

Мониторинг кровообращения

Макаренко Евгений Петрович

Цели мониторинга

1. Своевременное выявление угрожающих состояний
2. Повышение качества управления

Мониторинг гемодинамики

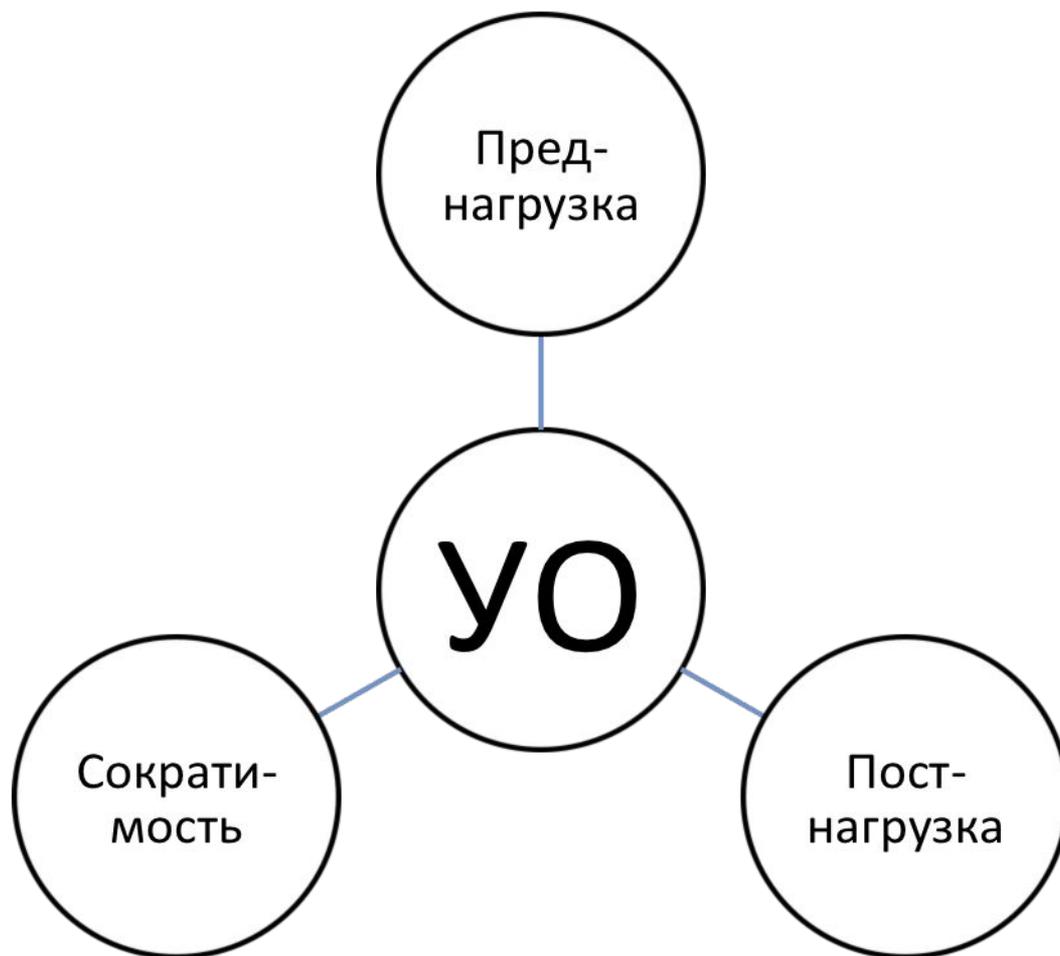
Общие вопросы

- Как выявить нарушения гемодинамики до того как они станут явными и необратимыми
- Как выбрать наиболее подходящую терапию
- Как применить лечение с учетом индивидуальных особенностей пациента

Для чего нужен мониторинг?

- Состояние кровообращения
- Объём инфузии
- Вазопрессоры
- Инотропы

$$\text{МОК} = \text{УО} \times \text{ЧСС}$$



Доставка кислорода

$$DO_2 = CI \times (Hb \times 1,34 \times SaO_2)$$

520-720 мл/мин/м²

Потребление кислорода

$$VO_2 = CI \times (Hb \times 1,34) \times (SaO_2 - SvO_2)$$

110-160 мл/мин/м²

Кислород венозной крови

- При стабильных показателях SaO_2 , VO_2 и Hb - SvO_2 отражает сердечный выброс (СВ)
- Истинная смешанная венозная кровь – из легочной артерии, альтернатива - центральная (полая) вена
- Норма $SvO_2 \sim 65\%$ (60-75)

Кислород венозной крови

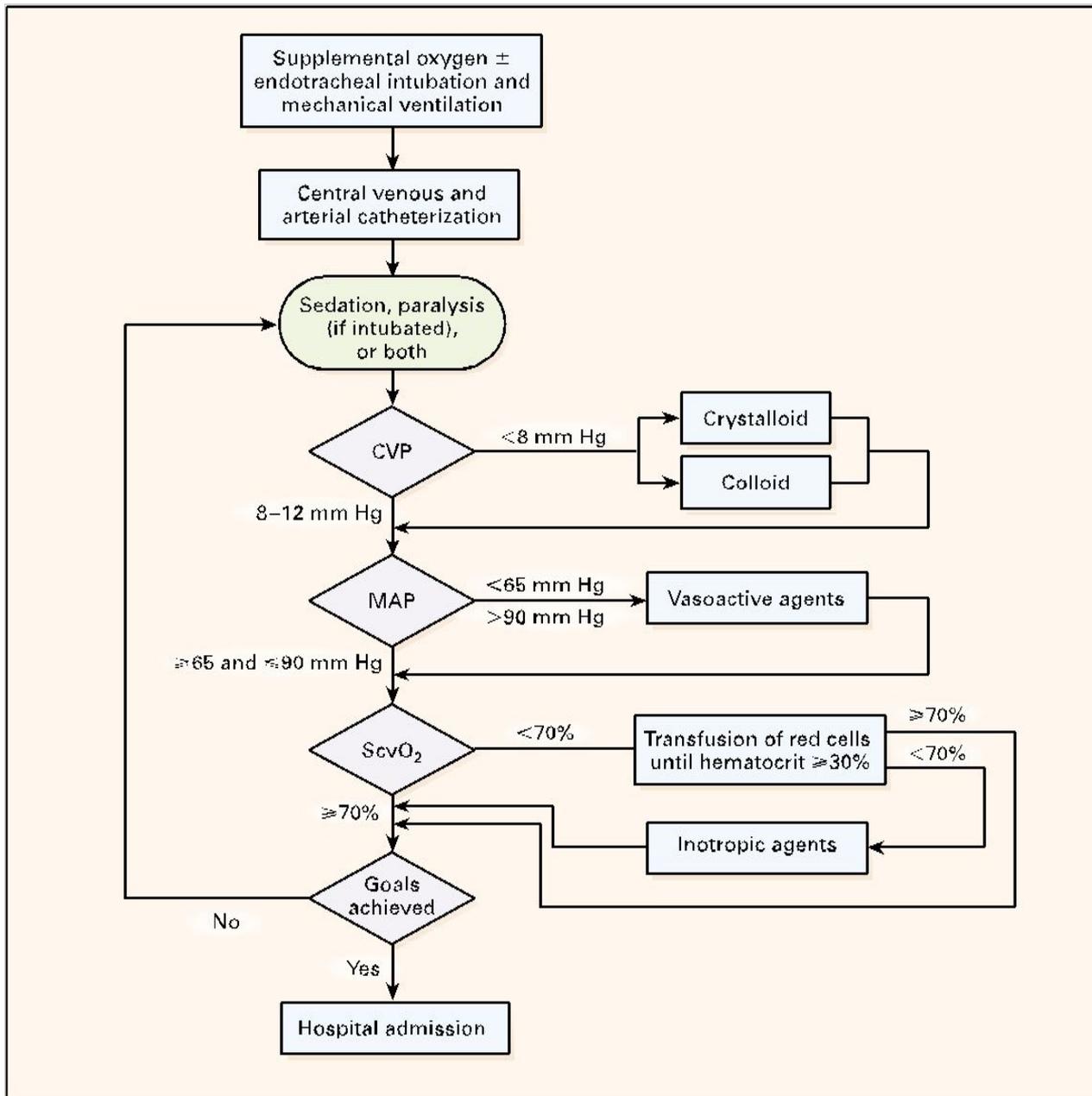
↑ SvO₂ (> 75%)

- Забор на фоне заклинивания легочной артерии
- Низкое VO₂: гипотермия, общая анестезия, миорелаксация
- Низкая экстракция O₂ : отравление угарным газом
- Высокий сердечный выброс: сепсис, ожоговый шок, шунт слева- направо, артерио-венозная фистула

Кислород венозной крови

↓ SvO₂ (< 60%)

- ↓ СВ: ОИМ, ХСН (ОСН), гиповолемия
- ↓ Hg- кровотечение
- ↓ SaO₂ : гипоксия, ОДН
- ↑ VO₂ : лихорадка, страх, тиреотоксикоз, дрожь



Мониторинг кровообращения

Неинвазивный

- АД
- ЭКГ
- ИРГТ
- ЭХОКГ
- NICO
- NICOM

Инвазивный

- иАД
- ЦВД
- Катетеризация легочной артерии (катетер Свана-Ганца) (термодиллюция)
- Транспульмональная термодиллюция (PiCCO)
- Анализ формы кривой АД (PiCCO, FloTrac, LidCO)

Прямое (инвазивное) АД

- Показания
- Возможности
- Выбор артерии
- Проба Аллена
- Методика
- Осложнения

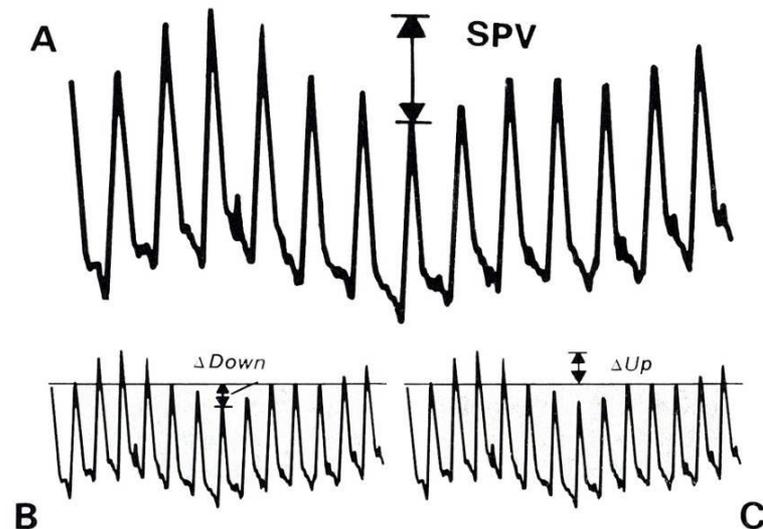
Прямое (инвазивное) АД

Показания

- Абсолютных показаний нет.
- Необходимость в точном контроле АД (например, управляемая гипо- или гипертензия, риск кровопотери, применение вазоактивных препаратов).
- Гемодинамически нестабильные пациенты.
- Частый забор артериальной крови для исследований.
- Невозможность неинвазивного измерения (ожоги, раны, оперативное вмешательство и т.д.).

Прямое (инвазивное) АД

- «цифры» АДс, АДд, АДср
- Форма пульсовой волны
- Вариабельность (SPV, PPV)



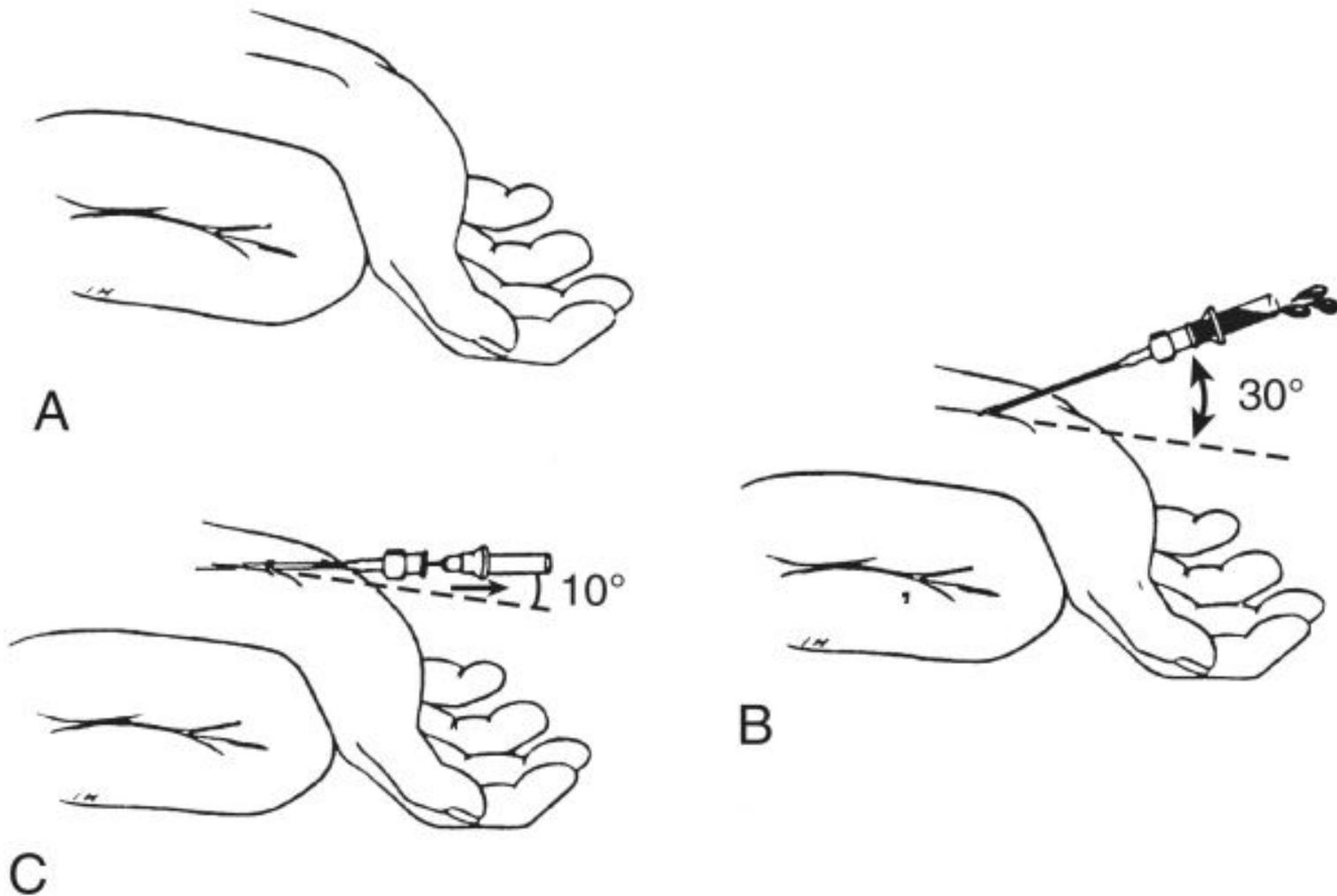
Выбор артерии

- Лучевая
- Плечевая
- Бедренная

Проба Аллена

- Сначала больной несколько раз сильно сжимает и разжимает кулак.
- Пока кулак остается зажатым, анестезиолог пережимает лучевую и локтевую артерии.
- Коллатеральный кровоток полноценный, если большой палец кисти восстановит нормальную окраску в течение 5 секунд после освобождения локтевой артерии.
- Если восстановление > 10 сек – коллатеральный кровоток недостаточен.
- Альтернативный метод – с помощью пульсоксиметра.

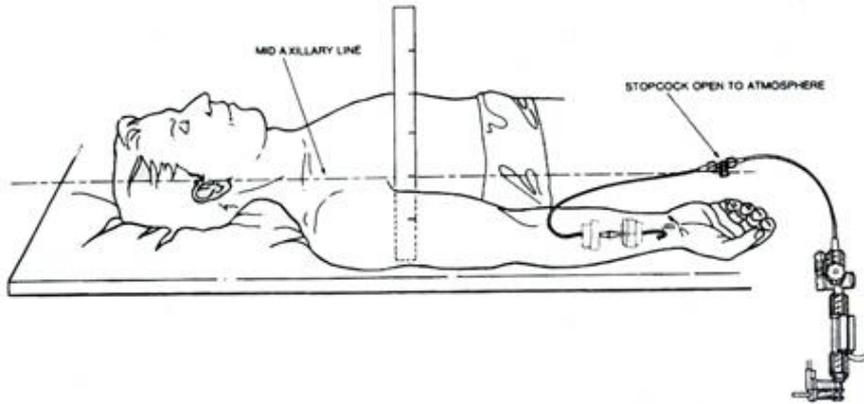
Методика катетеризации артерии



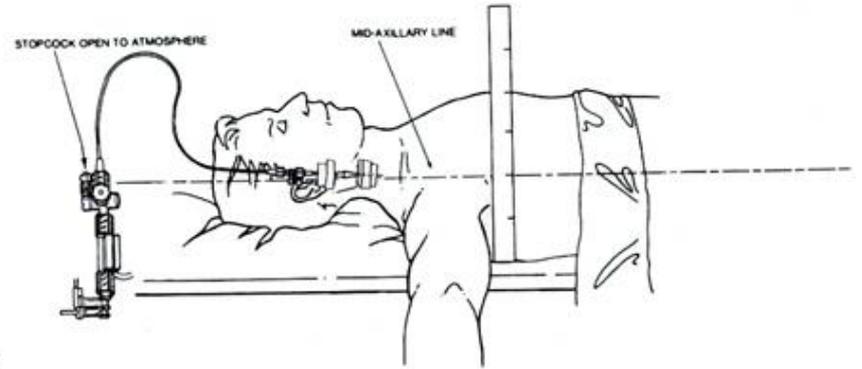
Прямое (инвазивное) АД

- Катетер («на игле», по Сельдингеру)
- Система (ригидность, длина, гепарин 0,5-2 Ед/мл, промывание)
- Датчик (трансдюсер) (калибровка, установка уровня, «обнуление»)
- Монитор

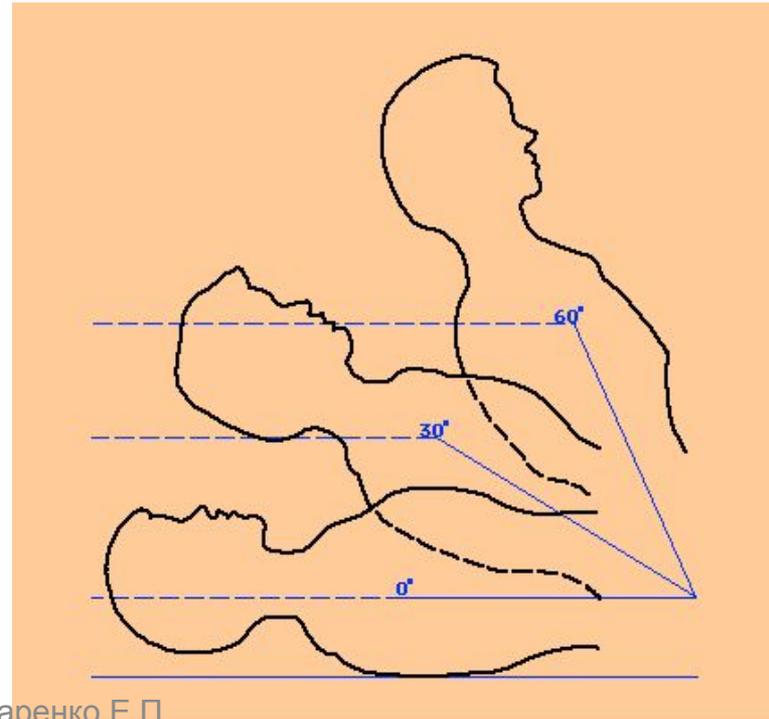
«обнуление» (“zeroing”)



A



B



*

Осложнения инвазивного измерения АД

- Кровотечение
- Гематома
- Спазм артерии
- Тромбоз
- Ишемия
- Формирование аневризмы
- Инфекционные осложнения

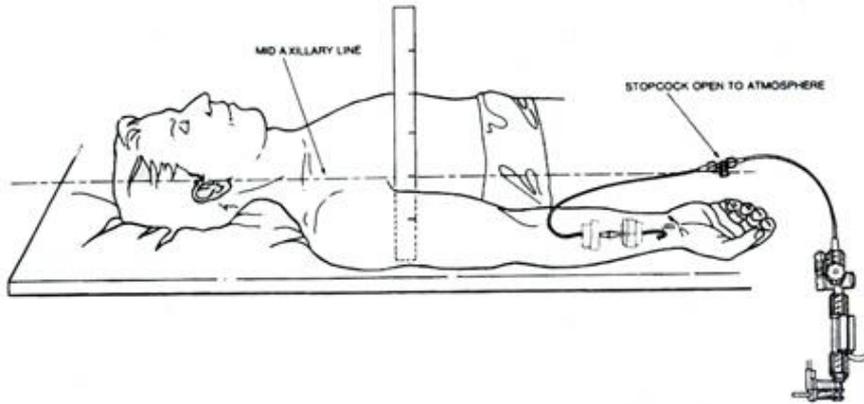
ЦВД

- «цифры»
- Форма кривой

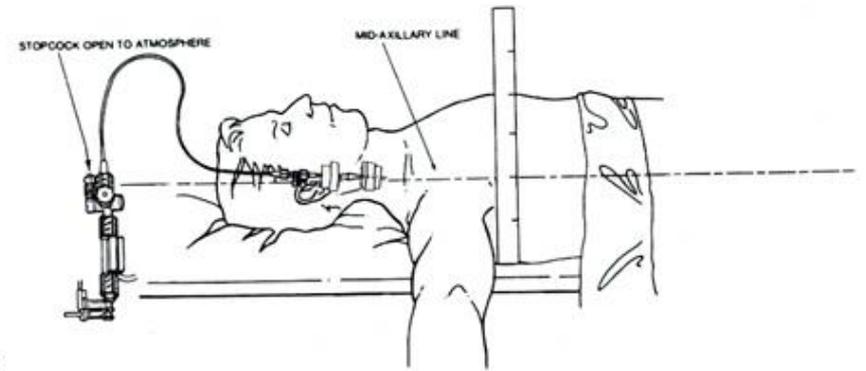
ЦВД

- Точка измерения (уровень датчика) – проекция правого предсердия – 5 см от поверхности грудины в 4 межреберье
- $1 \text{ mm Hg} = 1,36 \text{ cm H}_2\text{O}$
- $1 \text{ cm H}_2\text{O} = 0,74 \text{ mm Hg}$

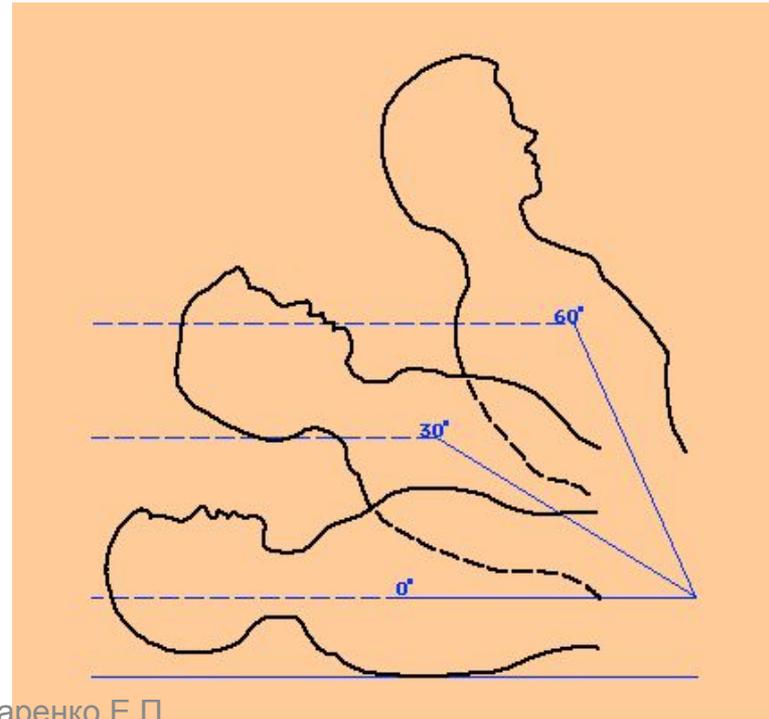
«обнуление» (“zeroing”)



A

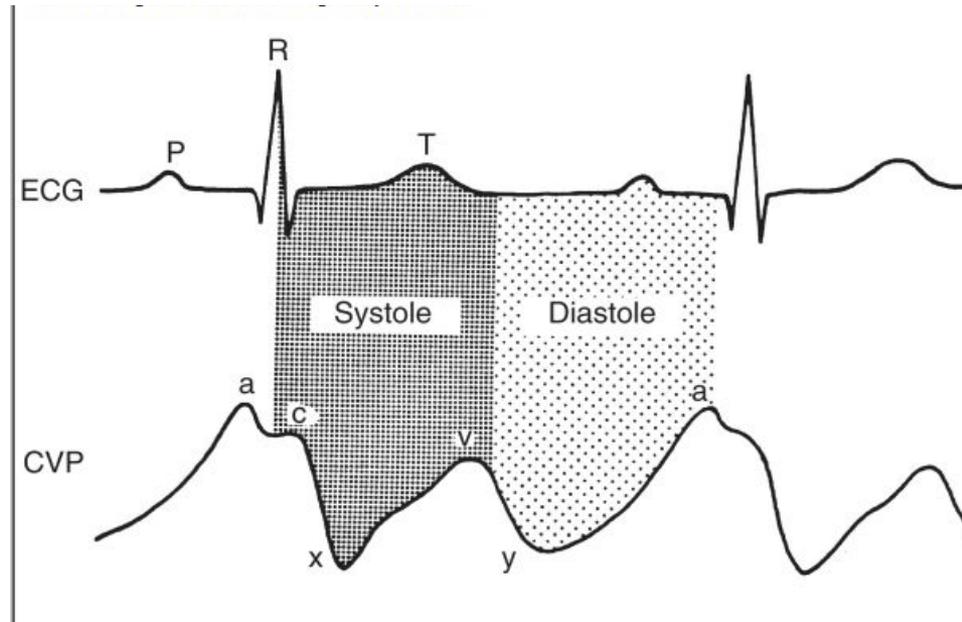


B



*

ЦВД



a – atrial – систола предсердия

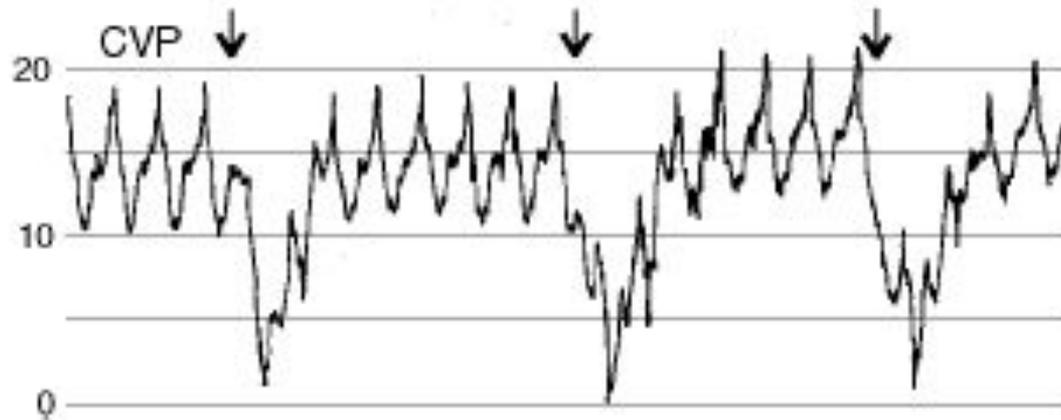
c – closure – закрытие трехстворчатого клапана

v – venous – венозное наполнение при закрытом трехстворчатом клапане

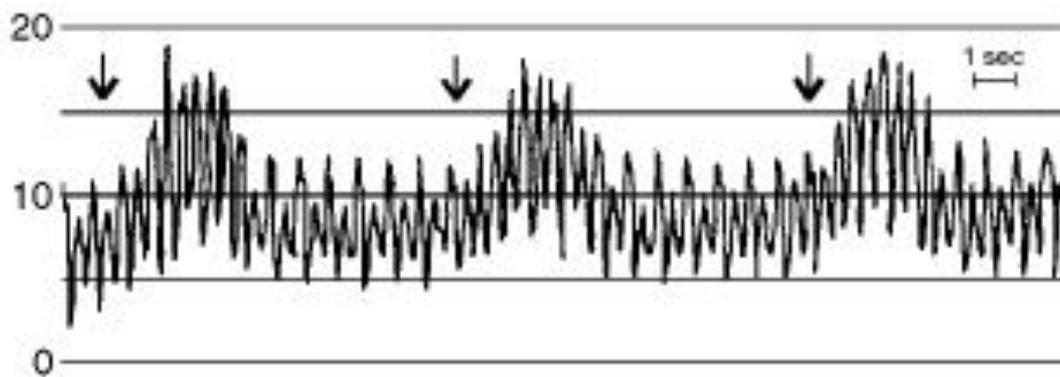
x – систолическое снижение давление в предсердии

y – открытие трехстворчатого клапана, диастолическое снижение

ЦВД

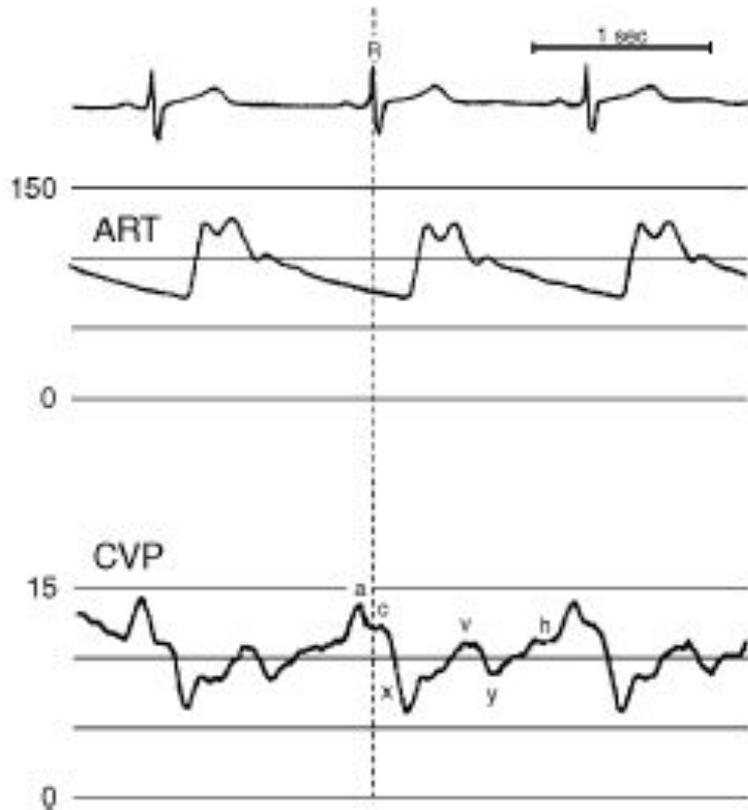


**Спонтанное
дыхание**

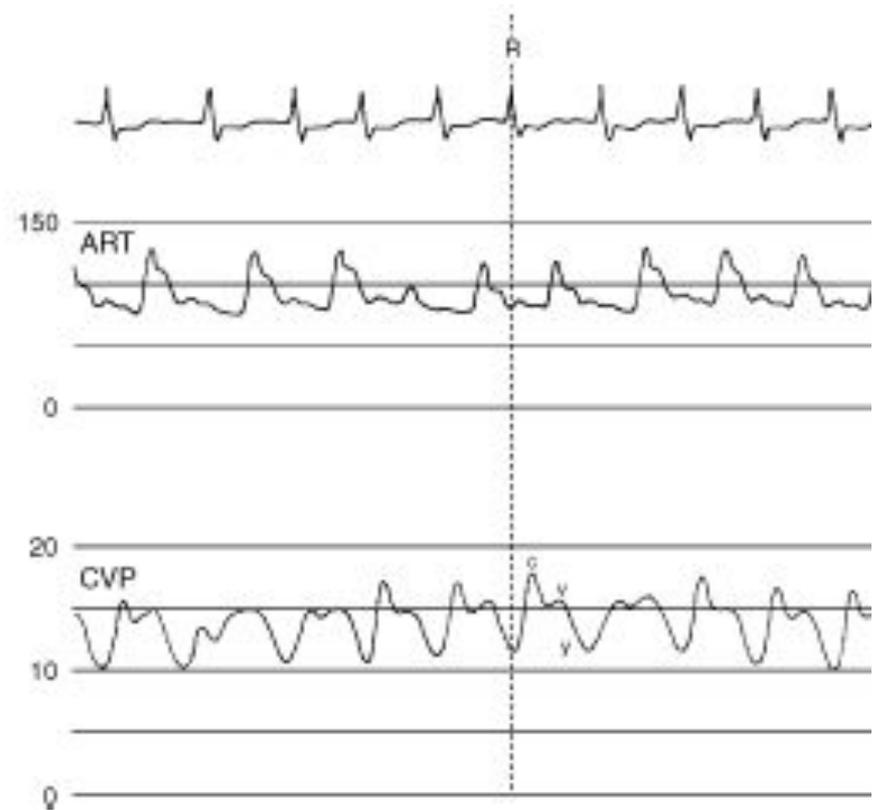


ИВЛ

ЦВД

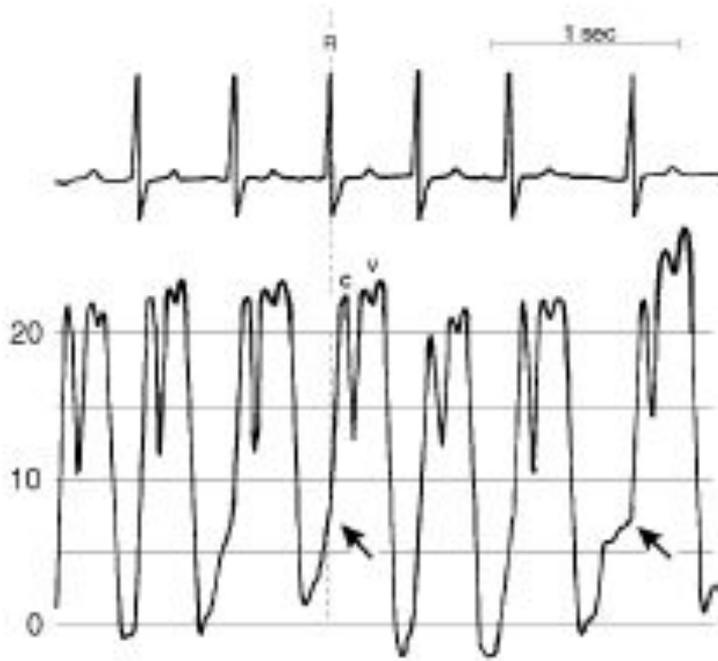


Норма

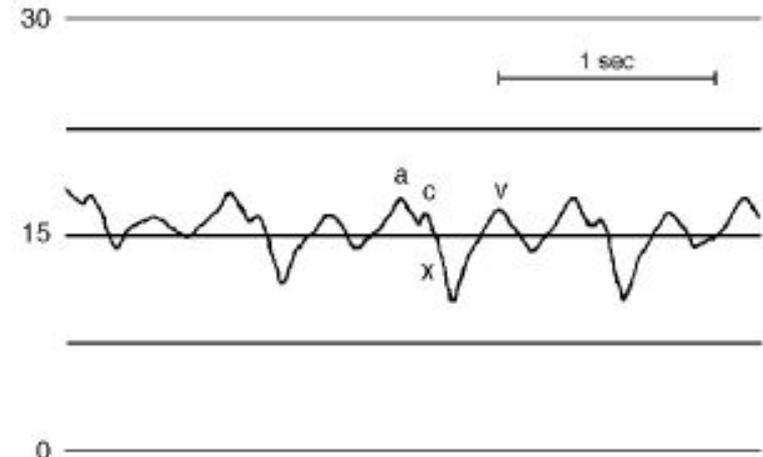


Фибрилляция предсердий

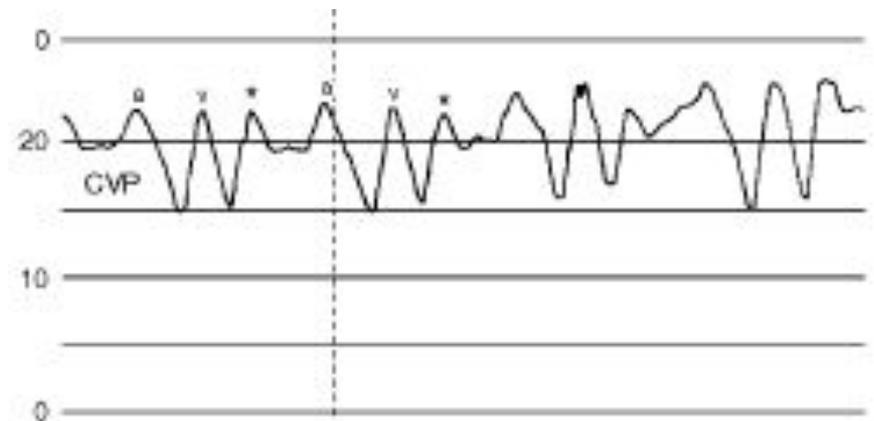
ЦВД



Трикуспидальная недостаточность



Тампонада



Констриктивный перикардит

Катетеризация легочной артерии

- Показания
- Показатели
- Методика
- Осложнения

Катетеризация легочной артерии.

Показания.

- Обширные вмешательства с высоким риском кровопотери и массивной инфузией
- Тяжелая левожелудочковая недостаточность
- Шок (кардиогенный, септический)
- **Недостаточность правого желудочка, легочная гипертензия**
- Гемодинамическая нестабильность, требующая применения инотропных средств
- Хирургия аорты
- Трансплантация печени

Катетеризация легочной артерии. Показатели.

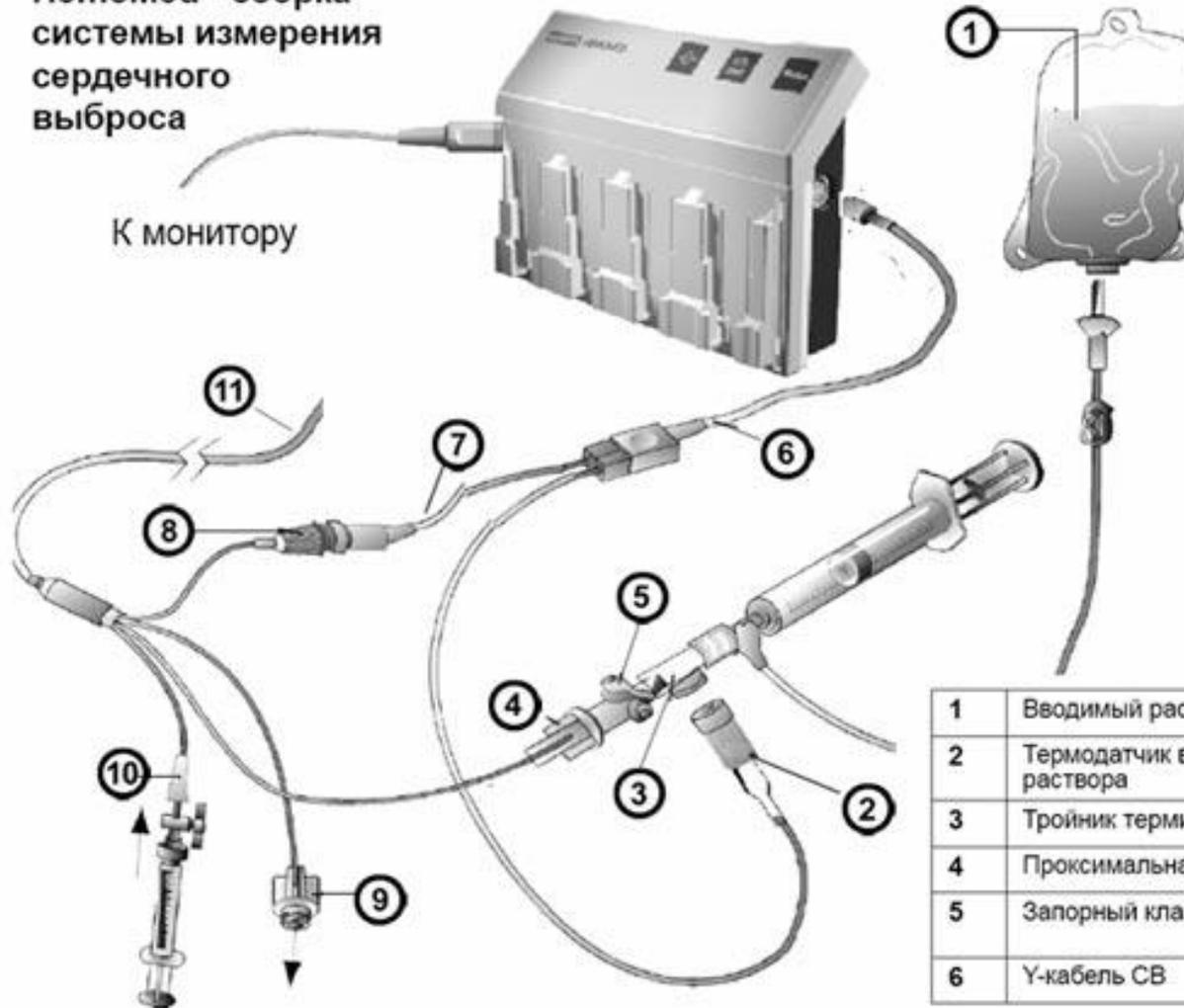
- ДЛА (РАР)
- ДЗЛА (РАОР, РСWP)
- МОК (СИ) - термодиллюция
- Газовый состав смешанной венозной крови

Катетеризация легочной артерии

- Проводник (интродьюсер)
- Катетер
- Система
- Датчик (трансдюсер)
- Монитор

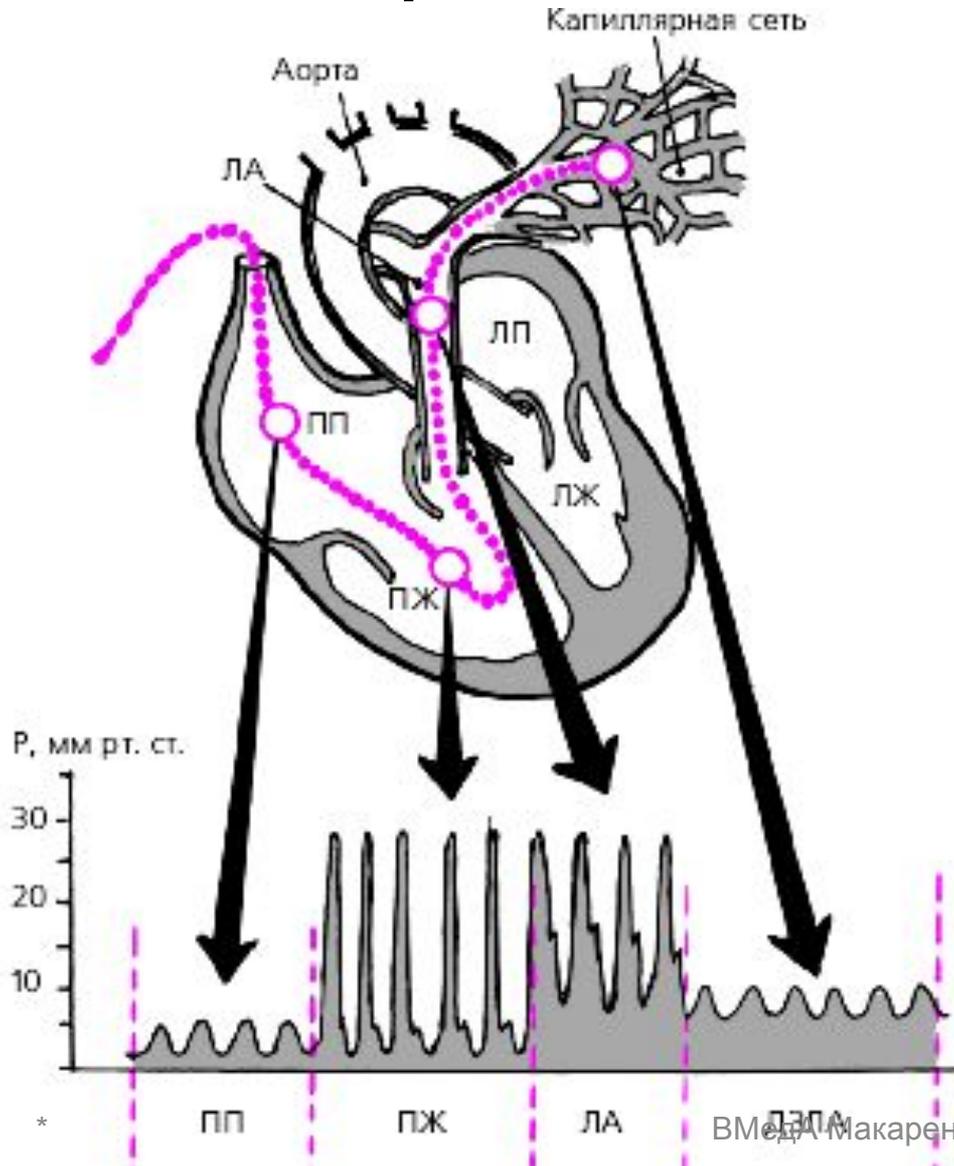
Катетеризация легочной артерии

НетоMed - сборка системы измерения сердечного выброса



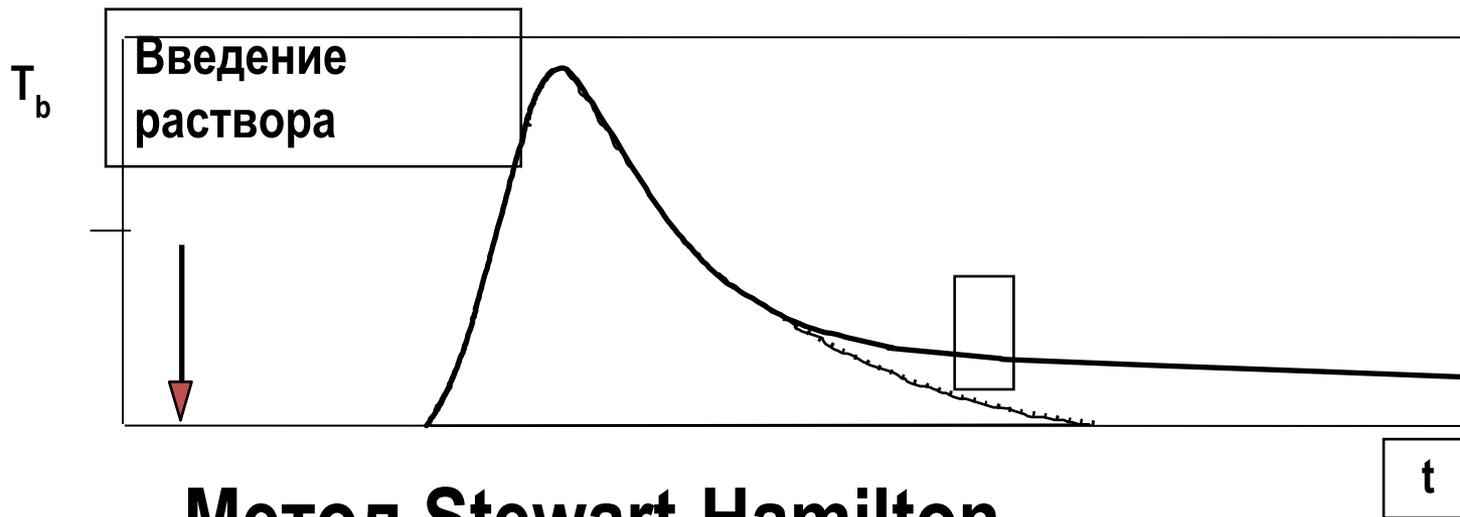
1	Вводимый раствор	7	Кабель катетера СВ
2	Термодатчик вводимого раствора	8	Разъем термистора
3	Тройник термистора	9	Дистальная полость
4	Проксимальная полость	10	Полость баллона
5	Запорный клапан	11	Термодилуционный катетер
6	Y-кабель СВ		

Катетеризация легочной артерии



ПП	2-10
ПЖ	15-30/0-5
ЛА	15-30/5-10
ДЗЛА	5-15

*



Метод Stewart-Hamilton

$$CO_{TDa} = \frac{(T_b - T_i) \cdot V_i \cdot K}{\int \Delta T_b \cdot dt}$$

T_b = Температура крови

T_i = Температура раствора (инъектата)

V_i = Объем раствора

$\int \Delta T_b \cdot dt$ = Площадь под кривой термодилуции

K = Константа коррекции (зависит от веса и температуры)

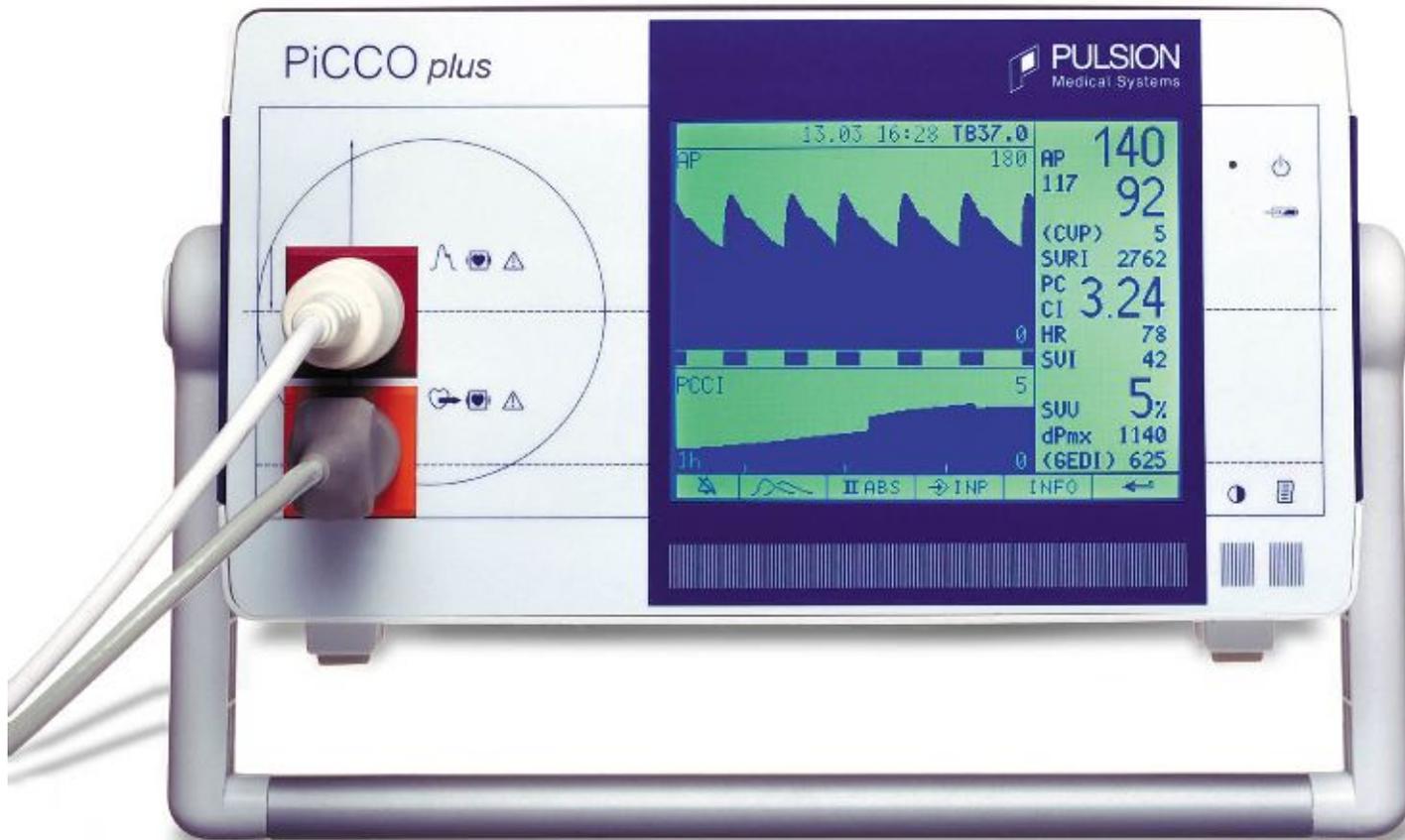
Катетеризация легочной артерии. Осложнения.

- Аритмии
- Разрыв легочной артерии
- Повреждение клапанов
- Инфаркт легкого
- Образование узла
- Инфекция

Обучающий портал по мониторингу гемодинамики

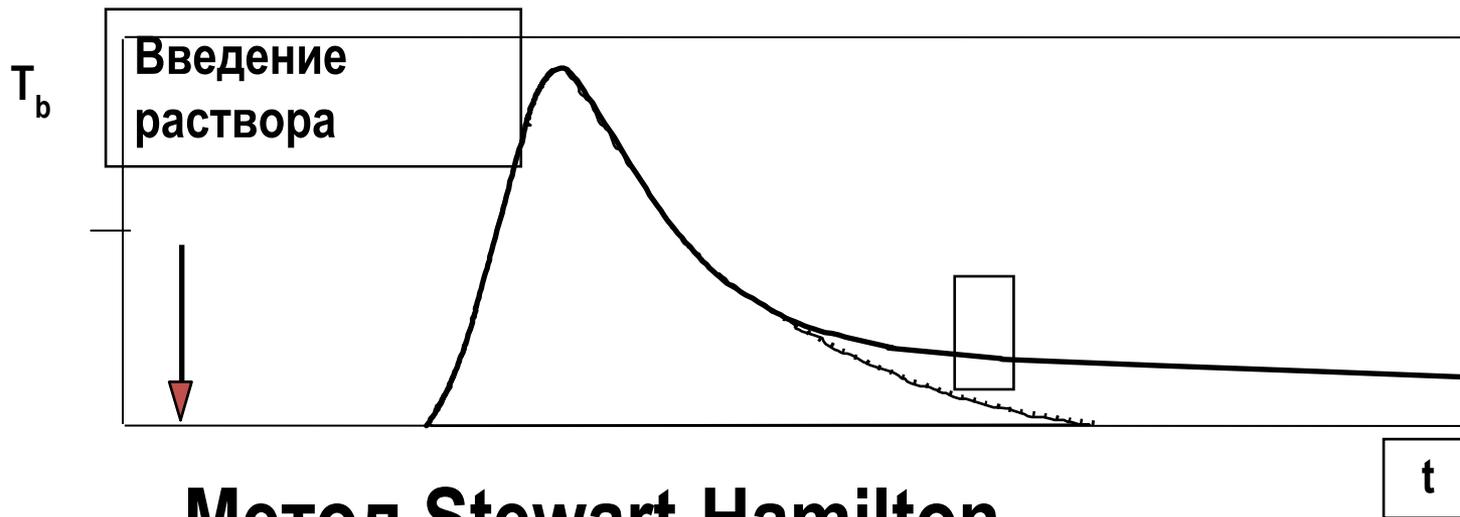
<http://www.edwards.com/education/pages/cse-educationmap.aspx>

PiCCO plus



PiCCO

- Транспульмональная термодилуция
- Анализ формы пульсовой волны



Метод Stewart-Hamilton

$$CO_{TDa} = \frac{(T_b - T_i) \cdot V_i \cdot K}{\int \Delta T_b \cdot dt}$$

T_b = Температура крови

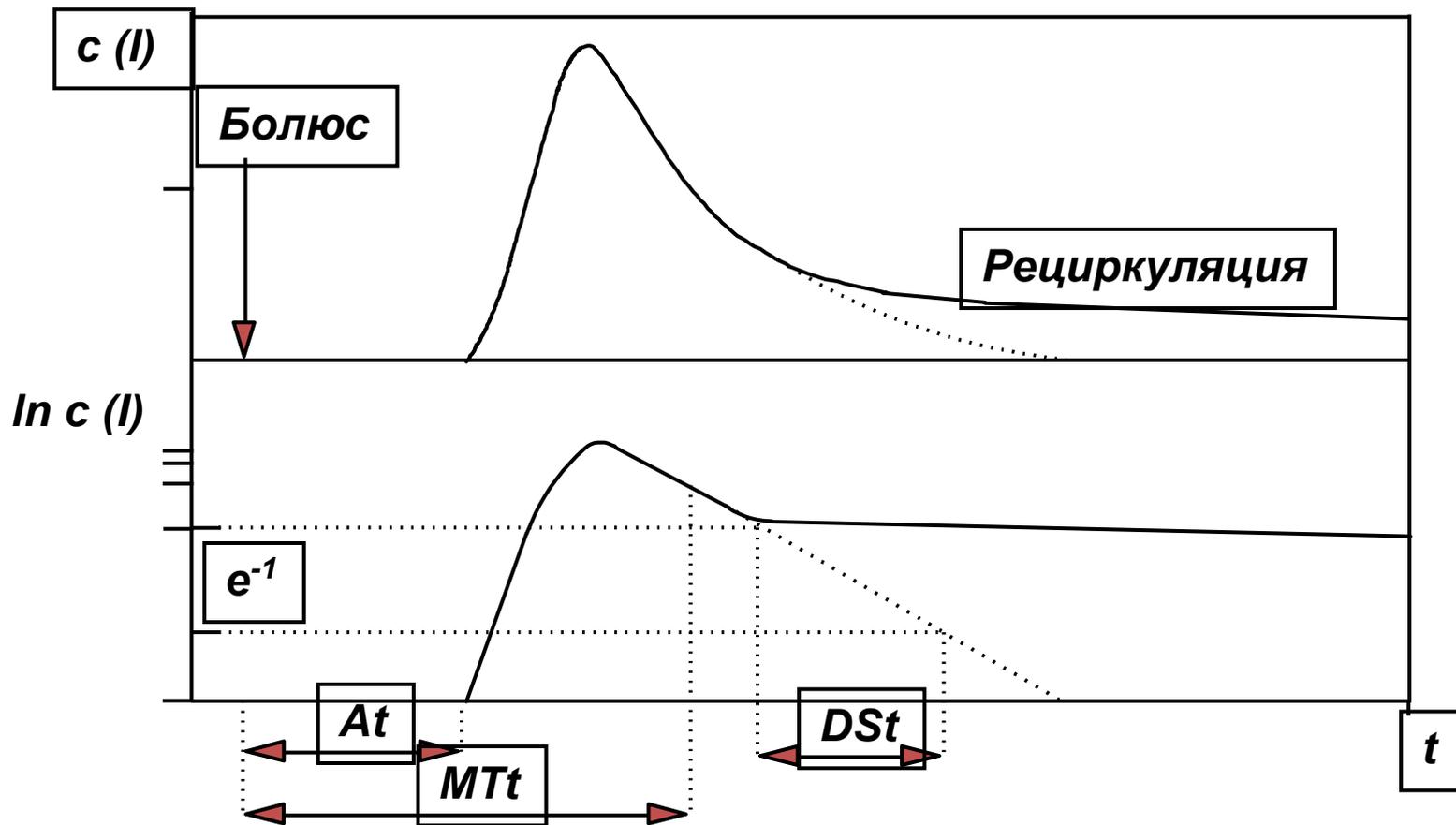
T_i = Температура раствора (инъектата)

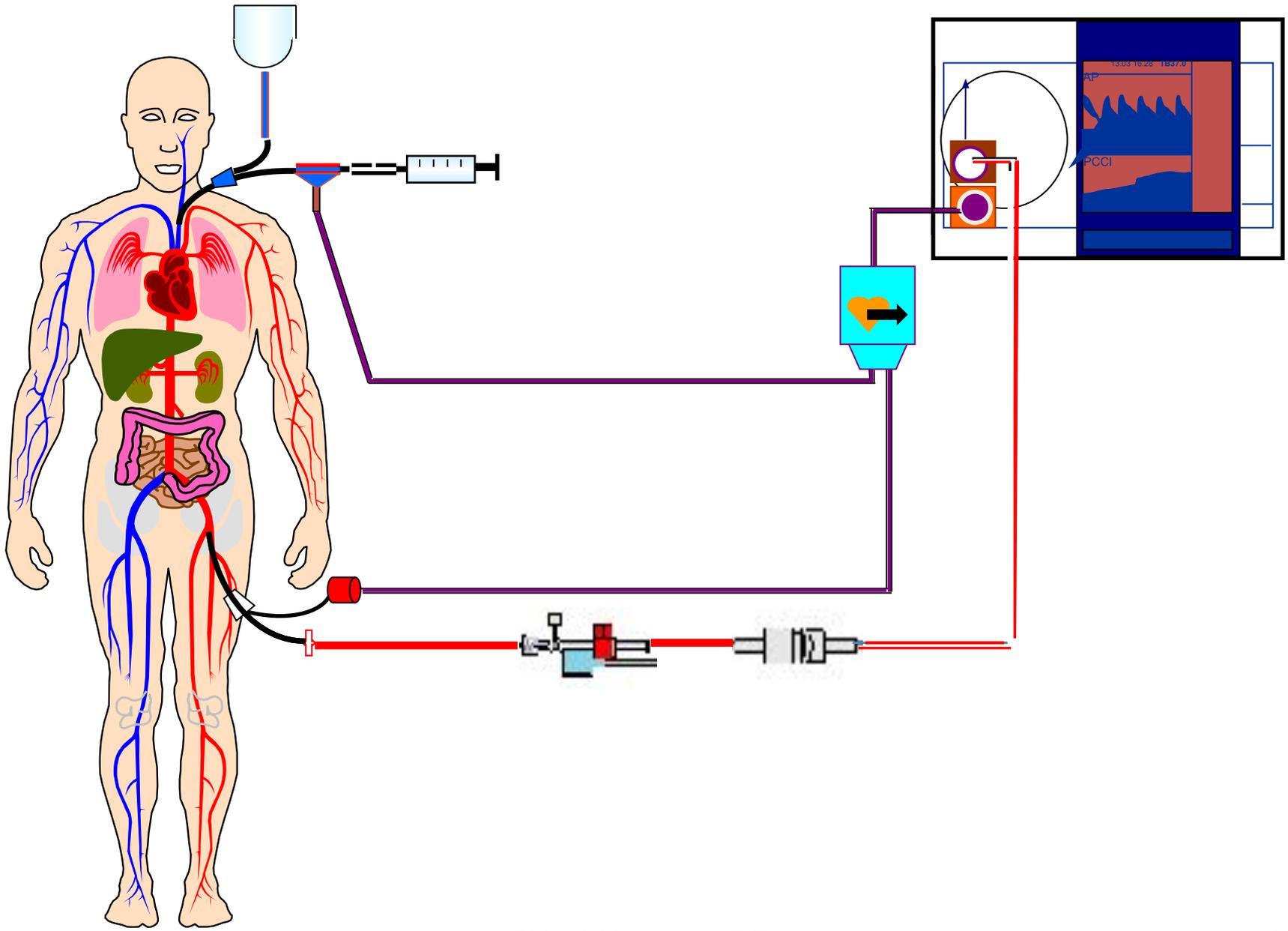
V_i = Объем раствора

$\int \Delta T_b \cdot dt$ = Площадь под кривой термодилуции

K = Константа коррекции (зависит от веса и температуры)

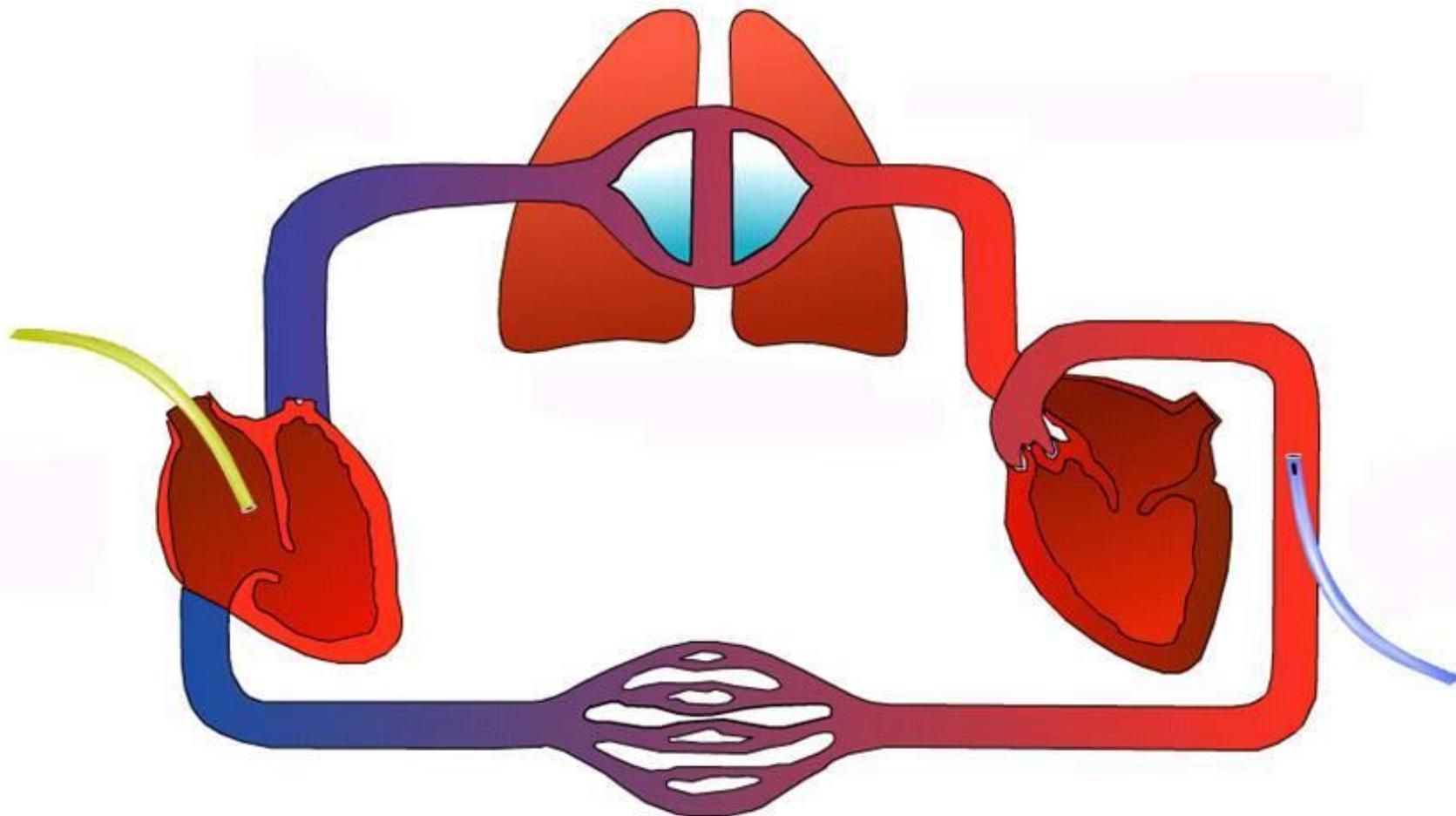
Принципы воллюметрического мониторинга



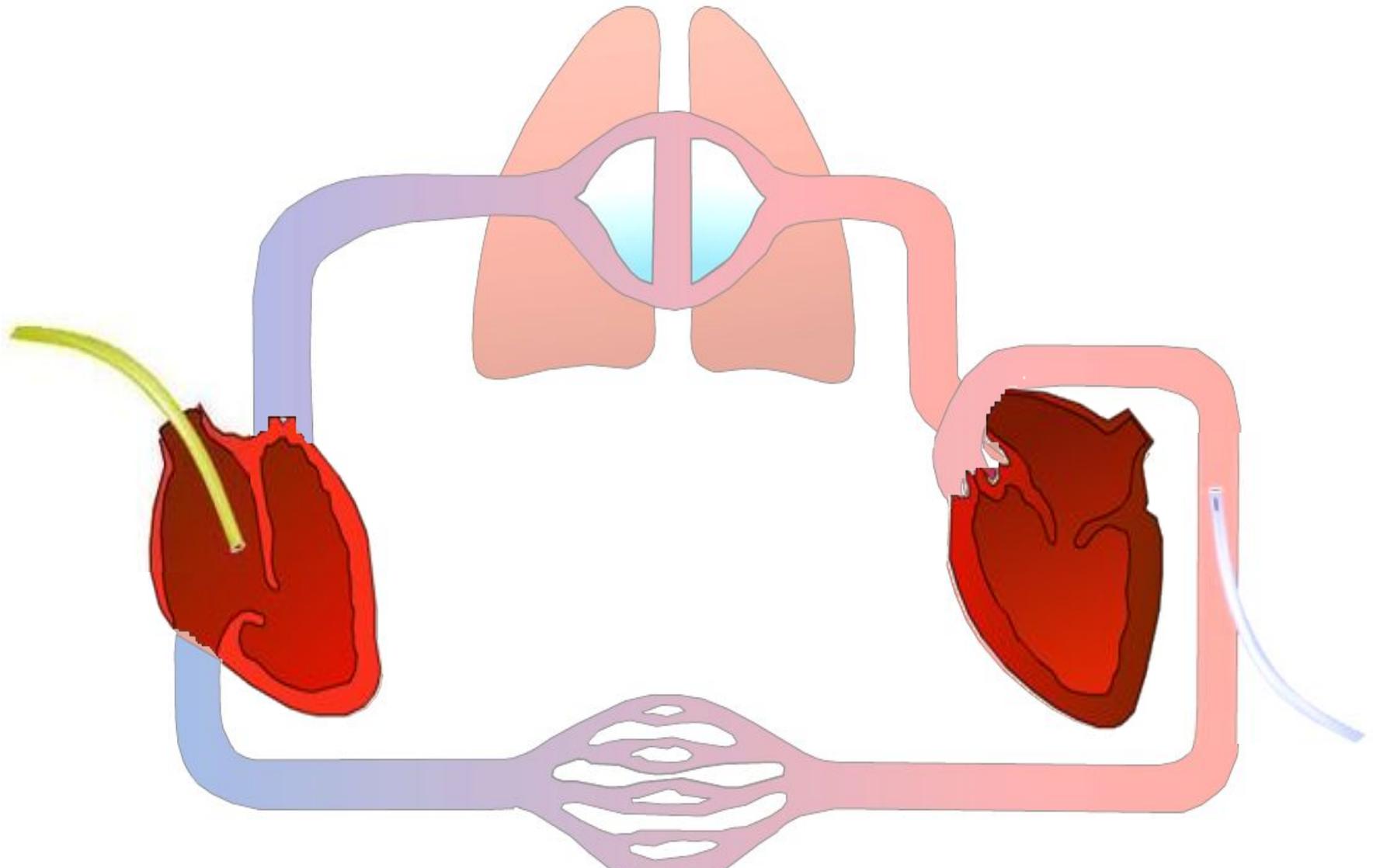


*

Транспульмональная термодиллюция

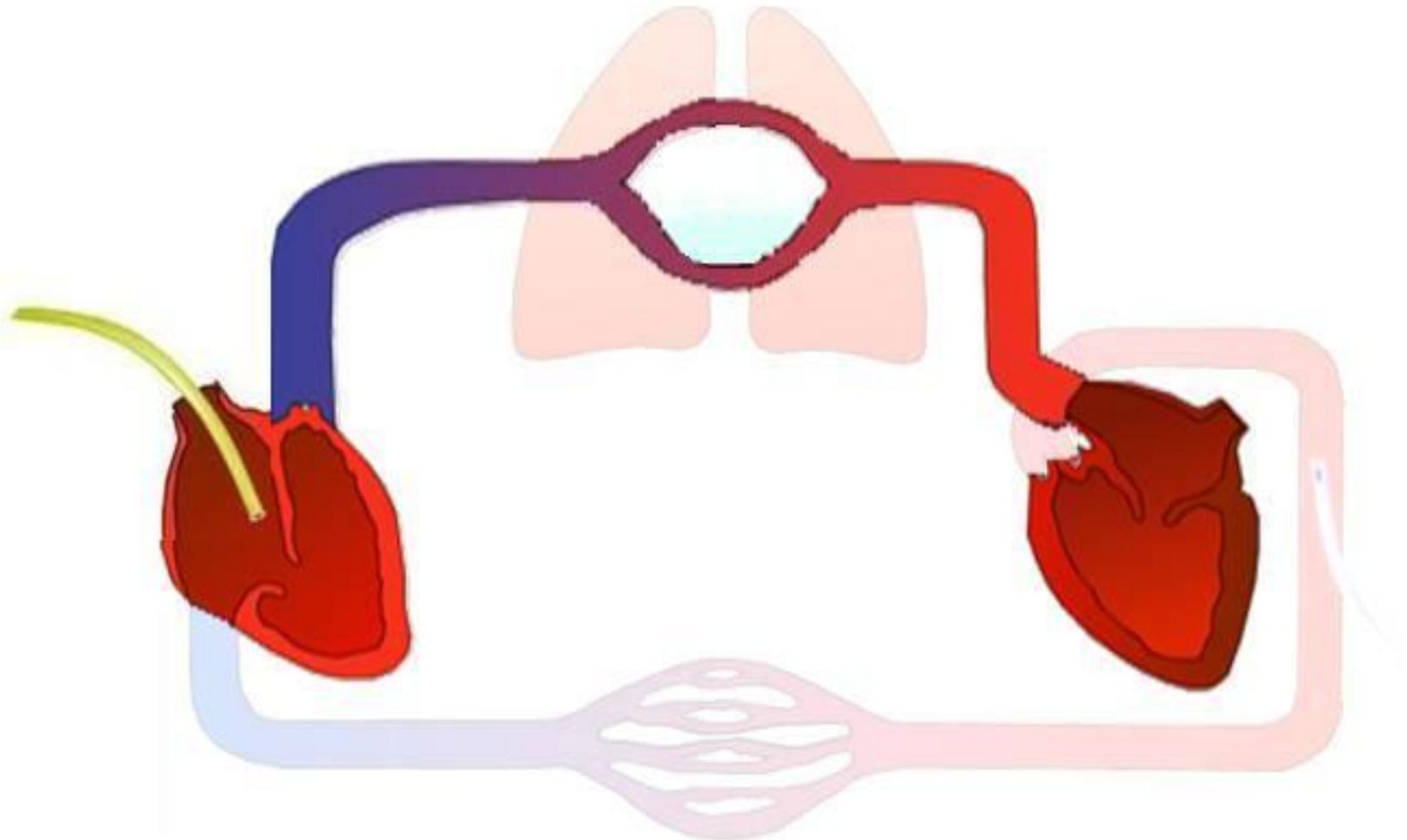


ГКДО (GEDV)



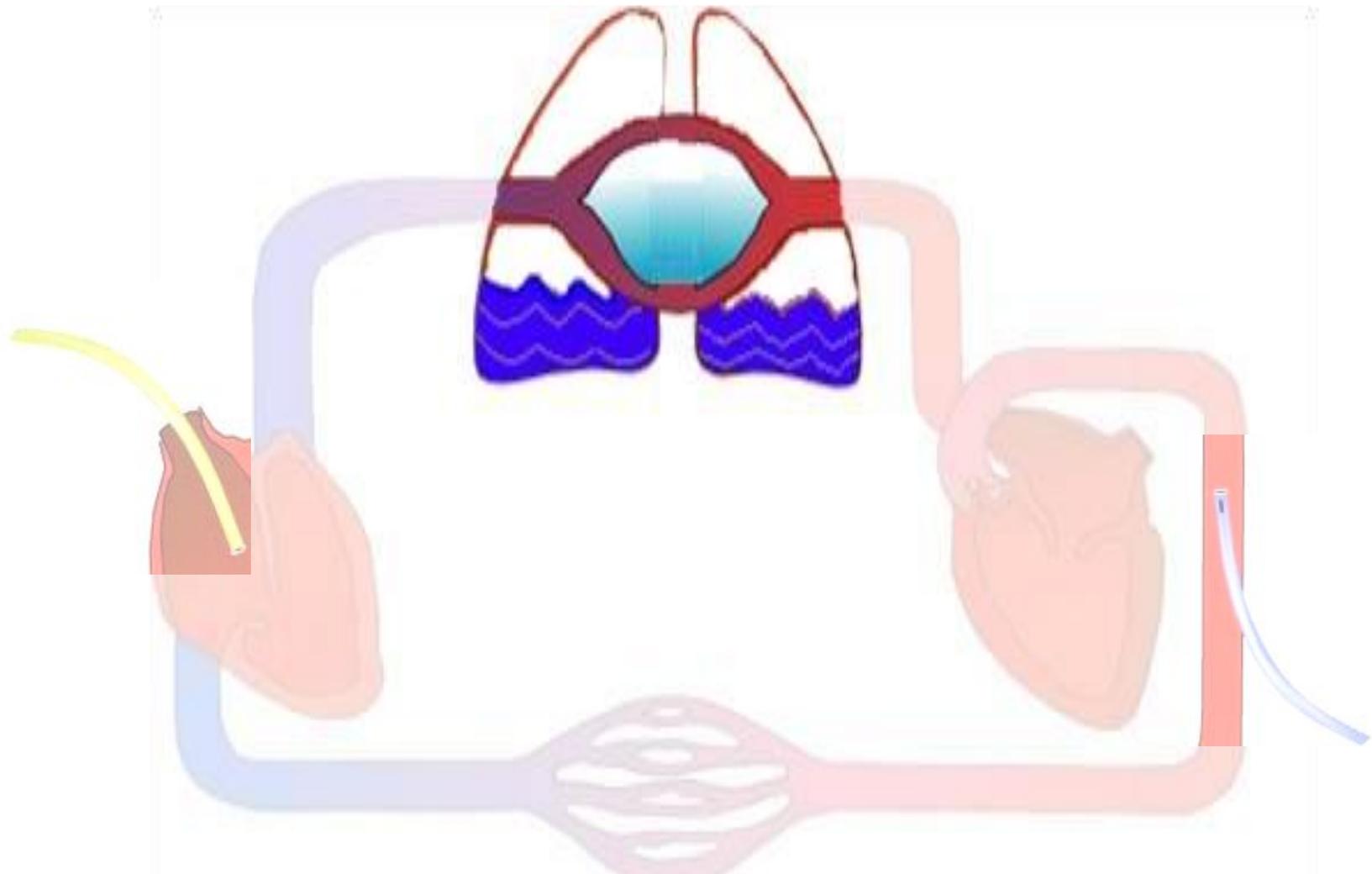
*

ВГОК (ITBV)



*

ВСВЛ (EVLW)



*

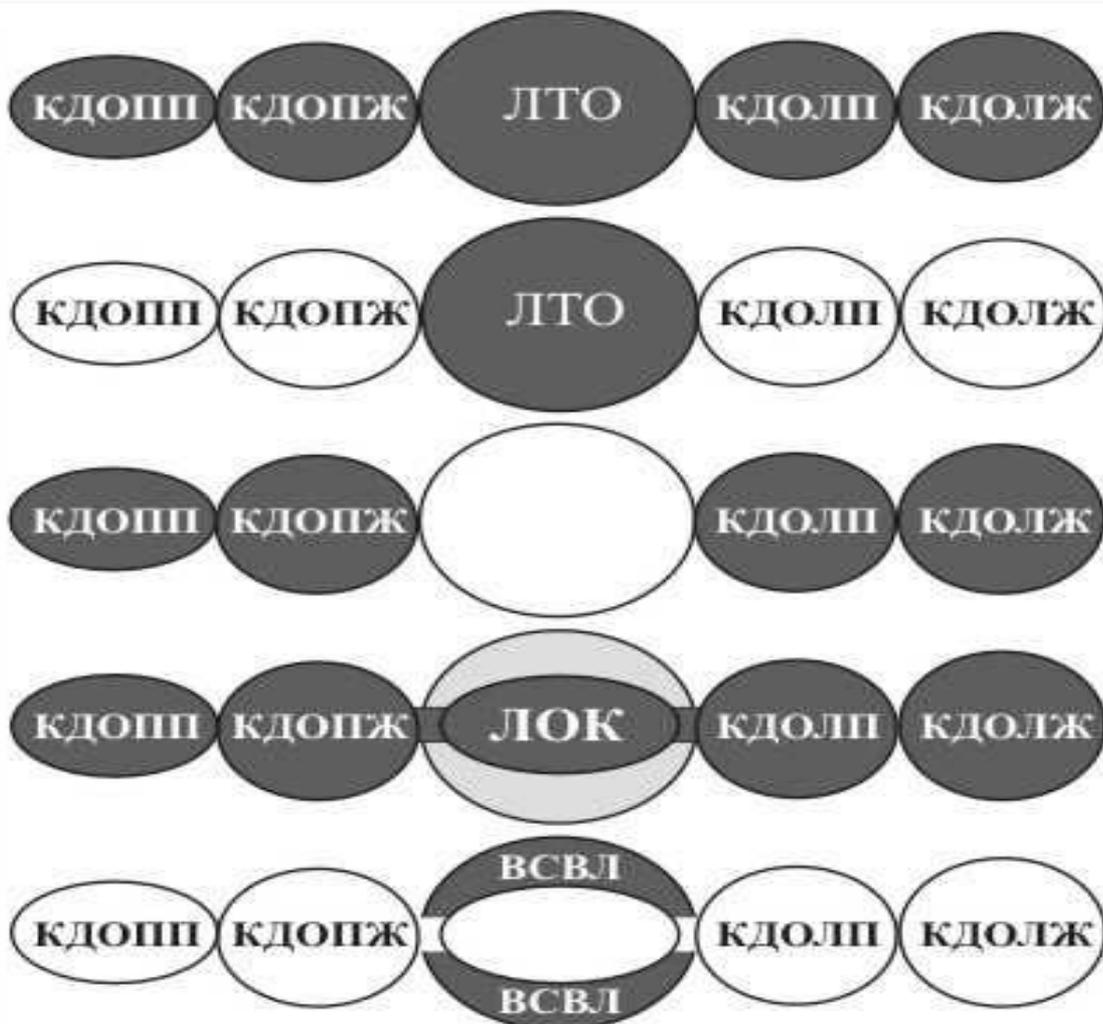
$$ВГТО (ITTV) = CB \cdot MTt$$

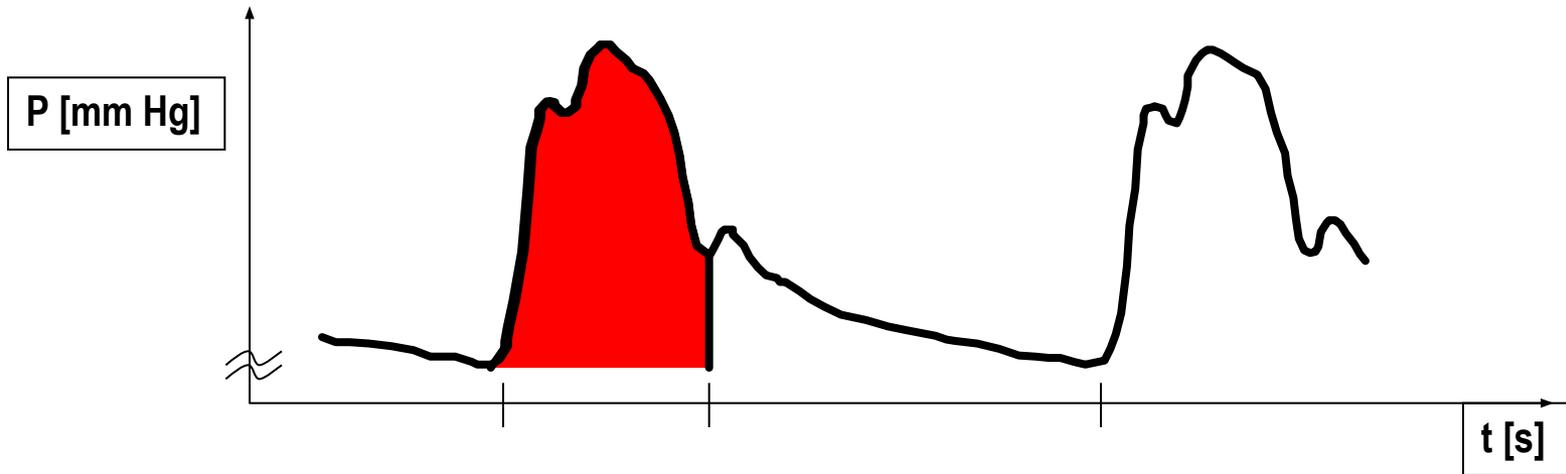
$$ЛТО (PTV) = CB \cdot DSt$$

$$ГКДО = ВГТО - ЛТО$$

$$ВГОК = 1.25 \cdot ГКДО$$

$$ВСВЛ = ВГТО - ВГОК$$





$$PCCO = cal \cdot HR \cdot \int \left(\frac{P(t)}{SVR} + C(p) \cdot \frac{dP}{dt} \right) dt$$

ЧСС

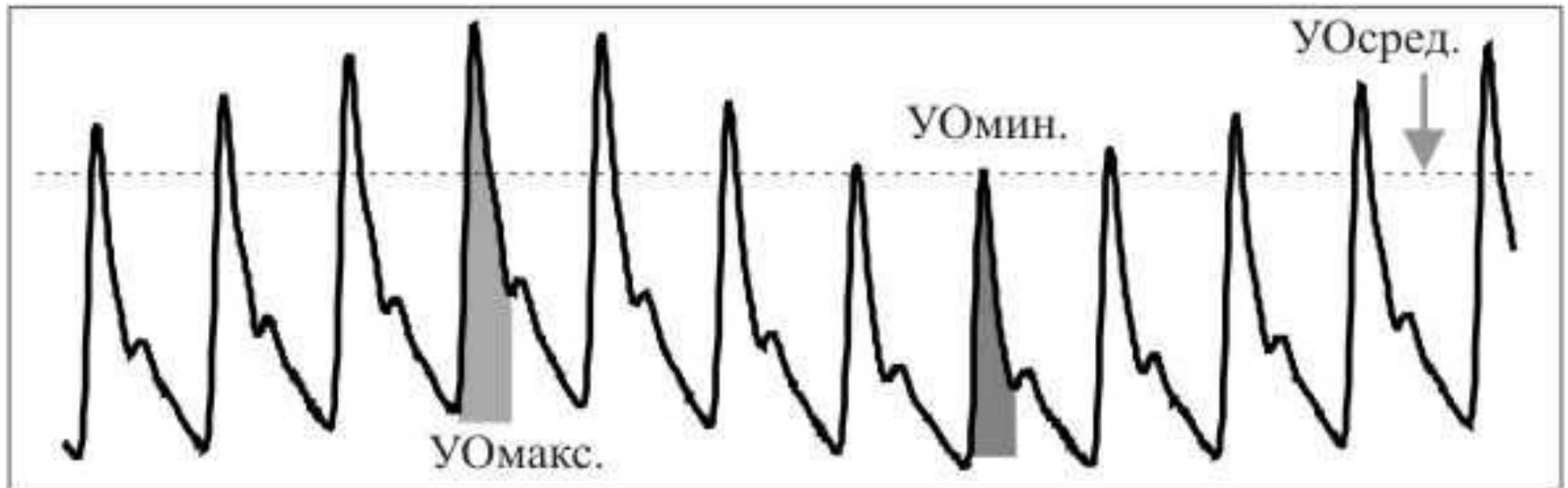
**Фактор
калибровки,
определяемый с
помощью
термодилуции**

**Комплаинс
аорты**

**Площадь
под кривой
давления**

**Форма
кривой
давления**

Вариабельность ударного объема

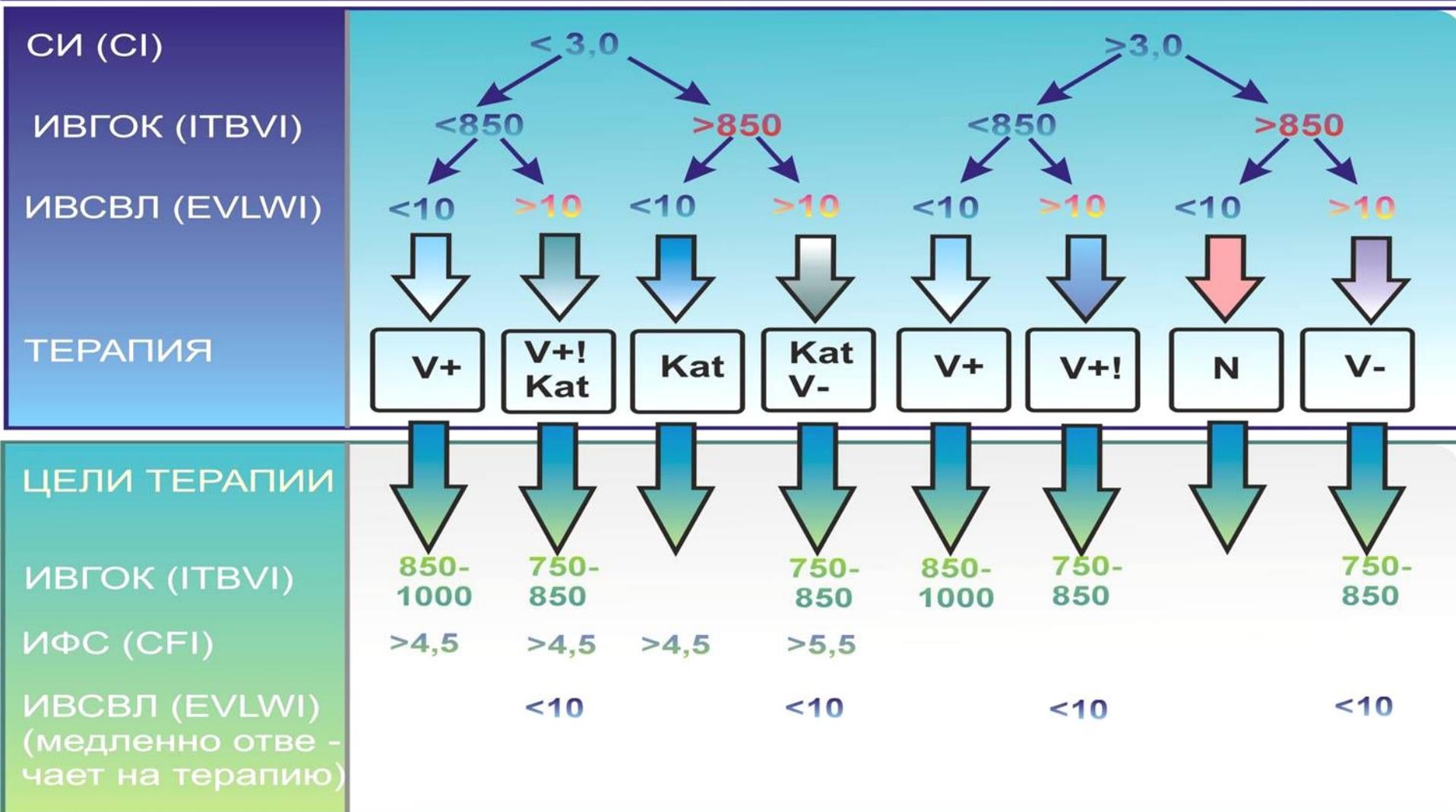


$$ВУО = \frac{УОмакс. - УОмин.}{УОсред.}$$

Показатели монитора PiCCOplus:

Термодилуция (дискретно)		
CO	СВ	сердечный выброс
GEDV	ГКДО	глобальный конечно-диастолический объем (преднагрузка)
GEF	ГФИ	глобальная фракция изгнания
EVLW	ВСВЛ	внесосудистая вода легких (отек легких)
PVPI	ИПЛС	индекс проницаемости легочных сосудов
Анализ формы пульсовой волны (непрерывно)		
PCCO	СВ	сердечный выброс
SV	УО	ударный объем
AP	АД	артериальное давление
HR	ЧСС	частота сердечных сокращений
SVRI	ОПС	общее периферическое сопротивление (постнагрузка)
SVV	ВУО	вариабельность ударного объема
PPV	ВПД	вариабельность пульсового давления
dPmx	dPmx	сократимость желудочка (контрактильность)

АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ВОЛЮМЕТРИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ГЕМОДИНАМИКИ



- V+ = ИНФУЗИОННАЯ ТЕРАПИЯ
- V- = НЕОБХОДИМА ДЕГИДРАТАЦИЯ (ДИУРЕТИКИ)
- Kat = ИНОТРОПНАЯ И/ИЛИ ВАЗОПРЕССОРНАЯ ПОДДЕРЖКА
- N * = СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕРАПИИ НЕ ТРЕБУЕТСЯ (НОРМА)
- ! = С ОСТОРОЖНОСТЬЮ!

Ограничения применения PiCCOplus:

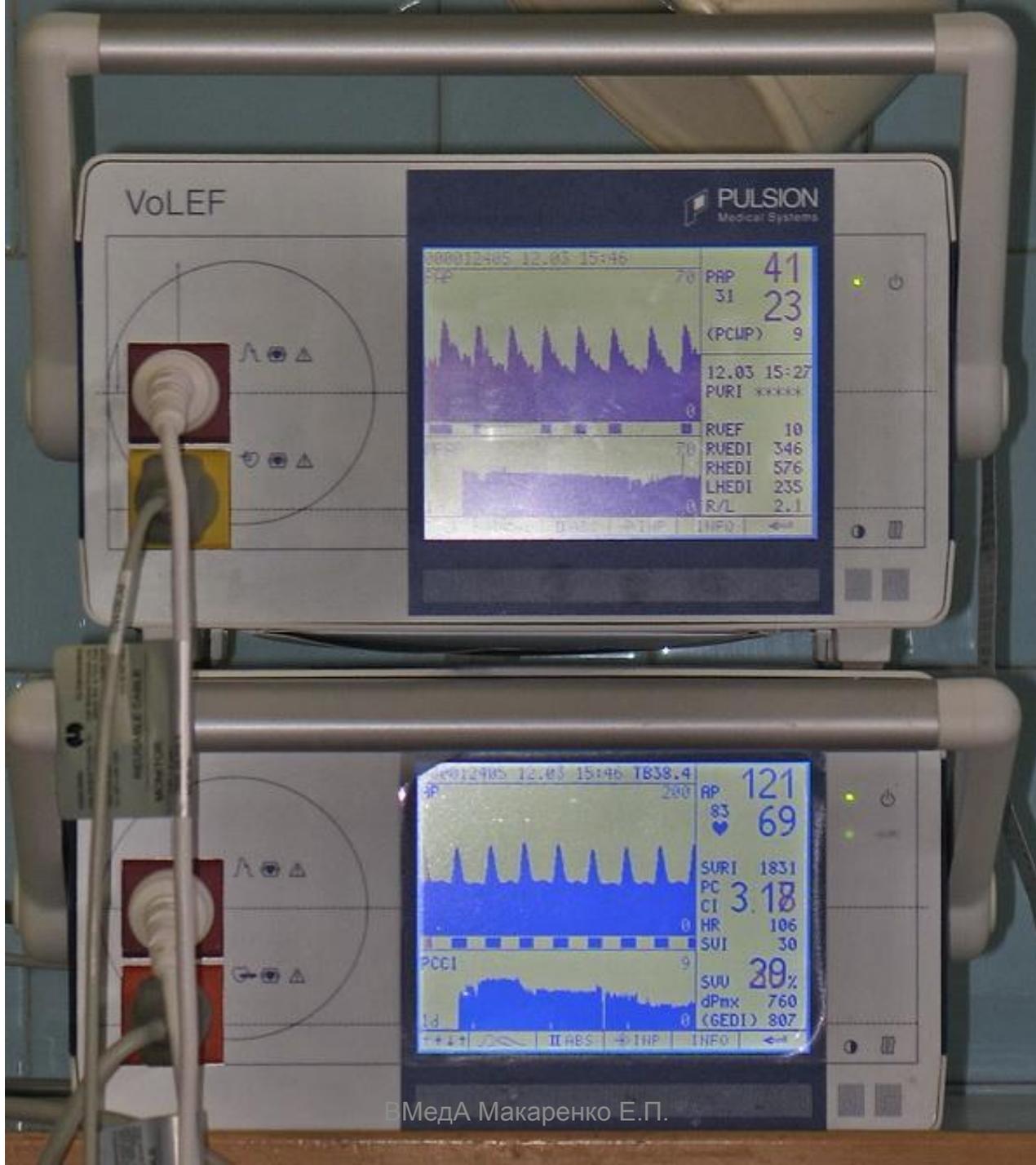
- Тромбоэмболия легочной артерии
- Изменение комплайенса аорты (аневризма, коарктация)
- Внутриаортальная баллонная контрпульсация
- Нарушения сердечного ритма

Преимущества PiCCO*plus*:

- Возможность непрерывного мониторинга СВ и других показателей гемодинамического профиля.
- Измерение пред- и постнагрузки, контрактильности.
- Определение ВСВЛ и дифференциальная диагностика механизма отека легких
- Метод менее инвазивен и технически проще, чем катетеризация легочной артерии.



*



*

Принятие решения

