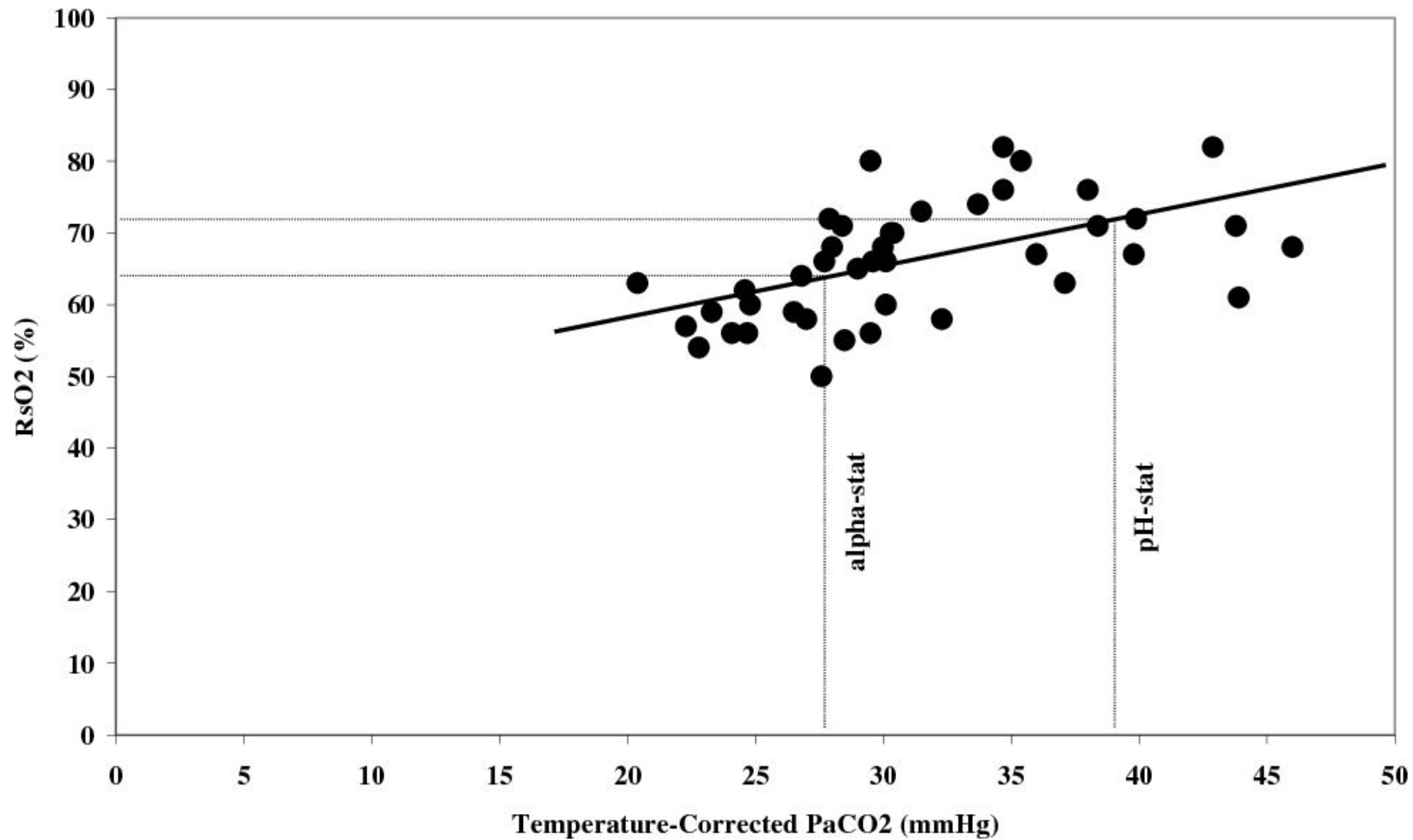
Основана на саморегуляции внутриклеточного и внеклеточного pH.

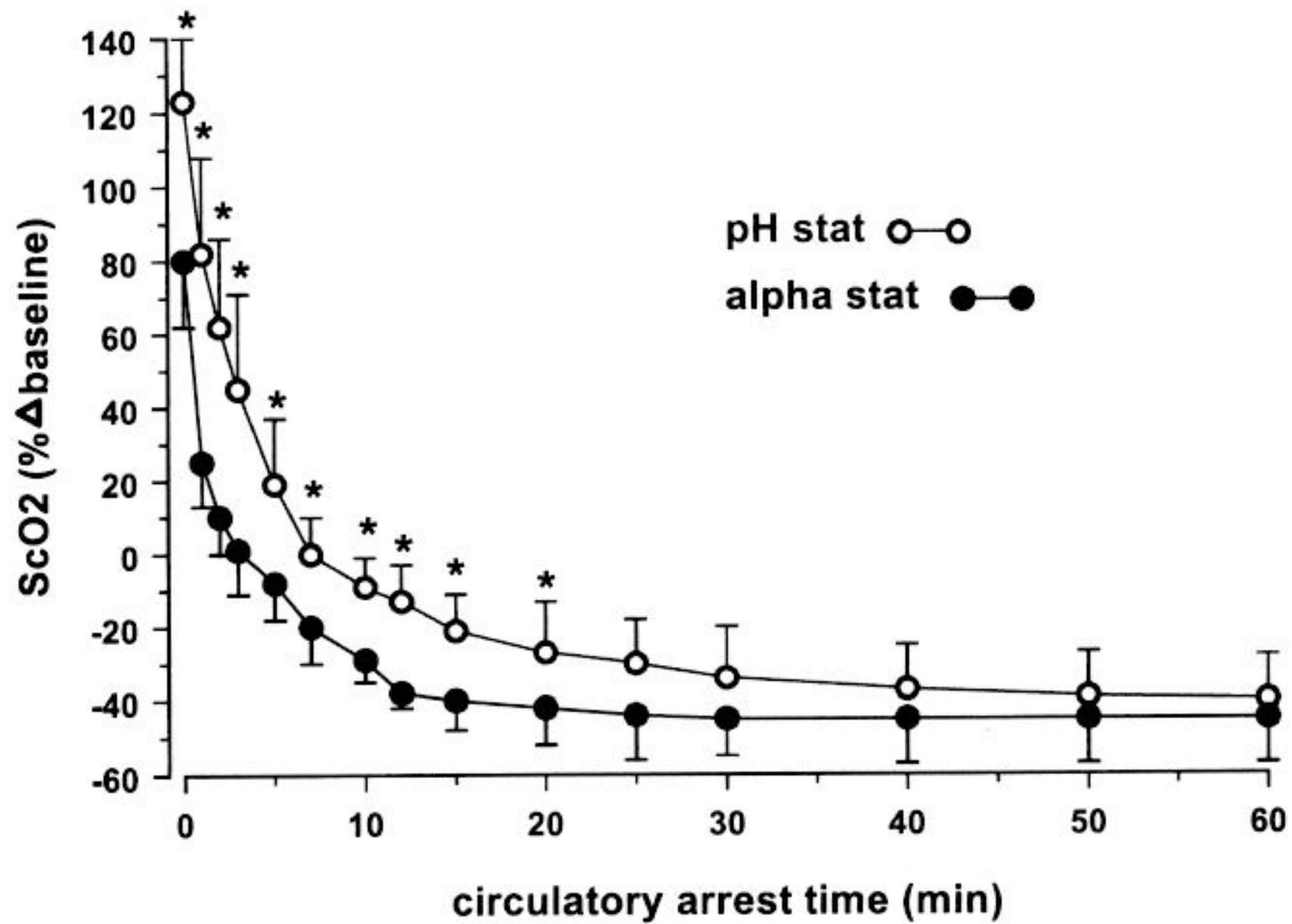
# pH-стат-стратегия

Основана на регуляции  $p\text{CO}_2$  в крови пациента (с помощью оксигенатора) для поддержания нормальных показателей внутриклеточного и внеклеточного pH.



- Показатели анализатора
- Статус *in vivo*
- Точки данных, Рапп
- ▲ Точки данных людей, Fox
- Точки данных людей, Вайо и др.
- Начальная точка:  $pCO_2 = 40$ ;  $pH = 7,4$
- ← Уровень *in vivo* при охлаждении
- Изменение уровня при согревании
- изоуровни pH





# Поддержка запаса прочности во время ИК

1. Взаимодействие температуры
2. PH
3. Кислородной стратегии
4. Гематокрит
5. Скорость потока

Используется газовая смесь из кислорода и воздуха.

Для предотвращения газовой эмболии используют мембранный оксигенатор.

Применяют нормооксические, гипооксические и гипероксические стратегии, в зависимости от температуры и времени циркуляторного ареста.



# Поддержка запаса прочности во время ИК

1. Взаимодействие температуры
2. PH
3. Кислородной стратегии
4. Гематокрит
5. Скорость потока

# Поддержка запаса прочности во время ИК

1. Взаимодействие температуры
2. РН
3. Кислородной стратегии
4. Гематокрит
5. **Скорость потока**

# Факторы влияющие на безопасную минимальную скорость потока

- Нормальный сердечный индекс равен:  $3,5-4 \text{ л/мин} \cdot \text{м}^2$
- В случае острой гемодилюции СИ увеличивается в 3-4 раза, чтобы поддерживать доставку кислорода.
- Во время ИК СИ  $\text{max}=2,4 \text{ л/мин} \cdot \text{м}^2$
- Если 50% производительности насоса аозвращается через аортолегочные коллатерали, то эффективный СИ= $1,2 \text{ л/мин} \cdot \text{м}^2$

# Рекомендуемая скорость потока при нормотермии

2,4 л/мин\*м<sup>2</sup>

При нормальном рН (а-стат)

Отсутствии аортолегочных шунтов

# Рекомендуемая скорость потока при легкой гипотремии (30-36.6)

2,0 л/мин\*м<sup>2</sup>

При скорректированном рН (рН-стат)

Отсутствии аортолегочных шунтов

# Рекомендуемая скорость потока при умеренной гипотермии (25-28)

1,6 л/мин\*м<sup>2</sup>

Гематокрит должен быть не меньше 25%

Строго рН-стат

# Глубокая гипотермия (менее 18)

- Используется, как правило, если ожидается циркуляторный арест
- Гематокрит выше 25%
- Только рН-стратегия
- Скорость потока 0,75 л/мин\*м<sup>2</sup>

# Циркуляторный арест (только в условиях глубокой гипотермии)

Преимущества:

1. Снижение воздействия ИК
2. Улучшенная экспозиция
3. Отсутствие необходимости установки нескольких канюль
4. Уменьшение отека



## Недостатки:

1. Более высокая частота развития судорожного синдрома в ПП.
2. Пациенты отстают в развитии по шкале Бейли
3. В отдаленном периоде имеют худшую моторную функцию и речевое развитие