

СЕЕА course 2
2013, Россия



Мониторинг гемодинамики



Григорьев С.В., к.м.н.

Кубанский государственный медицинский университет



- Церебральное и коронарное кровообращение особенно требовательны к постоянно поддерживаемому перфузионному давлению, поэтому преимущественно поддерживается артериальное давление.
 - При угрозе стабильности среднего артериального давления (САД) ауторегуляция в большинстве других тканей очень вариабельна вследствие включения нейрогуморальных механизмов.
 - Расстройства гемодинамики вызывают изменения функции органов, например, нарушения мозговой деятельности или олигурию ($<0,5$ мл/кг \times ч), поэтому регулярная клиническая оценка сама по себе является важной частью мониторинга гемодинамики.
-



Мониторинг показателей кровообращения



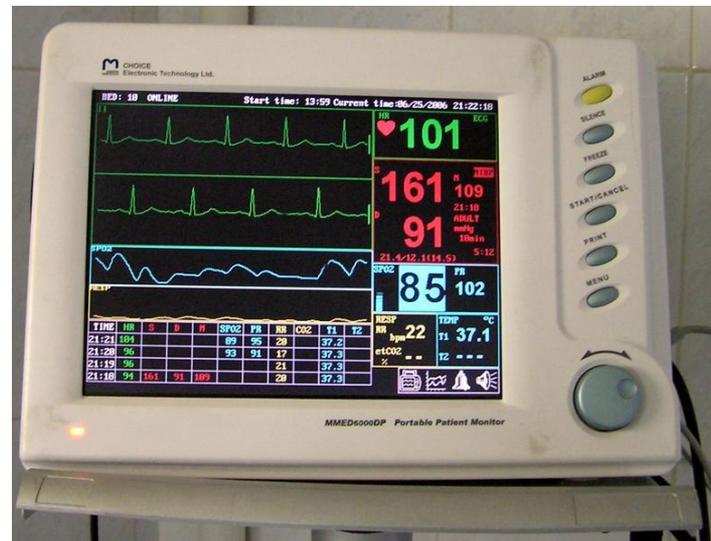
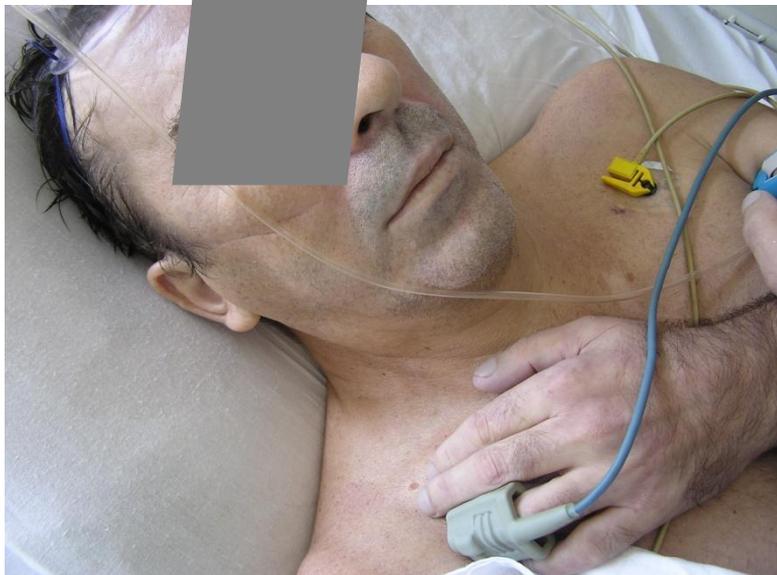
«Неаппаратный» мониторинг кровообращения

- Цианоз (центральный/периферический)
- Пульс
- Стетоскоп / фонэндоскоп
- Температура кожи
- Заполнение ногтевого ложа
- Темп диуреза





Цианоз (центральный/периферический)





Реперфузия ногтевого ложа

- После давления на кожу пальца в течение 5 с реперфузия капиллярного ложа должна наступить в течение 2 с.
- Прогрессирующее удлинение времени наполнения капилляров соотносится с уменьшенным сердечным выбросом; кожа прогрессирующе становится холодной, бледной и мраморной.
- Хотя наполнение капилляров воспроизводимый признак, интерпретация может меняться с изменением температуры окружающей среды и пациента и фармакологической терапии. Наоборот, состояние высокого сердечного выброса выражается в теплой периферии и сильным периферическим пульсом.

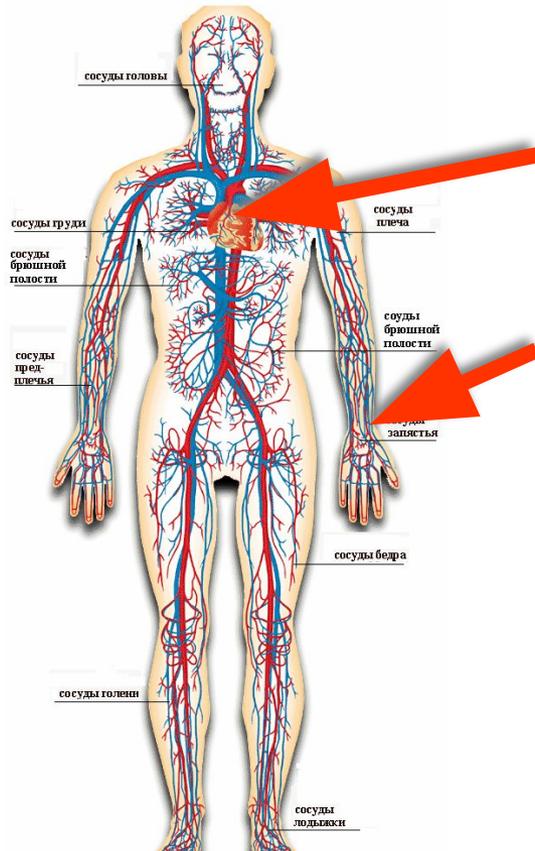
Основные мониторируемые показатели кровообращения

- Частота сердечных сокращений / пульс
- Артериальное давление
- Центральное венозное давление
- Минутный объем кровообращения
- Периферическое сосудистое сопротивление
- Показатели работы отделов сердца





Ритмическая деятельность системы кровообращения



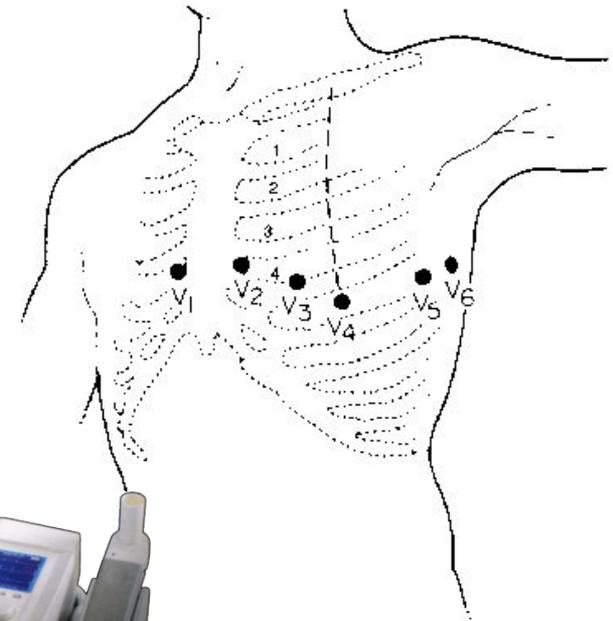
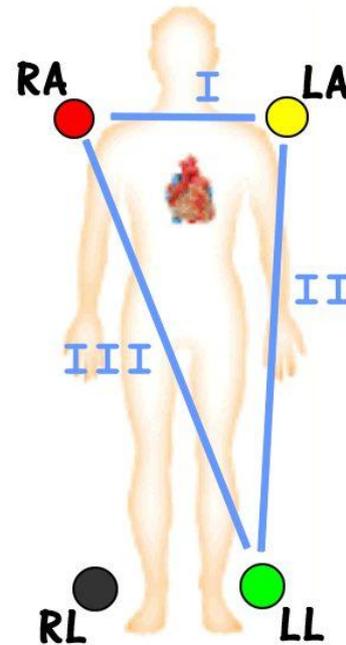
- ЧСС – частота сокращений **сердца**
- Пульс – частота пульсации стенки **периферических сосудов**
- Дефицит пульса = ЧСС – пульс



Мониторинг ЭКГ

Какое отведение ЭКГ оптимально для мониторинга?

- Обычно регистрируют:
 - Отведения I, II и III
 - Усиленные отведения (aVR, aVL и aVF)
 - Одно грудное Vi
- Дополнительно:
 - синхронизация с водителем ритма
 - защита от дефибрилляции

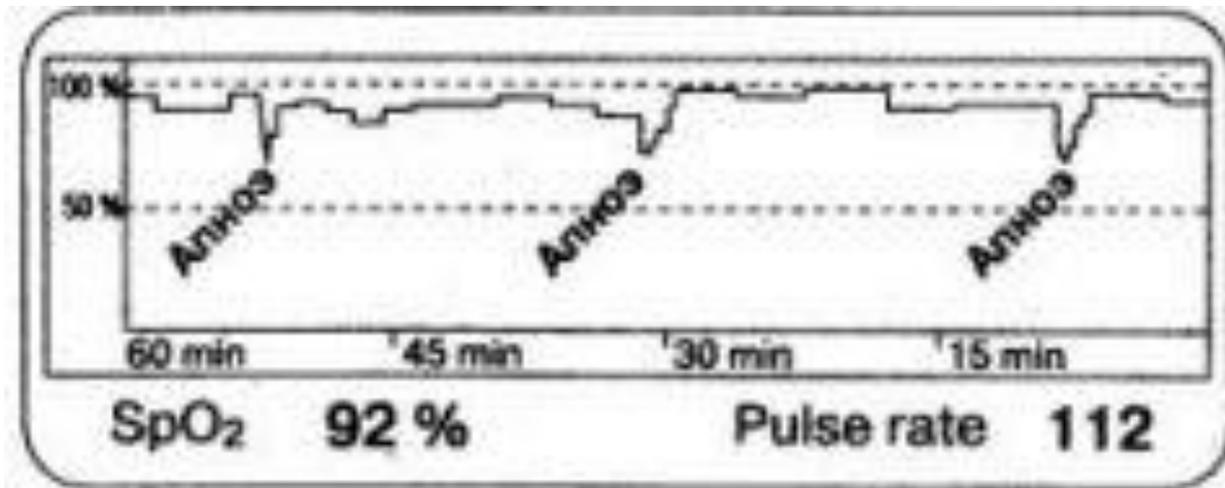




Пульсоксиметрия



- Безопасный неинвазивный метод
- Колебания SpO_2 в пределах 1-2 % являются нормальными.
- Эпизоды гипоксемии в операционной возникают в **20 (!)** раз чаще, чем обнаруживаются при обычном наблюдении за больным





Пульсоксиметрия

- Спектрофотометрический метод оценки уровня оксигемоглобина.
- Восстановленный гемоглобин (Hb) и оксигемоглобин (HbO₂) различаются проницаемостью для красных (660nm) и инфракрасных лучей (910nm).
- Объем артериальной крови в тканях (и следовательно, уровень оксигемоглобина) различается в зависимости от пульсовой волны.

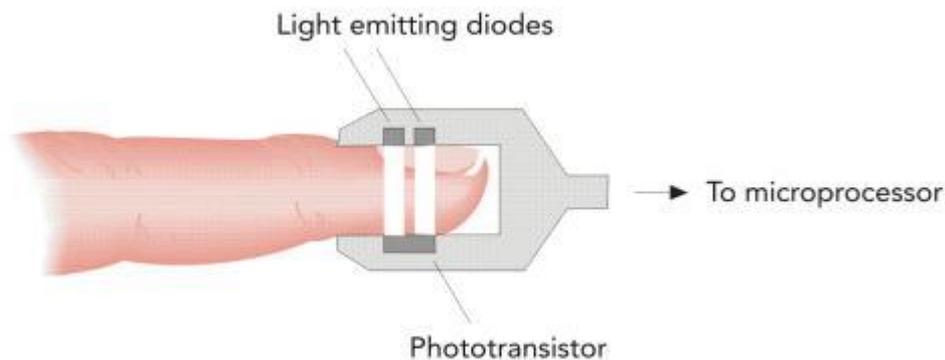


Figure 8-11 Pulse oximeter sensor





Пульсоксиметрия

- Причины неточных показаний:
 - Периферическая гипоперфузия
 - Неправильное положение датчика
 - Аритмия
 - Периферическая вазоконстрикция
 - Двигательные артефакты
 - Дисгемоглобинемия
 - Красящие вещества
 - Анемия



Дополнительно

- Длительность мониторинга **>4 часов** – датчик для длительной регистрации





Периферический индекс перфузии

- Выделяется из пульсоксиметрического сигнала (соотношение между пульсирующим и неппульсирующим компонентом) (Philips Viridia/56S, Philips IntelliVue)

Норма $\geq 1,4$

- Уменьшение индекса может указывать на ухудшение периферической перфузии





Измерение артериального давления



Измерение артериального давления

Зачем?

- У здоровых взрослых индивидуумов нормальный кровоток поддерживается при значениях среднего артериального давления **60 - 150 мм рт. ст.**
- Безопасный одномоментный уровень **снижения** давления крови соответствует показателю, составляющему **25% от исходного среднего артериального давления.**
- Риск получения ошибочных результатов у пациентов с низким системным кровотоком является главной причиной того, что неинвазивный гемодинамический мониторинг практически не применяется у больных, находящихся в критических состояниях

Cohn J.N., JAMA, 1981



Артериальное давление

Регуляция АД

основные регуляторные сосуды - артериолы

Симпатическая нервная система под управлением сосудодвигательных центров в продолговатом мозге:

α – адренорецепторы – вазоконстрикция;

β – адренорецепторы – вазодилатация.

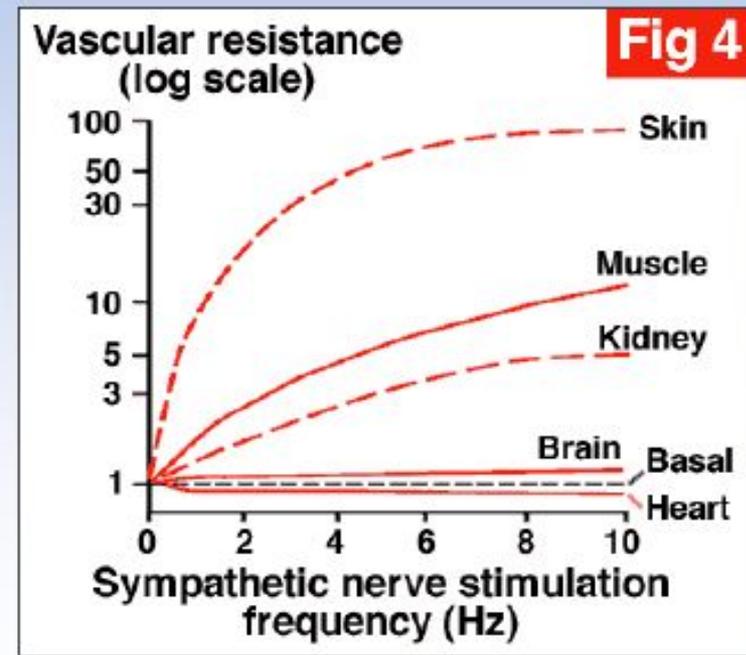
Гормональная регуляция:

адреналин, ангиотензин II – вазоконстрикция;

эндотелиальные факторы (простациклины, NO) – вазодилататоры.

Метаболиты:

CO₂, K⁺, H⁺, аденозин и лактат – вазодилататоры.



*Cardiovascular Physiology. Dr James Rogers,
Frenchay Hospital, Bristol, UK 1999.*



Методы измерения артериального давления

Инвазивные ИВР

- Введение датчика давления в артериальное русло



Неинвазивные NiBP

- Пальпация артерий
- Аускультация артерий
- Осциллометрические методы



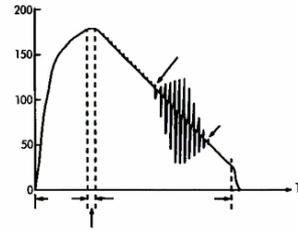
Артериальное давление: неинвазивное измерение (NiBP)

- Практически у всех больных с нестабильной гемодинамикой непрямого измерения АД дает ложные результаты *
- При артериальной гипотензии истинные значения АД сист могут быть занижены в среднем на 34 мм рт. ст., а у больных с сердечной недостаточностью - на 64 мм рт. ст. **

Артериальное давление: неинвазивное измерение (NiBP)

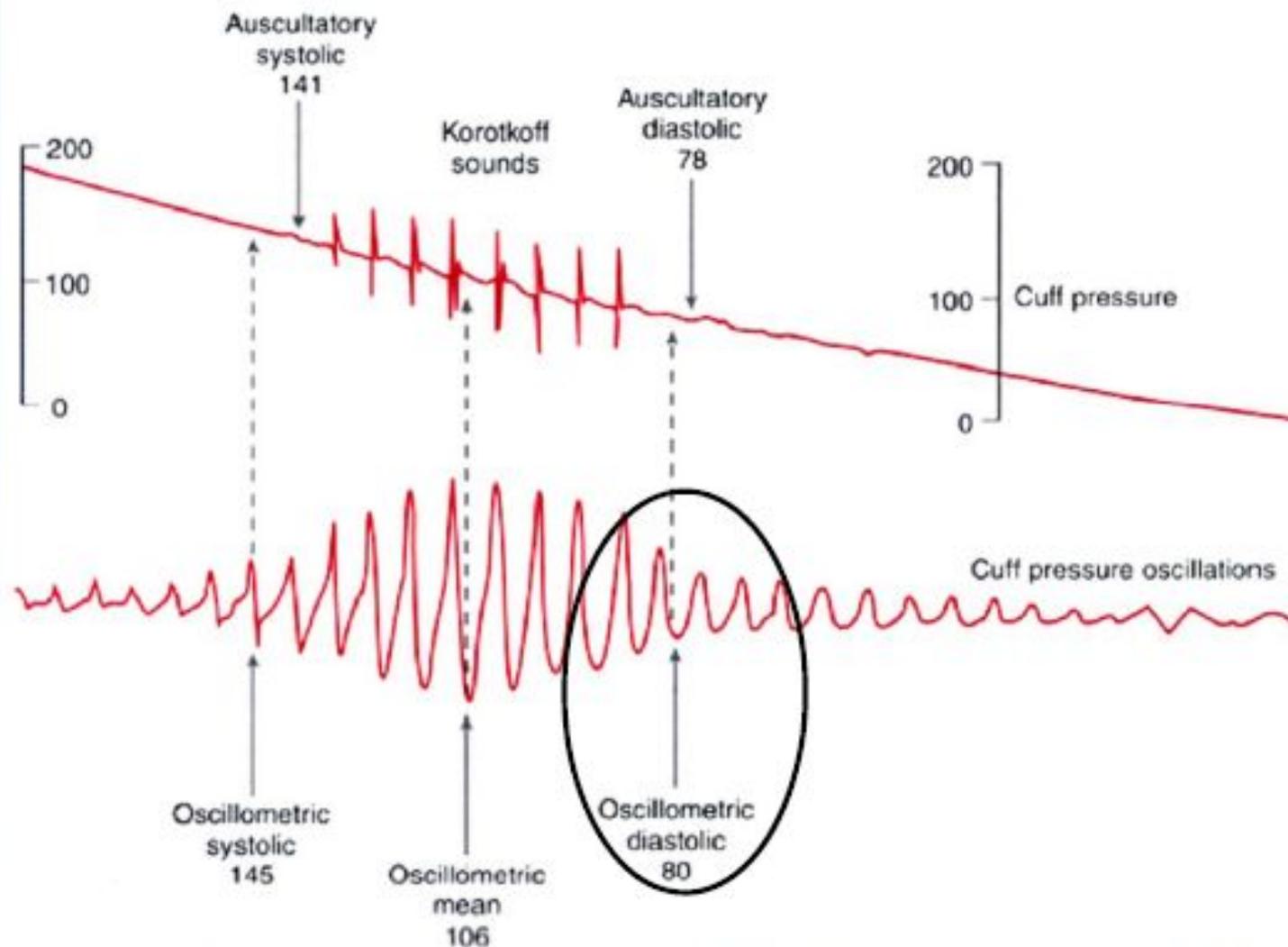
Осциллометрические методы

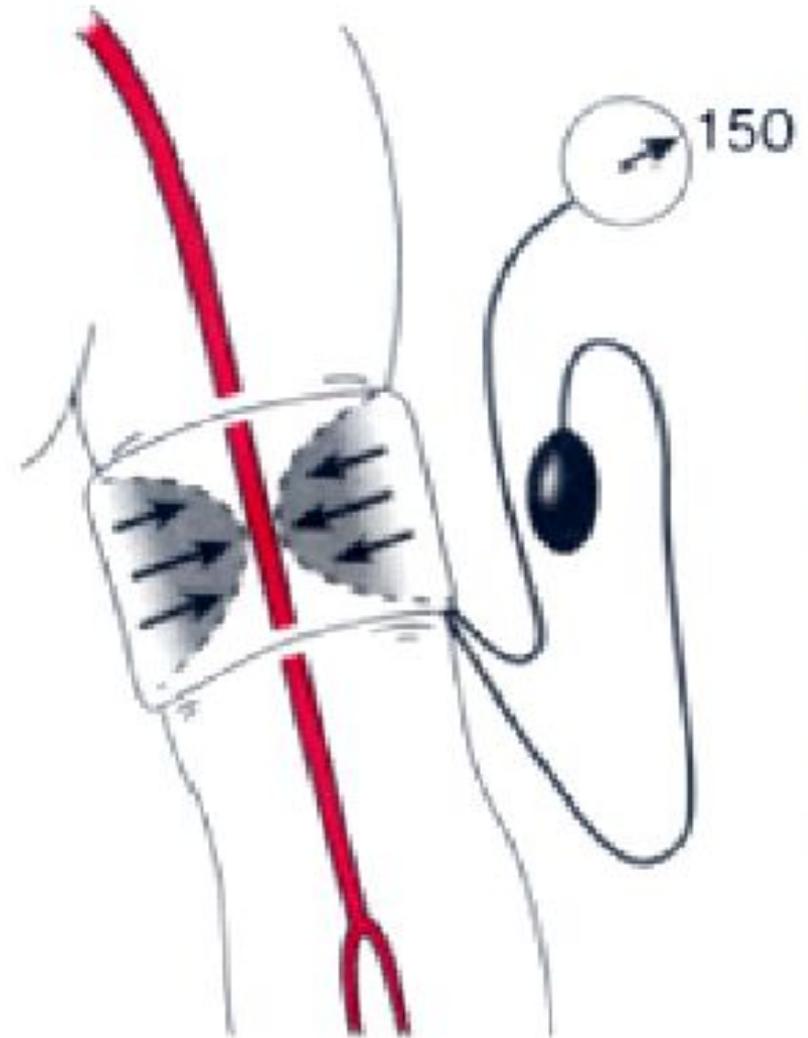
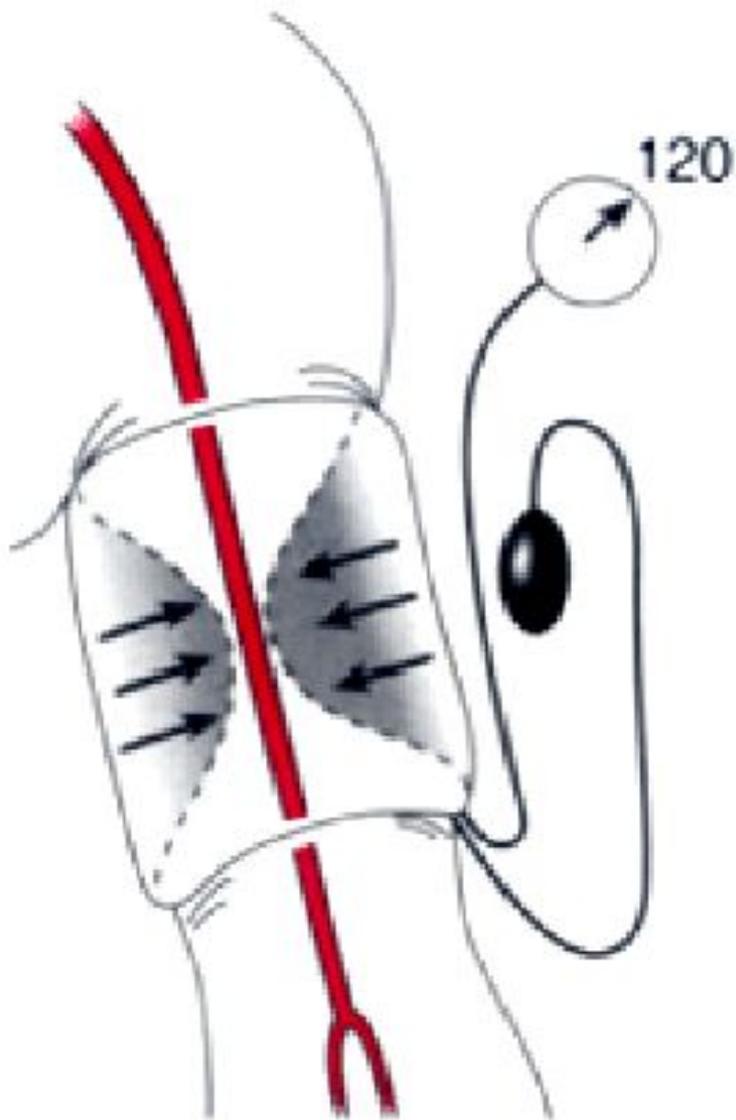
- Предложены Е. Marey в 1876
- 1931 – фон Реклингаузен
- 1976 – Criticon выпускает Dinamap 825
- В настоящее время используются в 80 % всех автоматических и полуавтоматических измерителей АД
- Стандарты требуют, чтобы мониторы регистрировали артериальное давление с точностью до 5 ± 8 мм рт ст



Артериальное давление

Неинвазивное измерение АД







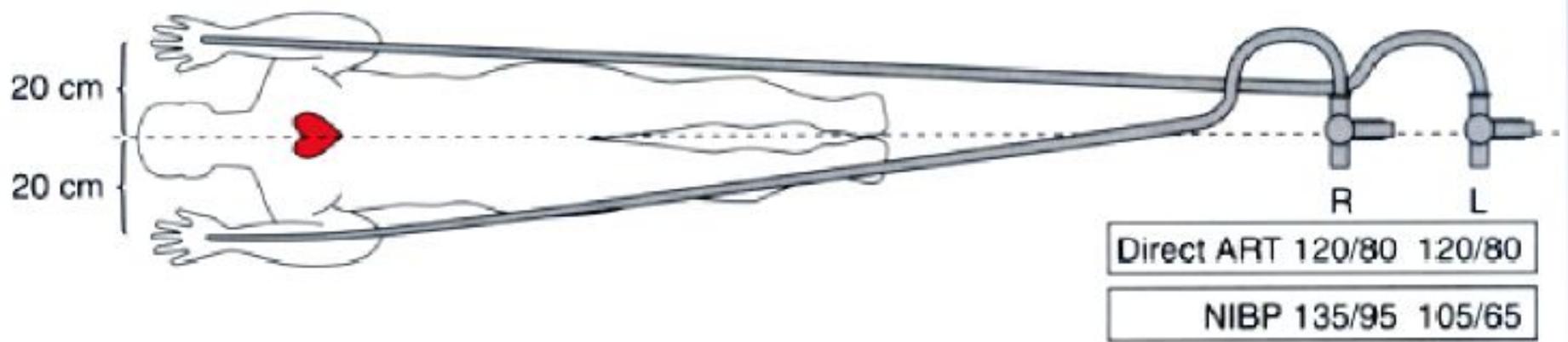
Манжеты для аускультативного измерения АД

- Ширина манжеты должна составлять 40% от обхвата конечности посередине.
- Ширина пневматической манжеты должна быть на 20 % больше диаметра руки и сама манжета должна плотно прилегать к руке после того, как остаточный воздух будет спущен
- Зауженные манжеты завышают, а широкие – занижают артериальное давление.

№	Тип манжеты	Длина камеры, мм	Ширина камеры, мм
1	Детская (новорожденных) МДН	90±5	30±2
2	Детская малая МДМ	120±10	60±5
3	Детская средняя МДС	190±10	100±10
4	Взрослая малая МПМ	250±10	120±10
5	Детская большая МДБ	220±20	130±10
6	Плечевая средняя МПС	270±20	150±10
7	Плечевая большая МПБ		
8	Бедренная МБ	450±20	170±20

Манжеты для аускультативного измерения АД







Плюсы и минусы НИАД

Плюсы и минусы

- + проще начать
- время отклика
- подбор манжеты
- смена положения манжеты (опасность мацерации тканей)
- истощение / ожирение (искажение величин АД)

Повреждение тканей



Figure 1: Skin necrosis of the arm, at the sites of application of blood pressure cuff. This picture was taken 3 weeks after surgery when wound had started to improve. a. Right arm b. Left arm

Department of Cardiothoracic Surgery, Blackpool
Victoria Hospital, Blackpool, United Kingdom

Devbhandari MP et al

J Postgrad Med 2006;52:136-138



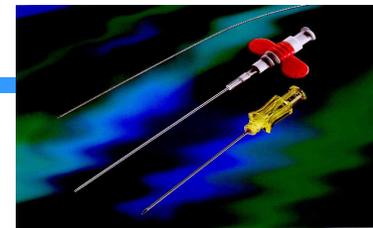
Артериальное давление: инвазивное измерение (ИВР)

Показания

- Необходимость постоянного измерения АД
- Необходимость частого длительного забора образцов артериальной крови
- Введение быстродействующих вазоактивных препаратов. К ним относится большинство вазодилататоров и инотропных препаратов для внутривенного введения, **а также препараты для индукции анестезии** и некоторые мощные антиаритмические препараты, применяемые в кардиологии

Противопоказания

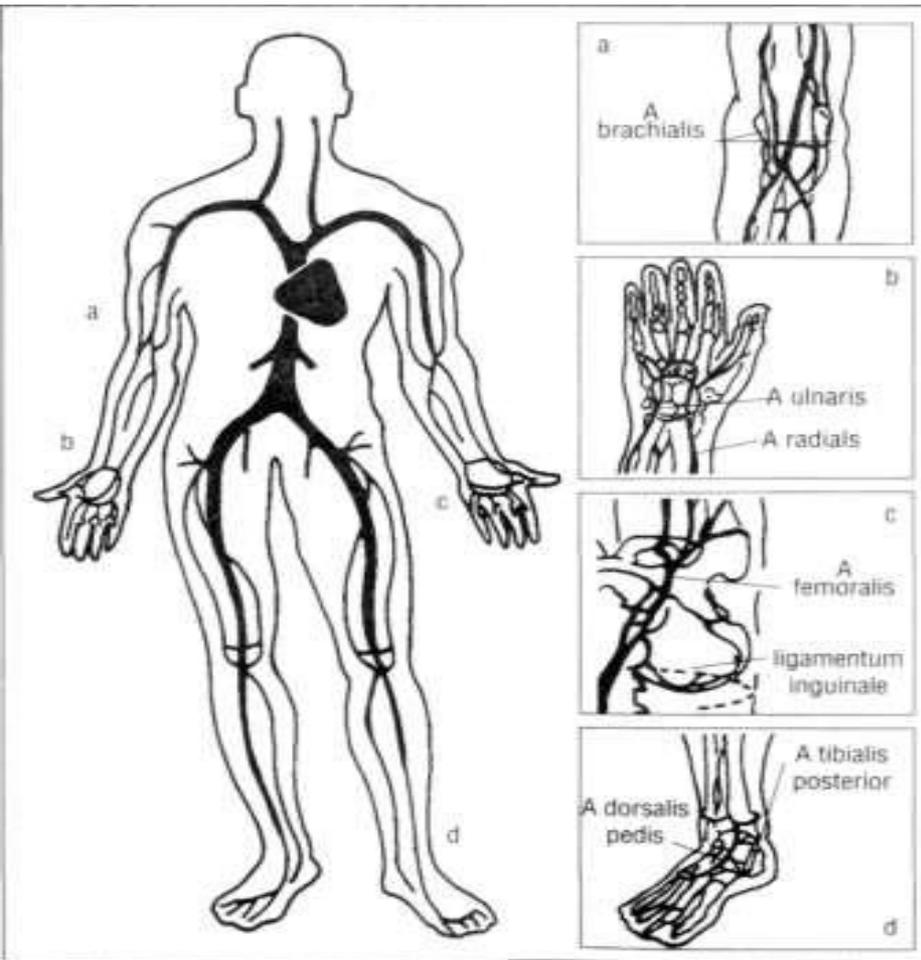
- Отрицательная проба Аллена (14 и более секунд)





Установка артериальных катетеров

Локализация



20G max





Проба Аллена

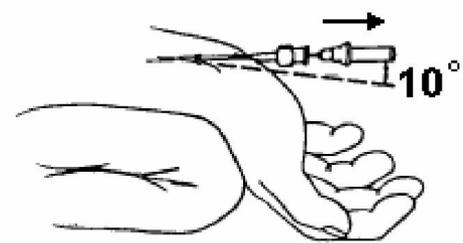
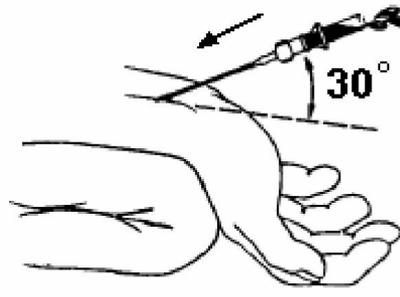


- Для выполнения берут руку пациента, пальпируют лучевую и локтевую артерии. Затем просят пациента несколько раз сжать и разжать кулак и пережимают обе этих артерии. После этого отпускают локтевую артерию и оценивают, как меняется цвет кожных покровов. В норме обычный цвет восстанавливается не позже, чем через 15 секунд. То же самое повторяют с лучевой артерией.
- Этот тест показывает состояние коллатерального кровообращения и позволяет оценить опасность канюлирования одной из этих артерий

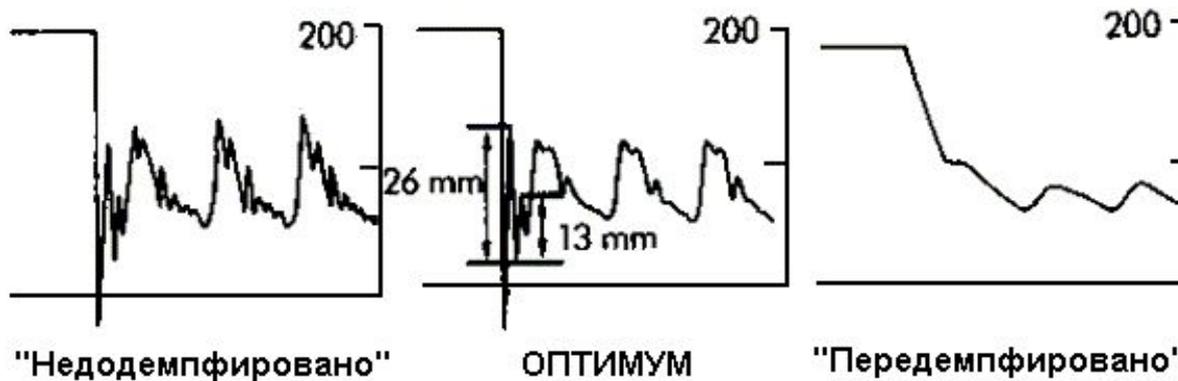


Артериальное давление: инвазивное измерение

Техника катетеризации лучевой артерии



Контроль артериальной линии



Частота входного сигнала приближается к естественной частоте системы и присущие системе осцилляции будут дополнять входной сигнал и усиливать его. При этом будет завышаться значение систолического и занижаться значение диастолического давления

Частота входного сигнала ниже естественной частоты системы и высоким демпфирующим фактором. При этом занижаются значения систолического и завышаются значения диастолического давления



Методики катетеризации артерий

- Метод прокалывания
 - Метод прямой пункции
 - Метод Сельдингера
 - Артериосекция
-



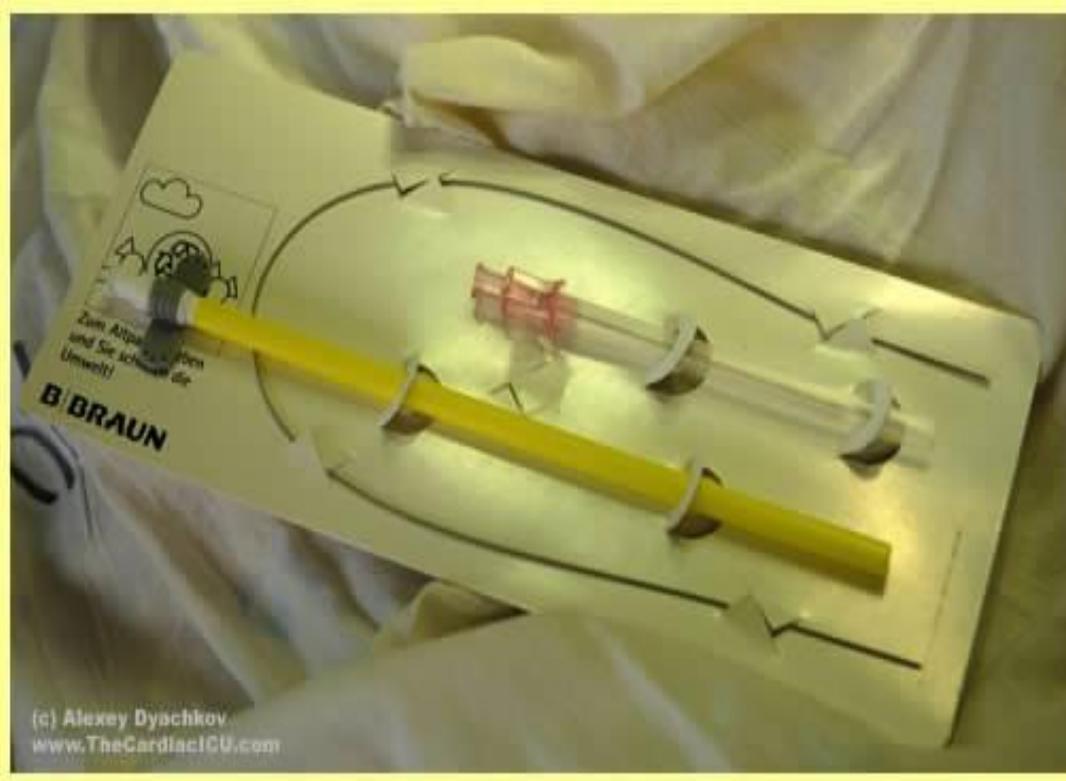
Катетеризация лучевой артерии по методике Сельдингера...



1. придать кисти положение **умеренного** разгибания в лучезапястном суставе..
2. провести обработку места пункции антисептиком
3. область пункции обкладывается стерильным бельем



Катетеризация лучевой артерии по методике Сельдингера...



Набор Arteriofix 20G,
80mm, B Braun.



Катетеризация лучевой артерии по методике Сельдингера...



1. Артерия пальпируется на протяжении 2-3 см в предполагаемом месте пункции.
2. Наиболее доступной для пункции и катетеризации лучевая артерия является, как правило, в области шиловидного отростка лучевой кости, где она наименее подвижна и может быть фиксирована на лучевой бугристости.
3. После пальпации проводится внутрикожная анестезия



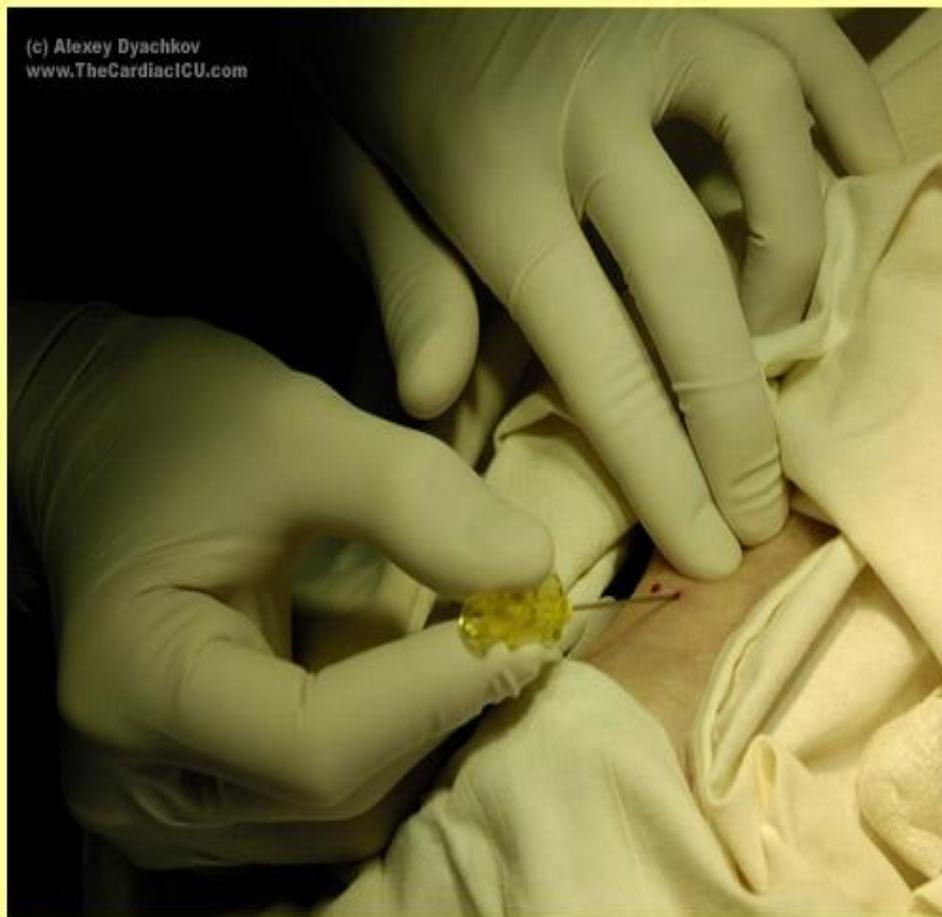
Катетеризация лучевой артерии по методике Сельдингера...



Небольшое количество лидокаина (так, чтобы не сместить артерию и не потерять пульсацию) вводится глубже, инфильтрируя параартериальную ткань артерии для профилактики ее спазма



Катетеризация лучевой артерии по методике Сельдингера...



Игла калибра 22 G вводится примерно под углом в 30 градусов и продвигается в направлении пульсации артерии отдельными толчками по 1 мм, что повышает вероятность попадания в просвет артерии после ее пункции



Катетеризация лучевой артерии по методике Сельдингера



- При попадании в артерию из павильона иглы появляется пульсирующая струйка крови.
- После появления пульсирующей струйки крови рекомендуем уменьшить наклон иглы до 5-10 градусов и продвинуть ее еще на 1 мм, игла окажется надежно в просвете артерии.



Катетеризация лучевой артерии по методике Сельдингера



После получения
убедительной пульсации
через иглу в артерию
заводится проводник



Катетеризация лучевой артерии по методике Сельдингера



- Игла удаляется. После ее удаления рекомендуем прижать место пункции пальцем
- Проводник остаётся в артерии.



Катетеризация лучевой артерии по методике Сельдингера



- По проводнику в артерию заводится артериальный лучевой катетер Arteriofix B Braun, калибра 20G.
- Проводник удаляется



Катетеризация лучевой артерии по методике Сельдингера



- К катетеру прикручивается магистраль инвазивного мониторинга артериального давления. Проверяется забор крови из катетера, одновременно аспирируются пузыри воздуха, попавшие в систему магистраль-катетер в момент присоединения. После промывания катетера на мониторе появляется характерная артериальная кривая



Катетеризация лучевой артерии по методике Сельдингера



- Магистраль и кожа обрабатываются насухо, магистраль и катетер фиксируются к коже лигатурой или пластырем



Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



- 1. Первоначально следует придать кисти необходимое положение умеренного разгибания в лучезапястном суставе. Избегайте чрезмерного разгибания, т.к. при этом артерия может перерастягиваться, что приведет к уменьшению диаметра ее просвета и ослаблению пульсации. Далее следует провести обработку места пункции антисептиком, после чего область пункции обкладывается стерильным бельем. Тест Аллена рутинно не используем.



Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



- 2. Артерия пальпируется на протяжении 2-3 см в предполагаемом месте пункции, это помогает правильно выбирать направление пункции, т.к. направление хода артерии часто варьируемо. Наиболее доступной для пункции и катетеризации лучевая артерия является, как правило, в области шиловидного отростка лучевой кости, где она наименее подвижна и может быть фиксирована на лучевой бугристости. После пальпации проводится внутривенная анестезия.



Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



- 3. Для местной анестезии оптимально использовать 2-х миллилитровый шприц и 2-х % раствор лидокаина. После внутрикожной анестезии небольшое количество лидокаина (так, чтобы не сместить артерию и не потерять пульсацию) вводится глубже, инфильтрируя параартериальную ткань артерии для профилактики ее спазма. В случаях, когда пульсация артерии пальпируется с трудом, глубокую инфильтрацию можно не проводить.



Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



- 4. В руках у оператора банальный наигольный катетер ("Pingocath"), калибра 20G, о чем явственно свидетельствует красный павильон канюли. Перед использованием следует проверить легкость соскальзывания катетера с иглы. Обратите внимание на расстояние между срезом на конце иглы и дистальным концом самого катетера. Примерно на такое расстояние нужно будет продвинуть иглу после попадания в просвет артерии перед введением катетера. Рекомендуем удалить заглушку из павильона иглы, что позволит Вам наблюдать за появлением и дальнейшим поведением пульсации крови. Это облечает контроль положения катетера в просвете артерии, Вы четко осознаете где находится в конкретный момент срез иглы.



Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



(c) Gusev Yury
www.TheCardiacU.com

- 5. После проведения местной анестезии пульсация артерии может смещаться и точка введения иглы для пункции может не совпадать с точкой вкола при проведении местной анестезии. Рекомендуем вновь пропальпировать артерию на протяжении перед окончательным выбором точки пункции. Катетер на игле вводится примерно под углом в 30 градусов и продвигается в направлении пульсации артерии отдельными толчками по 1 мм, что повышает вероятность попадания в просвет артерии после ее пункции. Если кожа толстая, рекомендуем предварительно проколоть ее иглой 20-18G, что облегчит проведение катетера в выбранном направлении и предотвратит разломачивание кончика катетера.



Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



- 6. При попадании в артерию из павильона иглы появляется пульсирующая струйка крови. Если длина системы игла катетер 20G более 5 см пульсация, как правило, выражена намного меньше, чем при пункции иглой 20G, т.к. внутренний просвет иглы наигольного катетера существенно меньше, соответственно имеется более высокое сопротивление. При слабой и невыраженной пульсации ориентируйтесь на цвет вытекающей крови, т.к. Вы могли пропунктировать вену. После появления пульсирующей струйки крови рекомендуем уменьшить наклон иглы до 5-10 градусов и продвинуть ее еще на 1 мм, игла окажется надежно в просвете артерии..



Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



- 7. После уменьшения наклона иглы система катетер на игле продвинута еще на 1 мм в направлении проекции артерии. Обратите внимание, что из павильона продолжает поступать кровь. В данном случае срез иглы и дистальный кончик катетера располагаются в просвете артерии и следующим движением катетер можно снять с иглы, продвигая его в просвет артерии. Игла при этом удерживается на месте другой рукой. При проведении катетера не должно ощущаться сопротивления.
- Если пульсация и поступление крови исчезли - 1. Вы прокололи артерию насквозь, т.е. и срез иглы и кончик катетера находятся не в просвете артерии. 2. Вы попали срезом в нижнюю стенку артерии, при этом кончик катетера все еще в просвете артерии. Ваши действия в таком случае описаны в пункте 8.



Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)

- 8. Катетер снят с иглы и проведен в артерию, из павильона продолжает поступать кровь - значит мы на месте. Удалите иглу, подключите магистраль и оцените забор крови, а также характер кривой АД на мониторе.
- Если после продвижения в артерию катетера на игле прекратилось поступление крови из павильона иглы - вероятен один из 2-х вариантов, описанных выше. В любом случае следует зафиксировать катетер на месте пальцами, а другой рукой выдвинуть иглу назад на 1-2 см.
- В случае 2-го варианта после подтягивания иглы из павильона появится поступление крови, т.к. дистальный конец катетера находится в просвете артерии. Просто продвиньте катетер дальше оценивая сопротивление. Если есть сопротивление остановитесь, удалите иглу, при отсутствии пульсации Ваши действия описаны ниже.
- В случае 1-го варианта поступление крови из павильона иглы не возобновится, т.к. кончик катетера находится не в просвете артерии. Дальнейшие действия выполняются согласно методике, которая в руководствах фигурирует под самостоятельным названием - Transfixation. Очень аккуратно подтяните сам катетер сохраняя его наклон около 5 градусов (почти параллельно коже) тракциями по 1 мм. Вероятнее всего Вы вернетесь в просвет артерии и увидите заброс крови в катетер и ее поступление из павильона. Стоп. Проводите катетер в артерию, сохраняя наклон. Как вариант можно использовать проводник, если при попытке проведения пульсация пропадает и есть сопротивление. Удалите иглу и возьмите проводник, подтяните катетер до получения пульсирующей струи крови и заведите проводник в артерию, далее как по Сельдингеру.





Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



- 9. Катетер успешно введен в артерию, если убрать палец, закрывающий павильон канюли, появится четкая пульсирующая струя артериальной крови.



Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



(c) Gusev Yury
www.TheCardiacIcu.com

- 10. К катетеру прикручивается магистраль инвазивного мониторинга артериального давления. Проверяется забор крови из катетера, одновременно аспирируются пузыри воздуха, попавшие в систему магистраль-катетер в момент присоединения. После промывания катетера на мониторе появляется характерная артериальная кривая.



Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



- 11. Инвазивная часть процедуры завершена.



Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



- 2. Поле действия обрабатывается насухо, фиксация пластырем наглухо.



Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



- 13. Мы завершаем композицию бинтованием, хотя принципиально достаточно пластырного крепления. Во время бинтования на область лучезапястного сустава накладывается валик из салфеток, который препятствует активному сгибанию руки после того как пациент пробужден и способен совершать произвольные движения, кроме того, несколько туров бинта захватывают большой палец, придавая ему положение супинации.



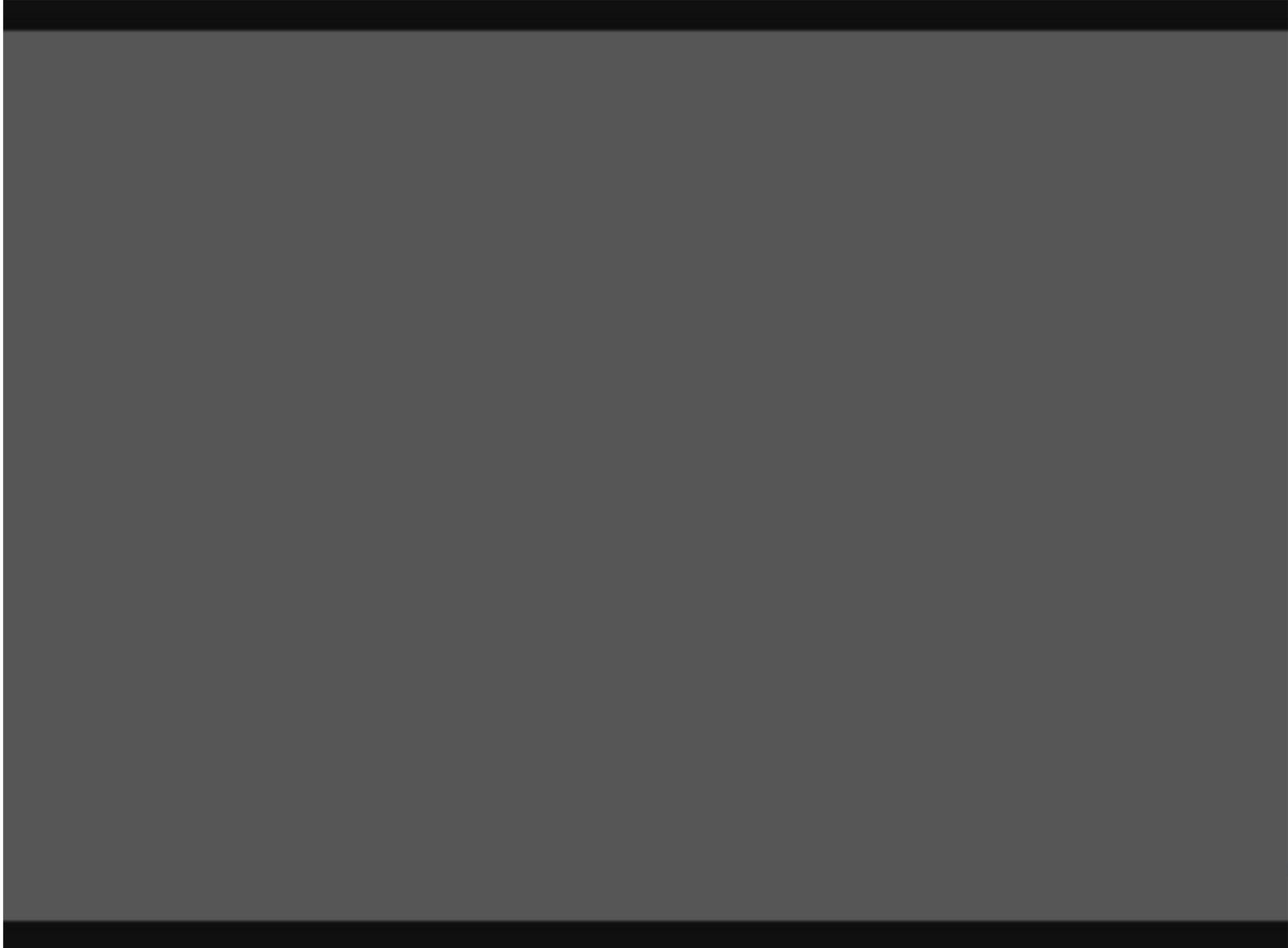
Катетеризация лучевой артерии катетером на игле (over the needle technique)



- 14. Быстро, дешево и сердито.....



Катетеризация артерии (видео)



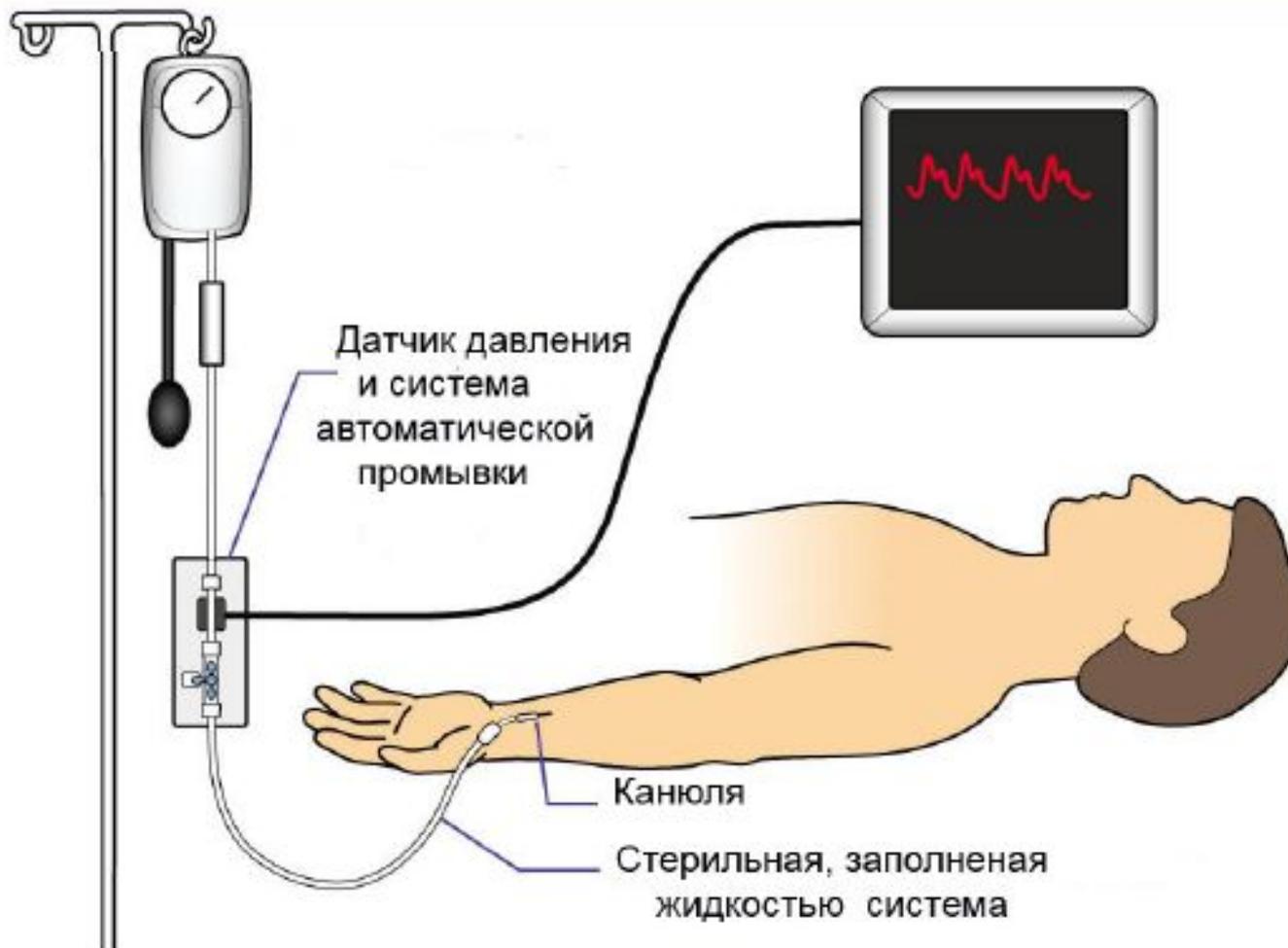


Осложнения катетеризации артерий

- Катетер должен быть удален или сменена артерия на 5-7 день, или ранее при необходимости
- Необходимо мониторировать перфузию дистальных тканей каждые 8 часов
- Некроз, требующий ампутации, встречается менее чем в 1 на 2000 случаев *Schlichtig RI, 1998*
- Тем не менее, частичная или полная окклюзия обнаруживается более чем у 25% пациентов после деканюляции *Slogoff S et al, 1983*

Артериальное давление

Инвазивное измерение АД





Кривые артериального давления

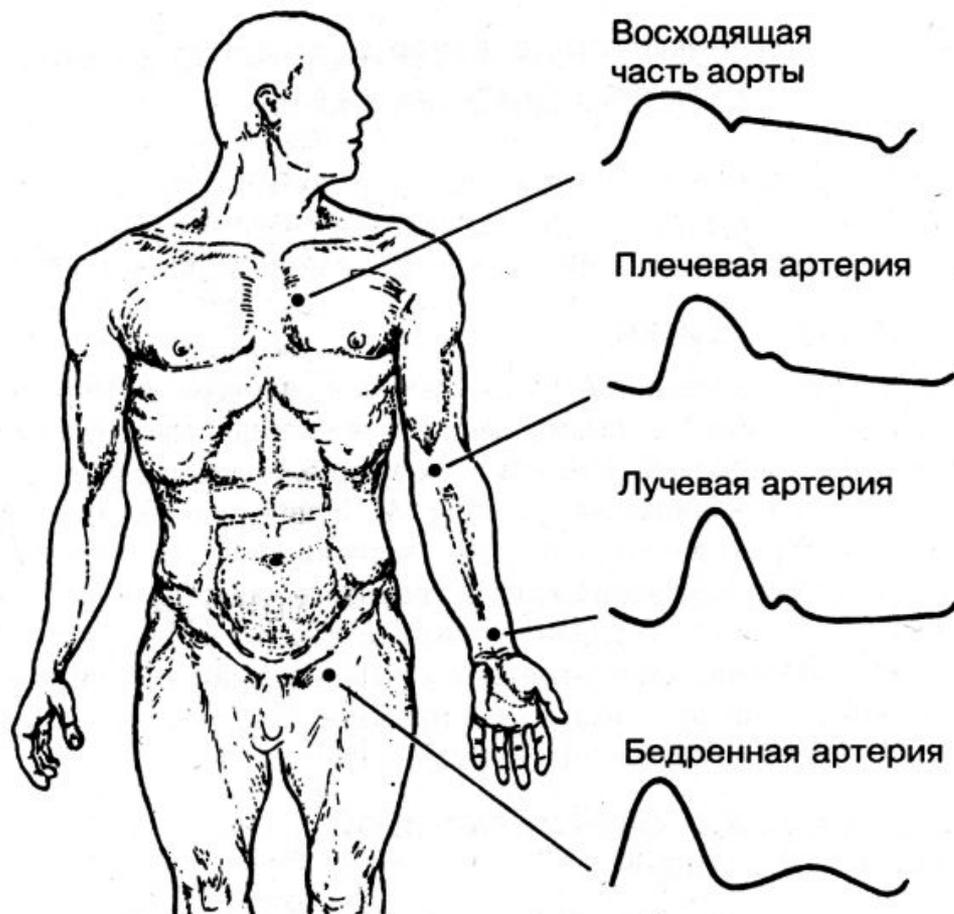


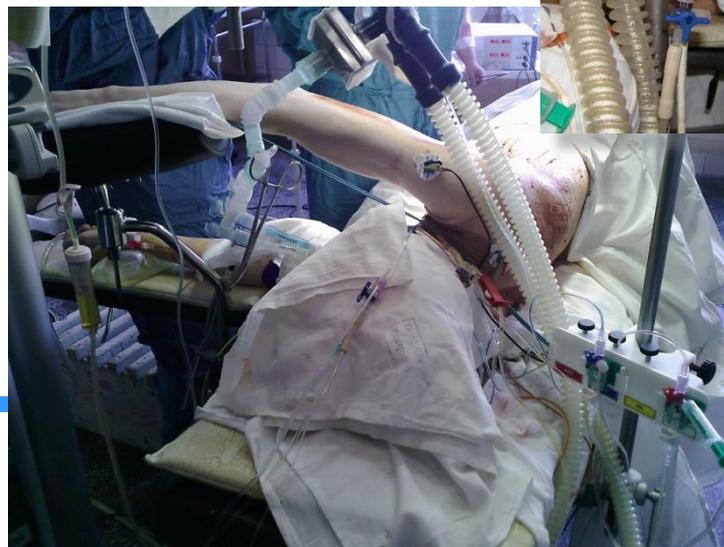
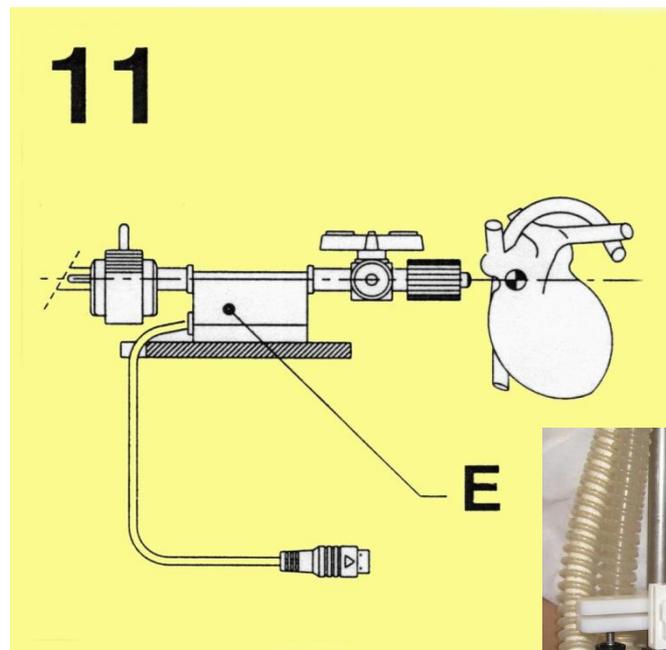
Рис. 8-1. Пульсовые волны АД в разных отделах артериальной системы.

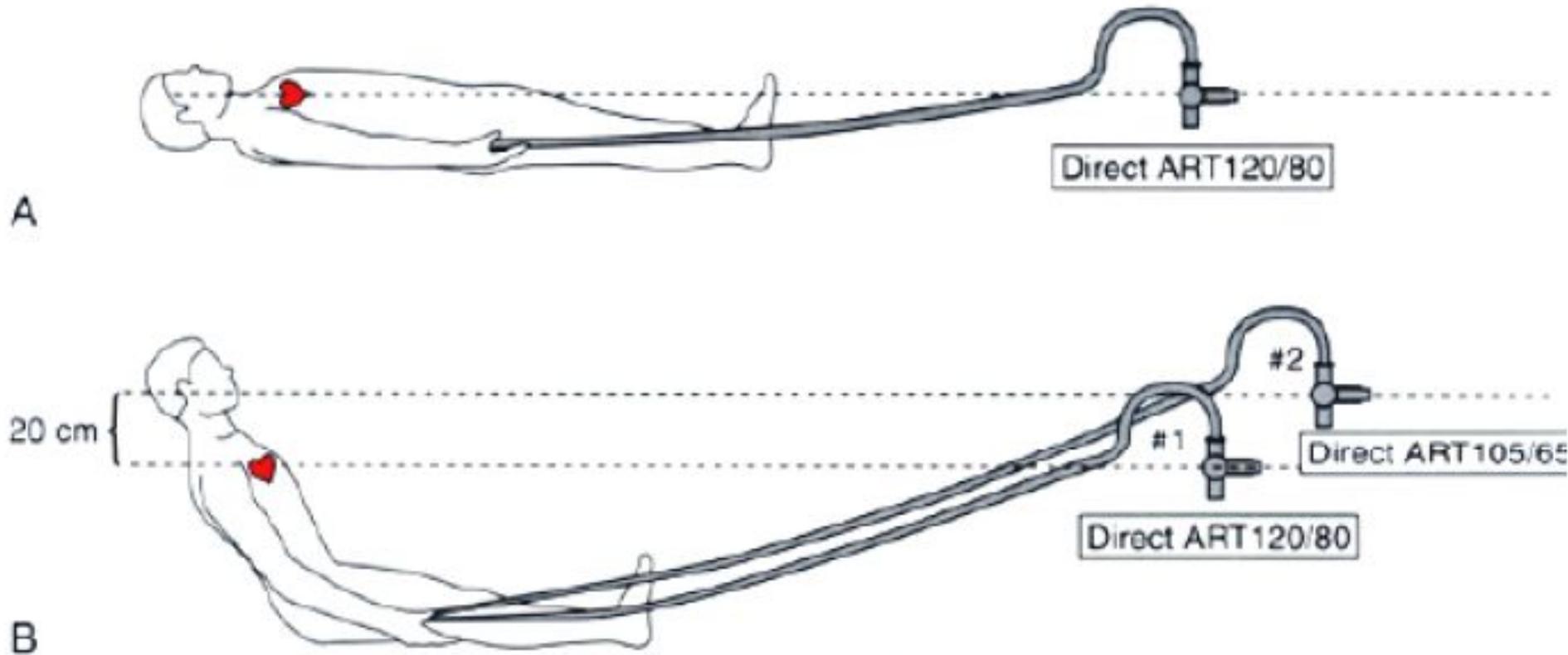


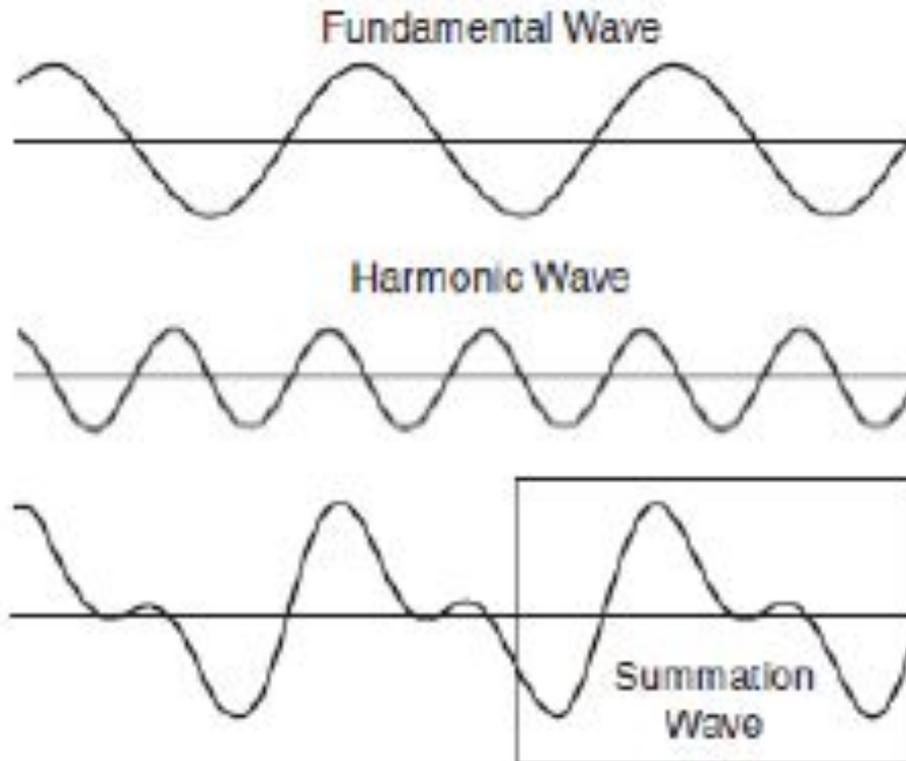


Устранение влияния гидростатического компонента давления

- Смещение порта, открывающегося в атмосферу на **1.36 см** ниже или выше уровня отсчета, приведет к завышению или занижению величины давления **на 1 мм рт. ст.**
- В клинических условиях уровень отсчета **устанавливается в месте пересечения четвертого межреберья и воображаемой срединной подмышечной линии.**
- С помощью линейки или лазерной указки проверяют положение крана для обнуления.
- Если в дальнейшем больной перемещается в другое положение, то необходимо изменить и уровень точки отсчета





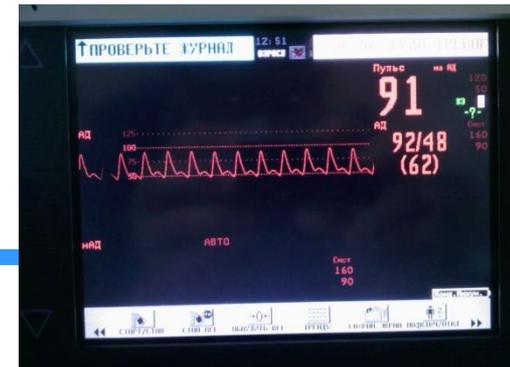
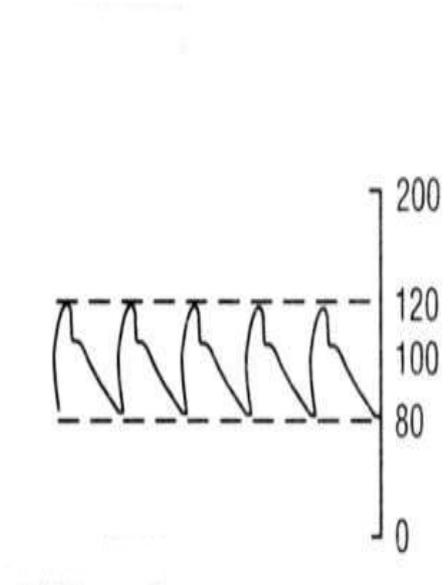
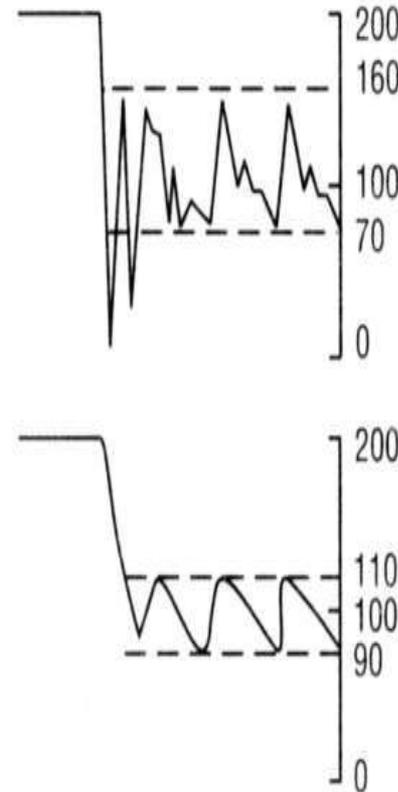


**Составляющие
артериальной кривой**



Артефакты при регистрации инвазивного давления крови

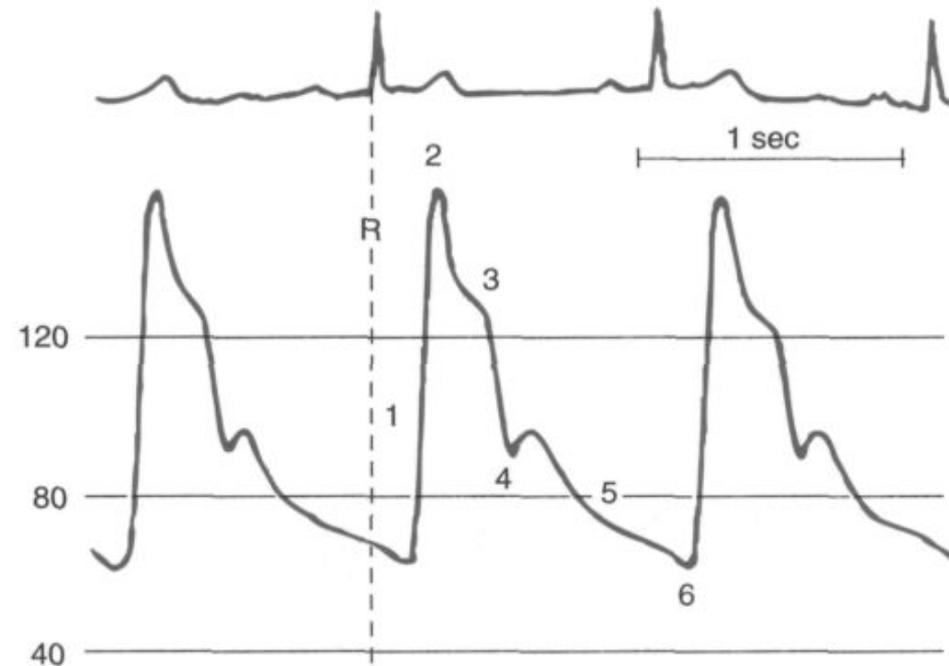
- **Малодемпфирующая система** - когда частота входного сигнала приближается к естественной частоте системы и присущие системе осцилляции будут дополнять входной сигнал и усиливать его. При этом будет завышаться значение систолического и занижаться значение диастолического давления
- **Жесткодемпфирующая система** - когда частота входного сигнала ниже естественной частоты системы и высоким демпфирующим фактором. При этом занижаются значения систолического и завышаются значения диастолического давления
- **Среднее давление определяется достаточно точно**





Кривая инвазивного АД

- Волна системного артериального давления является следствием выброса крови из левого желудочка в аорту в период систолы и следующего за этим периферического артериального распределения этого ударного объема в период диастолы.
- Систолические компоненты соответствуют R – волне на ЭКГ и состоят из крутого подъема вверх, пика и снижения давления и соответствуют периоду систолического выброса из левого желудочка.
- Склон волны артериального давления прерывается дикротической выемкой, затем продолжается ее снижение в период диастолы, что соответствует волне Т на ЭКГ, и достигает самого низкого уровня в конце диастолы.



- 1 – систолический подъем**
- 2 – систолический пик давления**
- 3 – систолический спуск**
- 4 – дикротическая выемка**
- 5 – диастолическое распределение**
- 6 – конечно – диастолическое давление**



Конфигурация пульсовой волны предоставляет ценную информацию о гемодинамике

- Крутизна подъема восходящего колена пульсовой волны характеризует **сократимость миокарда**.
- Крутизна спуска нисходящего колена пульсовой волны определяется общим **периферическим сосудистым сопротивлением**
- значительная вариабельность размеров пульсовой волны в зависимости от фазы дыхания указывает на гиповолемию
- Следует помнить, что пульсовая волна в периферических артериях проходит с задержкой по отношению к ЭКГ, а в небольших артериях систолическое давление повышается, а диастолическое снижается

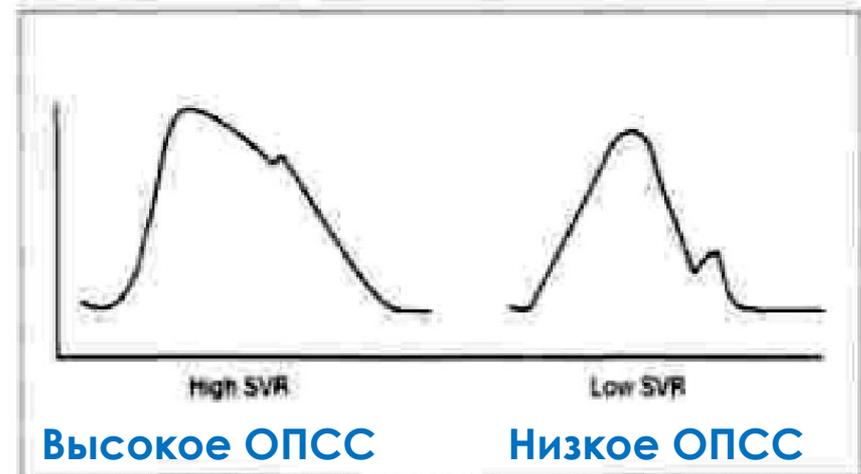


Fig 3.10a The effects of vascular resistance on the waveform

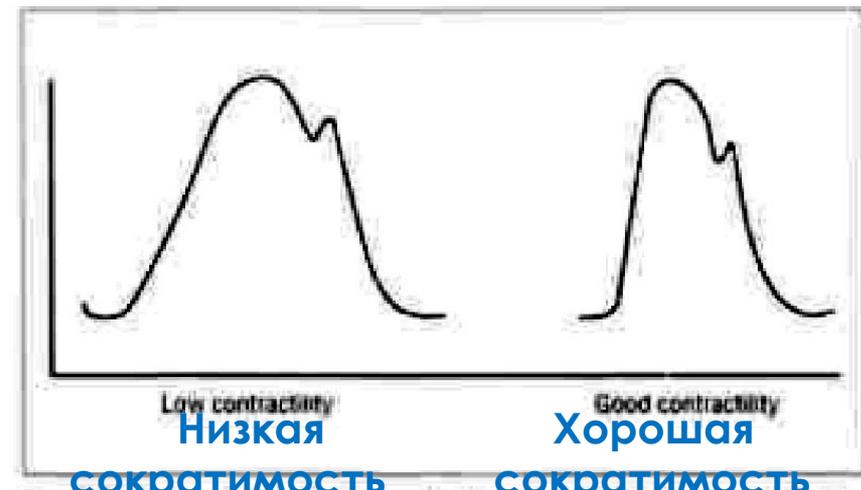


Fig 3.10b The effects of myocardial contractility on the waveform

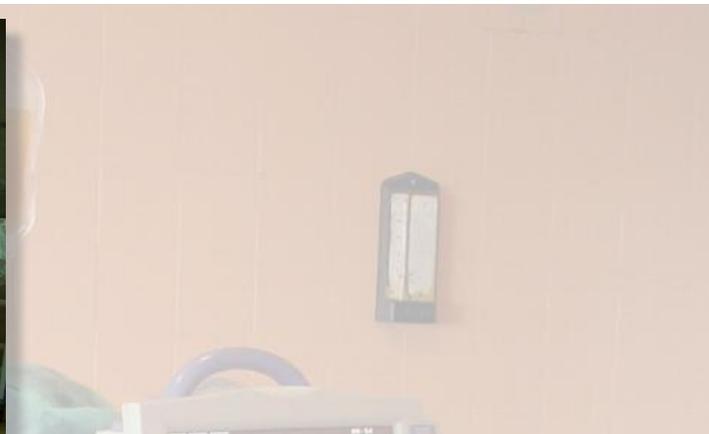


Инвазивное или неинвазивное АД?





Инвазивное или неинвазивное АД?



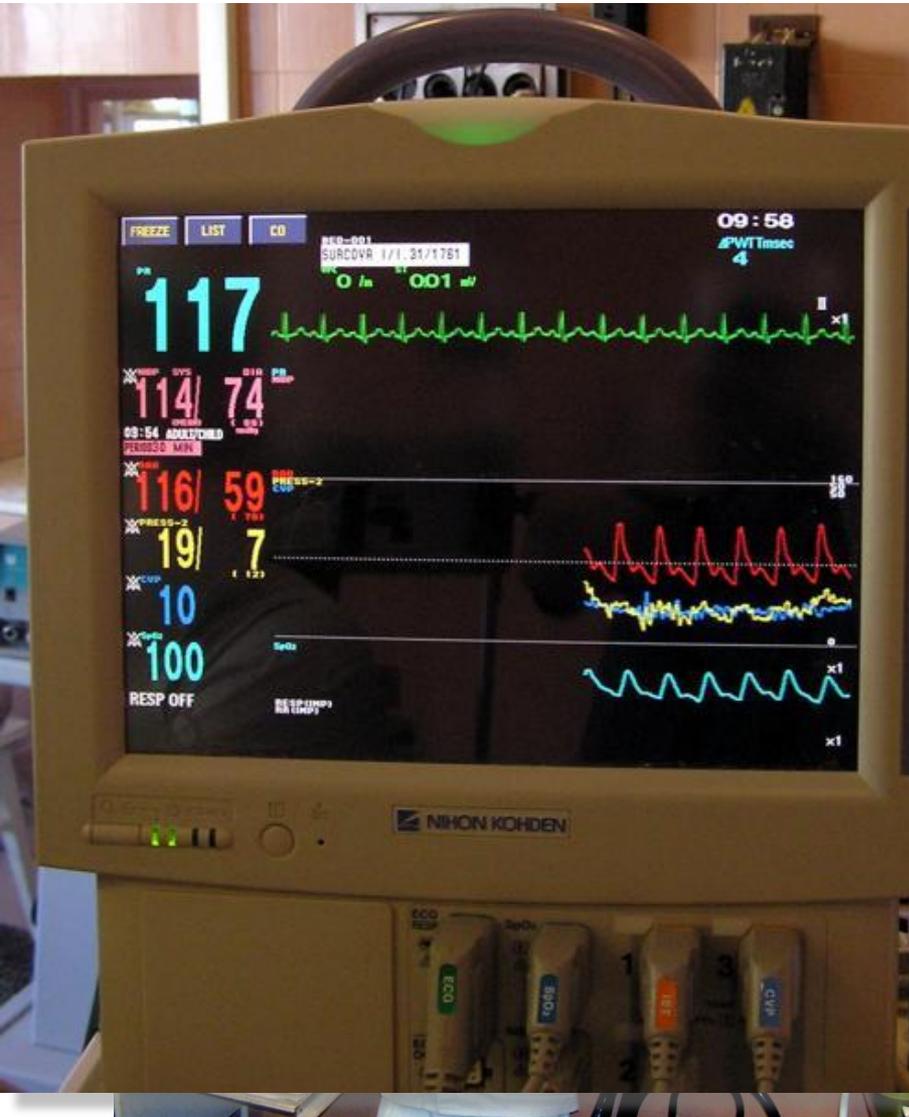


Инвазивное или неинвазивное АД?





Инвазивное или неинвазивное АД?





Инвазивное или неинвазивное АД?



Figure 1: Skin necrosis of the arm, at the sites of application of blood pressure cuff. This picture was taken 3 weeks after surgery when wound had started to improve. a. Right arm b. Left arm





SIEMENS SC 9000XL

STV+ -Ableitung ungütig

Ernst. Alarm für OZ2-AR6



- Alarm Stop
- Registr.
- Alarmgrenzen
- Bildkopie
- Alle Alarme Aus
- NBP Start Stop
- Notfall
- Zoom
- Info ?
- Mark
- Bild anhalten

Hauptbild Menü

Batterieladegerät



Измерение центрального венозного давления



«Физиологический нуль» гидростатического давления

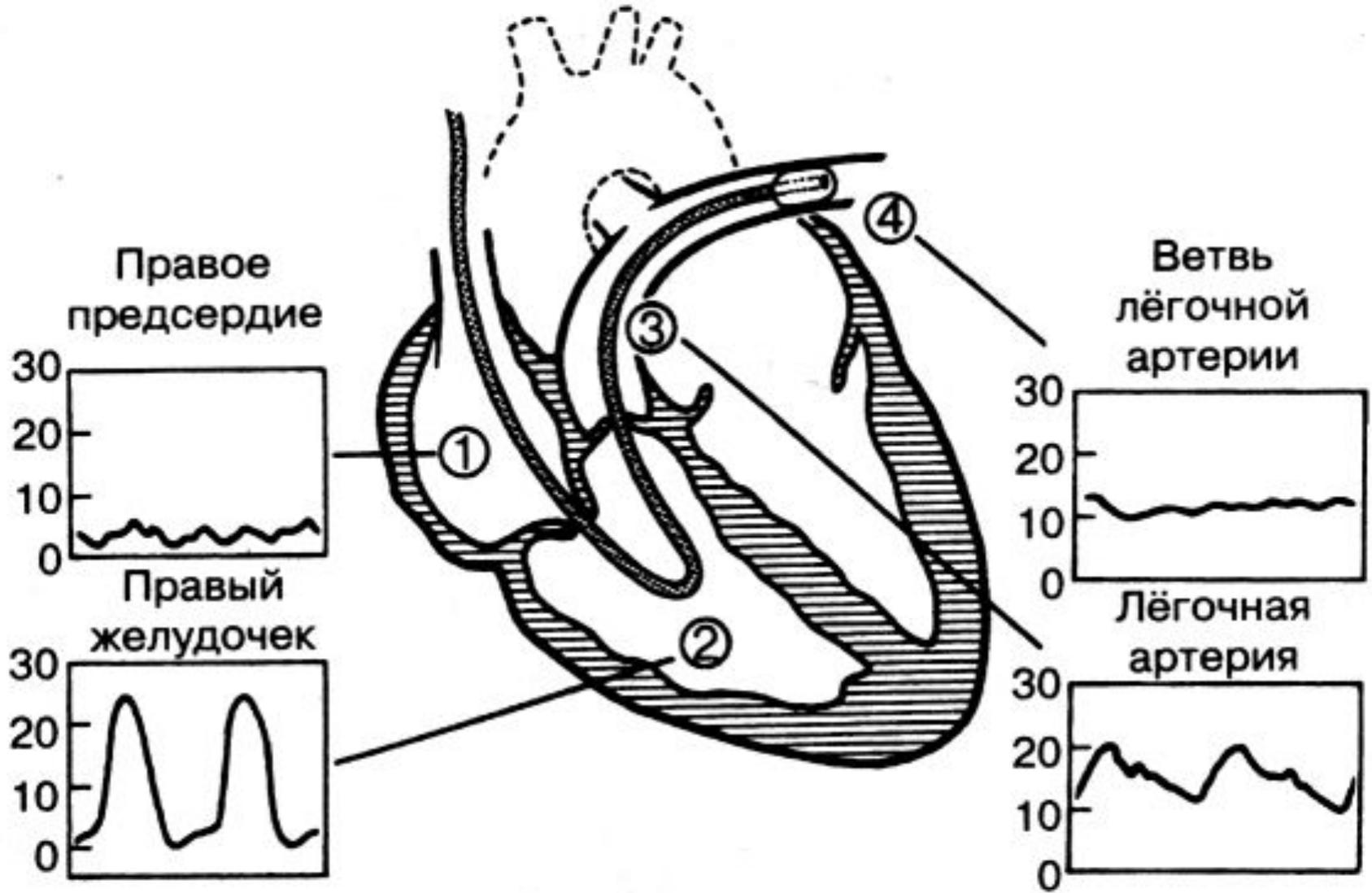
- В 1960 году А. Гайтоном был определен "физиологический нуль гидростатического давления" — уровень правого предсердия, а точнее, атрио-вентрикулярный клапан, через который кровь из правого предсердия попадает в правый желудочек.
 - Значение "физиологического нуля" высоко: изменение давления в правом предсердии всего на 1 мм рт.ст. меняет величину венозного притока крови (МОК) на 14%; другими словами, если уровень отсчета будет всего лишь на 1,36 см выше или ниже "физиологического нуля", то ошибка в определении ЦВД составит 14%.
 - Нулевое давление шкалы флеботонометра устанавливается на уровне нижнего края большой грудной мышцы у подмышечной впадины, который соответствует «физиологическому нулю»
-

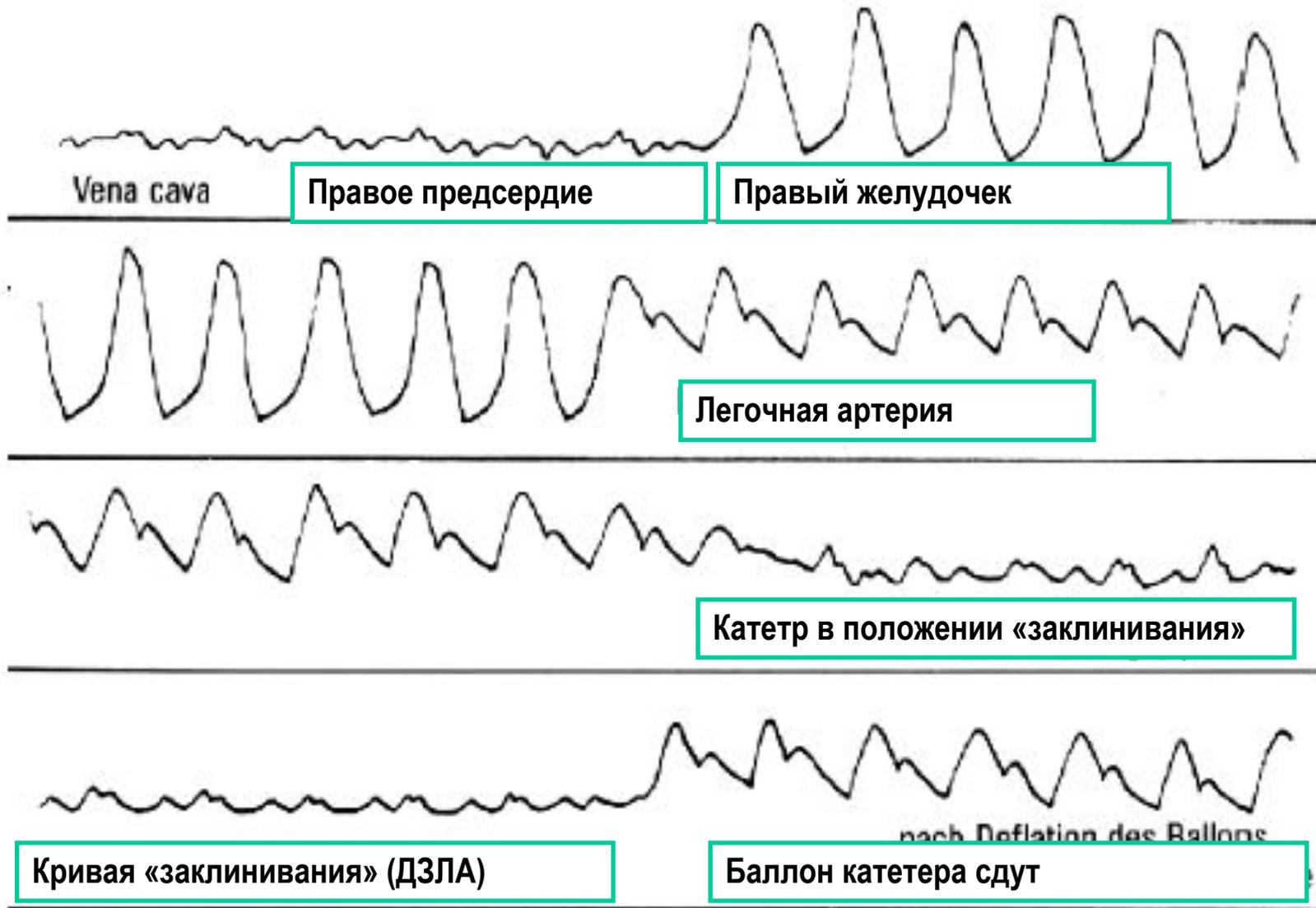


...Измерение ЦВД...

- Обычно для измерения ЦВД используют венозные катетеры, установленные во **внутреннюю яремную** или **подключичную** вену.
- В практическом отношении для динамического наблюдения важно проводить измерения ЦВД относительно одной и той же точки на грудной клетке. Измерение ЦВД считается достоверным, когда катетер расположен в одной из полых вен в пределах грудной клетки и когда водяной столб, отражающий венозное давление, колеблется в связи с дыхательными циклами.
- Для измерения ЦВД пригоден катетер, введенный в верхнюю полую вену **через периферическую вену**. При этом ЦВД, измеренное таким методом, всего на $1 \pm 3,2$ мм рт. ст. выше измеренного через центрально введенный катетер. *

* *I.H. Black et al., Crit. Care Med., V. 28, 2000*





Соответствие центрального венозного катетера целям проводимой терапии

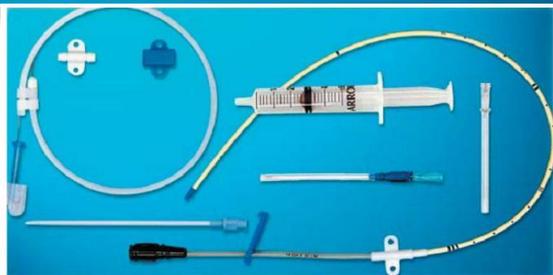
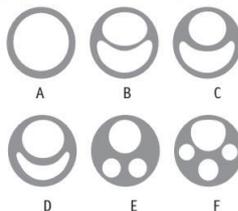


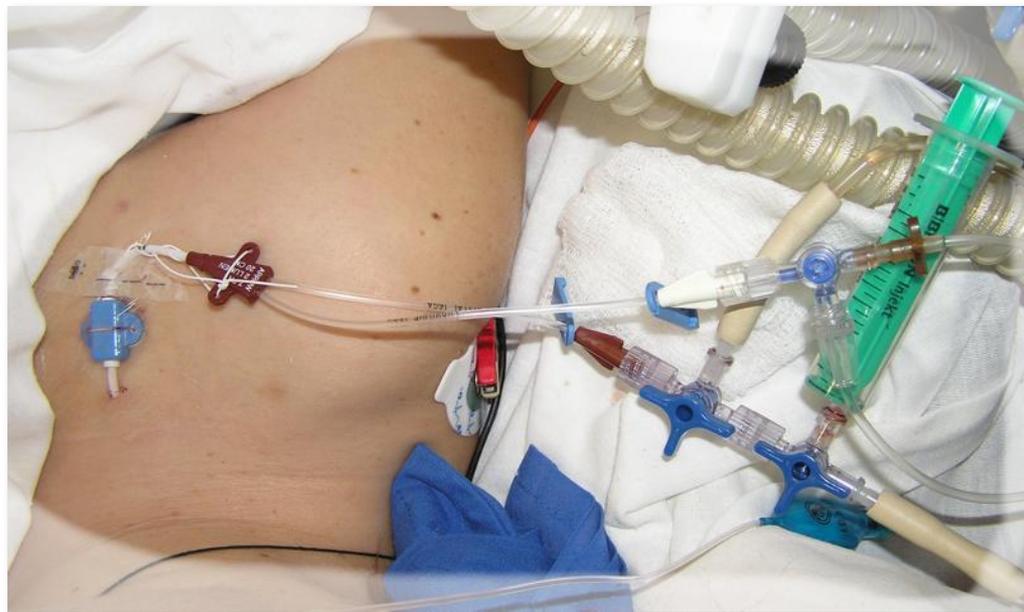
Диаграмма сечения катетеров серии CS



Диаграмма сечения катетеров серии CV



A B C
D E F



Измерение минутного объема
кровообращения
(сердечного выброса)



Величина сердечного индекса

СИ, л/мин×м²



- Эукинезия при прочих равных условиях обеспечивает адекватное кровообращение
- Гиподинамия требует включения дополнительных механизмов компенсации
- Устойчиво низкий МОК предопределяет плохой исход после больших операций
- Гипердинамия чаще является компенсаторной реакцией

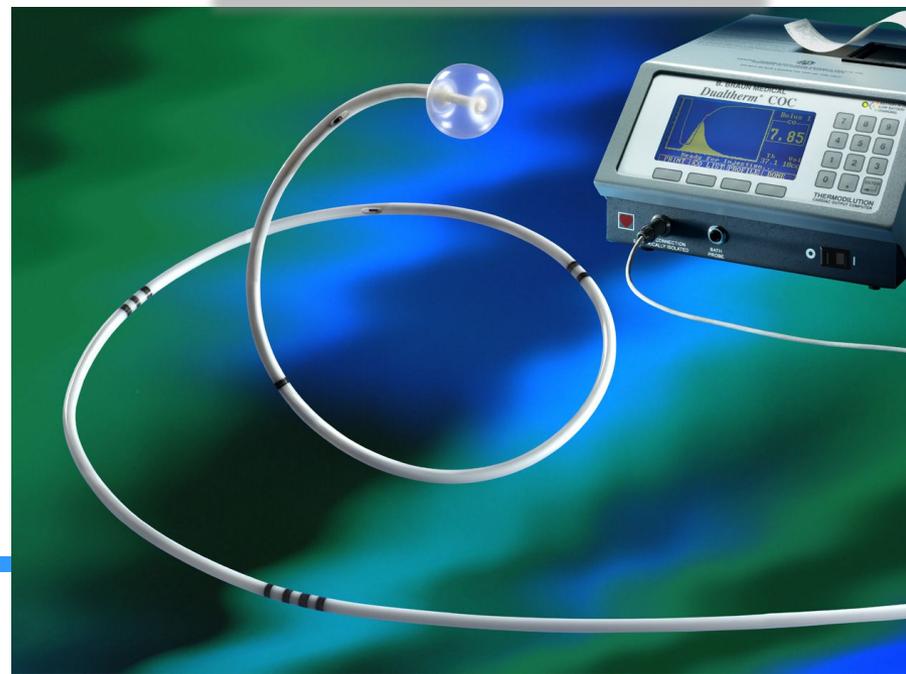
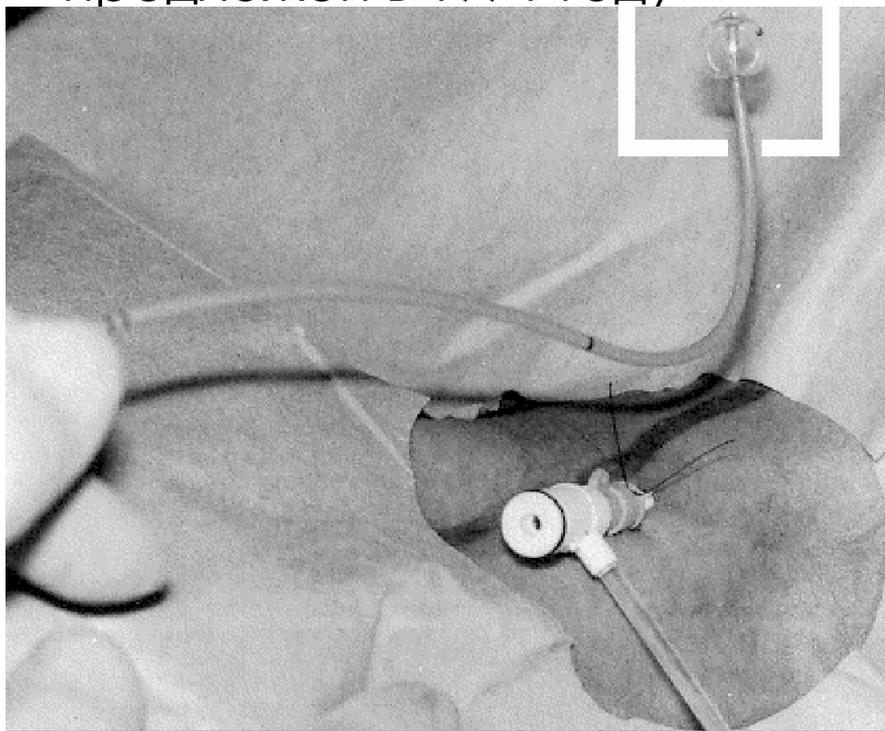


Принципы измерения МОК

- Принцип Фика
 - Метод разведения красителя
 - Термодиллюция (дискретная и постоянная)
 - Импедансометрия
 - Возвратное дыхание CO₂
 - Чрезпищеводная доплерография
 - Анализ контура пульсовой волны
 - Расчетные методы
-

Термодилуция

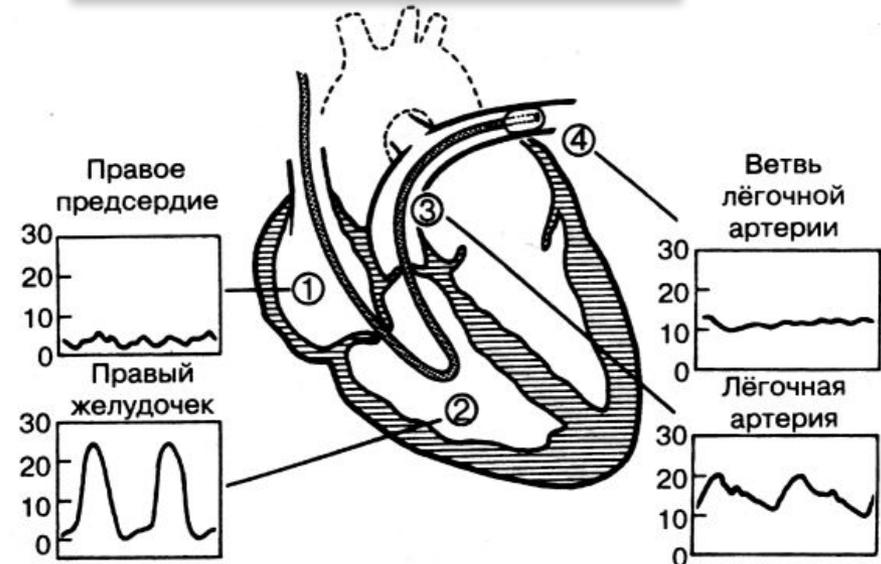
- Плавающий катетер легочной артерии Swan-Ganz предложен в 1971 году





Термодилуция

- Плавающий катетер легочной артерии Swan-Ganz предложен в 1971 году
- Позволяет оценить:
 - МОК (cardiac output, CO)
 - ДЗЛА = КДДДЖ (Pw, PAOP)
 - ЦВД = КДДПЖ
 - SvO₂





Возможности катетера Swan-Ganz

Измеряемые показатели

- Центральное венозное давление
- Давление в легочной артерии
- Давление заклинивания легочных капилляров
- Минутный объем кровообращения (сердечный выброс)

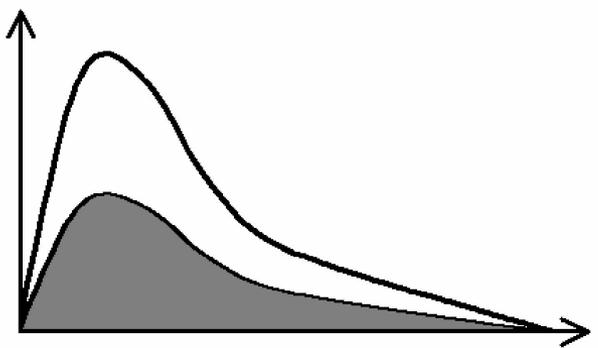
Расчетные показатели

- Сердечный индекс
- Ударный объем сердца / ударный индекс
- Общее сосудистое сопротивление
- Легочное сосудистое сопротивление
- Фракция шунта
- Общее потребление кислорода

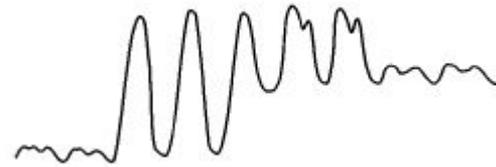




Возможности катетера Swan-Ganz



Термодиллюционная кривая
Минутный объем кровообращения



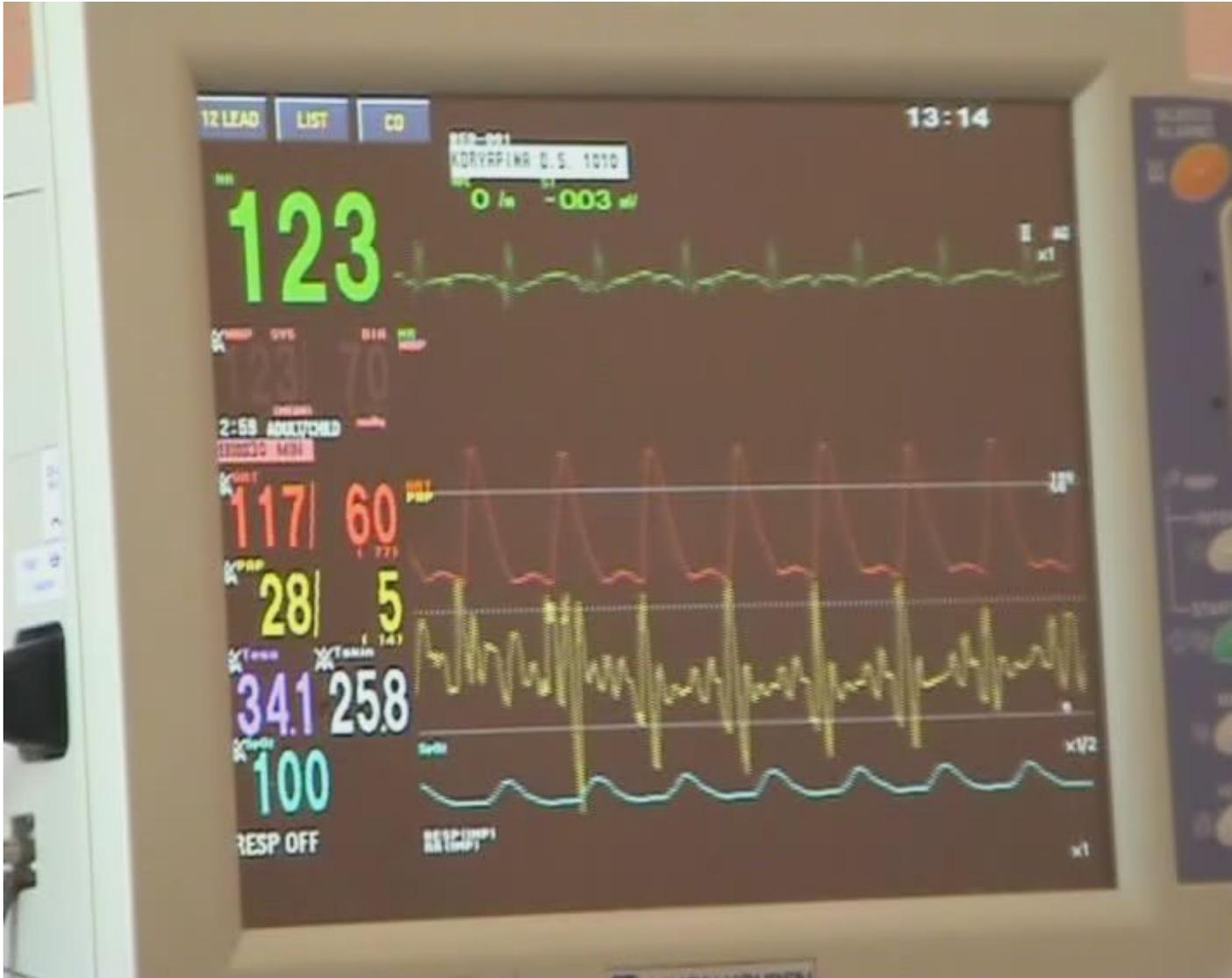
Заклинивание легочной артерии
ДЗЛА

- Принцип термодиллюции - «золотой стандарт» мониторинга центральной гемодинамики
- Погрешность $\pm 8-10\%$
- Основные источники ошибок - внутрисердечные шунты и недостаточность трехстворчатого клапана

ID	LIST	ARRHYTH RECALL	HEMO LIST	FULL DISC	ST	ALARM HISTORY	HR	CO	CI	ART	PAP	PCWP	CVP	SV SVI	LSW LSWI	SVR SVRI	PVR PVRI	RSW RSWI	
9/15	68	969	4,49	113/ 57	26/ 6	14	6	140	120	585	32	230							
11:41			(77)	(18)	11:41			65	56	1262	71	106							
9/15	70	919	4,26	127/ 69	25/ 5	12	8	131	142	731	17	107							
12:06			(92)	(14)	12:06			60	66	1575	37	49							
9/15	77	520	2,41	124/ 73	24/ 5	10	3	67	73	1338	61	101							
13:56			(90)	(14)	13:56			31	34	2884	132	46							
9/15	80	651	3,02	108/ 61	24/ 2	10	5	81	82	981	12	66							
14:54			(85)	(11)	14:54			37	38	2116	26	30							
9/15	74	710	3,29	107/ 59	23/ 3	10	3	95	87	844	11	103							
16:03			(78)	(11)	16:03			44	40	1819	24	47							
9/15	68	829	3,84	114/ 64	25/ 5	9	5	121	112	694	28	115							
16:55			(77)	(12)	16:55			56	52	1497	62	53							
9/15	95	619	2,87	128/ 68	39/ 9	20	11	64	97	1550	103	150							
18:05			(131)	(28)	18:05			30	45	3342	222	69							
9/15	67	958	4,44	230/214	7/ 6	20	11	141	136	667	-25	115							
18:35			(91)	(17)	18:35			65	63	1439	-53	53							



Измерение сердечного выброса





Импедансометрия: методика

- Измерение биоэлектрического сопротивления тканей
- Рассчитывается по 0,5% изменениям электрического сопротивления грудной клетки в зависимости от фазы сердечного цикла
- Точен у здоровых...
- Изменения минутного объема кровообращения отражают изменения общего биоимпеданса или общей проводимости жидкостей





Импедансометрия: плюсы и минусы

- трансторакальный биоимпеданс полезен для анализа **тенденции** изменений, но недостаточно точен для диагностической интерпретации, особенно у кардиологических пациентов *
- ошибка метода увеличивается при наличии значительной перегрузки жидкостью, например, отек легких, плевральные выпоты, массивные периферические отеки **
- вариантом является определение биоимпеданса всего тела, но авторами была обнаружена неприемлемо низкая его точность у хирургических пациентов высокого риска ***

* *Raaijmakers E. et al., Crit. Care Med., 1999;* ** *Shoemaker W.C. et al., Chest, 1998;* *** *Imhoff M. et al., Crit. Care Med., 2000*



Возвратное дыхание CO₂: методика

$$Q = \frac{VCO_2}{CaCO_2 - C\bar{v}CO_2}$$

Q - сердечный выброс

VCO₂ - элиминация CO₂

CvCO₂ и CaCO₂ - содержание CO₂ в смешанной венозной и артериальной крови, соответственно.

Технические проблемы применения способа:

- Небольшие ошибки измерений сильно искажают рассчитанный МОК
- PaCO₂ должно быть > 30 торр
- Не учитывается шунтированная кровь
- Изменения параметров вентиляции, влияющие на мертвое пространство или вентиляционно-перфузионные отношения

Коммерчески
е устройства:

- NICO Sensor,
Novametrix
Medical
Systems





Возвратное дыхание CO_2 : плюсы и минусы

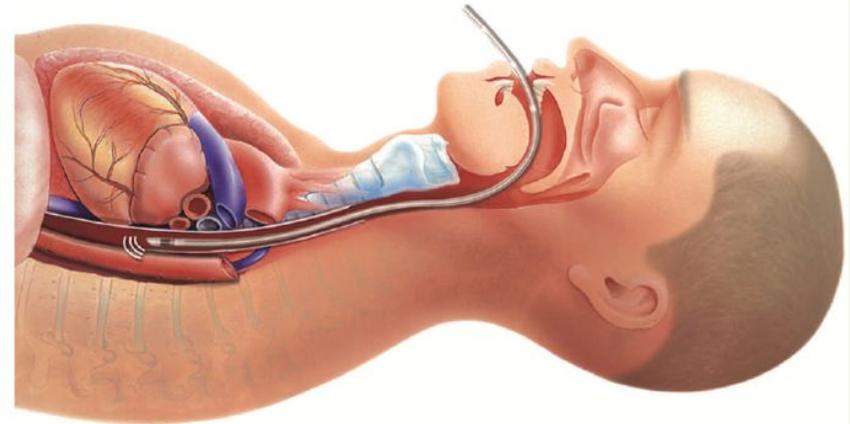
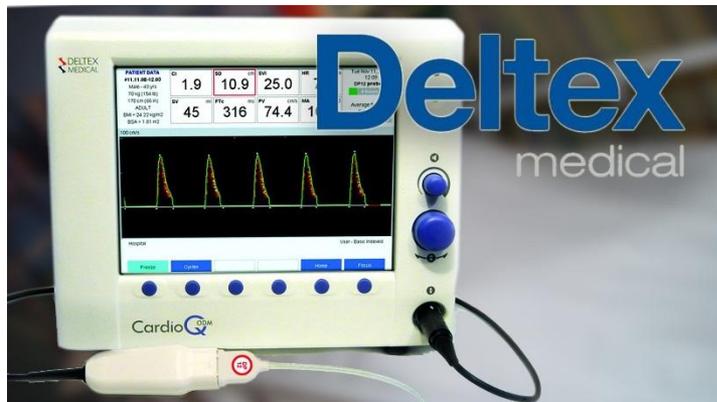
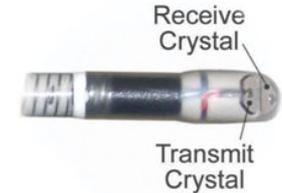
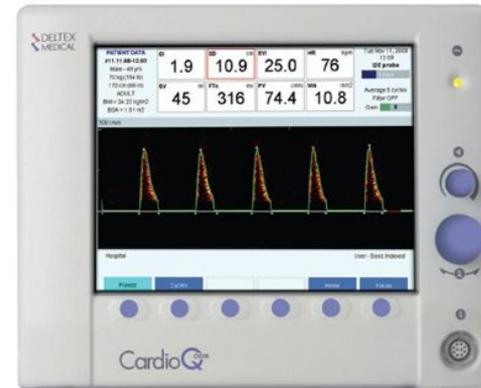
- Отклонение от термодилуционных величин сердечного выброса составляет от **-1,75 до 0,69 л/мин**
- Точность измерения составляет от **$\pm 0,34$ до $\pm 2,28$ л/мин**
- Метод частичного обратного дыхания лучше всего подходит для оценки изменений гемодинамики у пациентов со стабильной функцией легких



Чрезпищеводная доплеровография: МЕТОДИКА

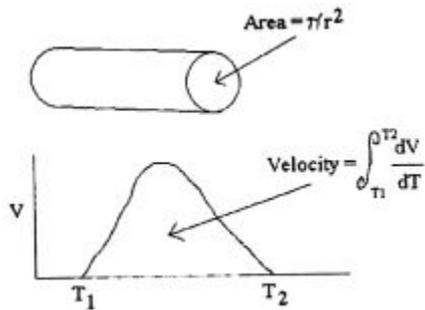
Коммерческие устройства:

- CardioQ, Deltex Medical
- Oesophageal Doppler Monitor II, Abbot Laboratories
- Dynemo 3000, Sometec
- Hemosonic 100, Arrow International





Чрезпищеводная доплерография: МЕТОДИКА

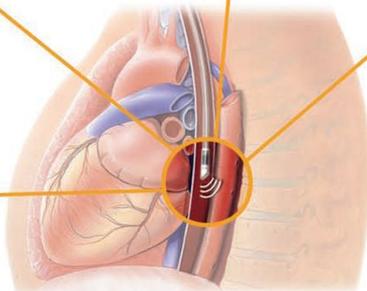
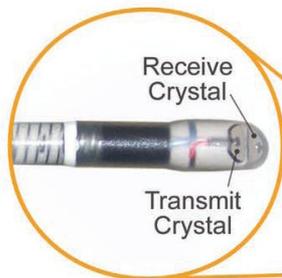
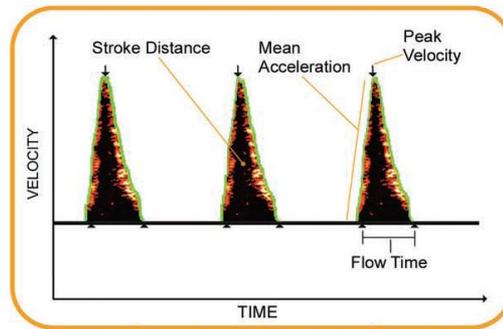


$$\text{Area} = \pi r^2$$

$$\text{Stroke distance} = \int_{t_1}^{t_2} \frac{dV}{dT}$$

Движение крови в аорте пульсирующее и ее скорость изменяется во времени.

Кровоток нисходящей аорты отражает **ТОЛЬКО ЧАСТЬ** сердечного выброса



Доступы:

- ✓ Супрастернальный
- ✓ Чрезжелудочный
- ✓ Чрезпищеводный



Чрезпищеводная доплерография: плюсы и минусы

- Применение чрезпищеводного доплера достаточно точно (расхождение с «золотым стандартом» до 0,9 л/мин) и удобно для широкого спектра пациентов и имеет немного противопоказаний (возбуждение, перфорация/злокачественный процесс пищевода, тяжелый геморрагический диатез, расслоение аорты). * **
- Однако это оператор-зависимая методика и стоимость оборудования ограничивает непрерывное рутинное использование ***

* Chaney J.C., Derdak S., *Crit. Care Med.*, 2002; ** Brown J.M., *Crit. Care Med.*, 2002; *** 15. Allsager C.M., Swanevelder J., *Br. J.*



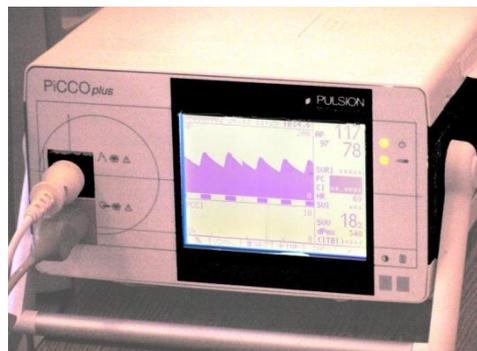
Анализ контура пульсовой волны: методика



Коммерческие устройства:

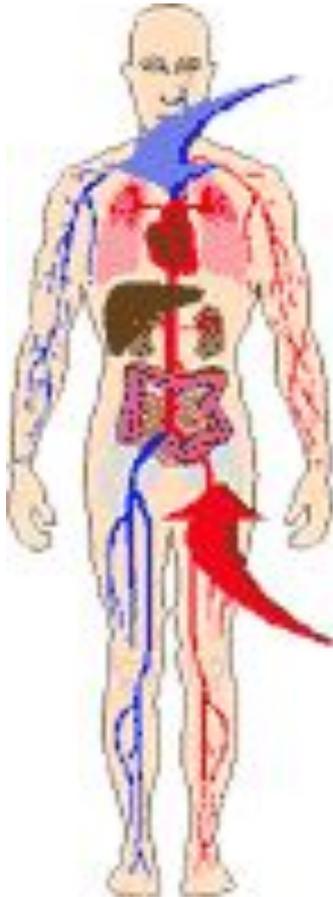
- PiCCO, Pulsion Medical UK Ltd

- Разработан в 1983 Wesseling и др.
- Основан на концепции, что контур артериальной пульсовой волны пропорционален УОС
- Необходим артериальный катетер и центральный венозный доступ для калибровки





Анализ контура пульсовой волны: измеряемые показатели



- Сердечный индекс - **СИ**
- Вариабельность УО - **SVV**
- Индекс конечно-диастолического объёма сердца - **ИКДОС**
- Глобальная фракция изгнания сердца - **ГФИС**
- Индекс внесосудистой воды лёгких - **ИБВЛ**



Author	Year	N	Patients	<i>r</i>	Bias (L/min)	Precision (L/min)	Mean CO (L/min)
Friedman [31]	2002	17	Hypovolemic shock in pigs	0.95	0	0.8	2.3
Mc Luckie [33]	1996	9	Pediatric ICU		0.19	0.42	
Goedje [32]	1998	30	Cardiac surgery	0.96	0.16	0.62	7
Goedje [26]	1998	30	Cardiac surgery	0.96	0.26	1.4	
Zöllner [34]	1998	18	ARDS (retrospective)	0.91	0.03	2.08	
Goedje [23]	1999	36	Cardiac surgery	0.93	-0.3	1.3	7
Buhre [25]	1999	12	Cardiac surgery	0.94	-0.1	0.9	5.4
Sakka [29]	1999	37	Septic shock	0.97	0.7	1.2	7
Goedje [24]	2000	40	OHT	0.98	0.35	0.4	7
Bindels [27]	2000	45	MICU	0.95	0.5	0.9	4
Sakka [35]	2000	12	Sepsis	0.98	0.73	0.78	
Zollner [36]	2000	19	CABG	0.96	0.21	1.46	
Holm [28]	2001	23	Burn	0.97	0.3	0.6	3.9
Della Rocca [30]	2002	62	OLT	0.93	0.2	1.7	7.7
Mean		27.86		0.95	0.23	1.04	5.70
Standard deviation		15.04		0.02	0.28	0.50	1.89



Анализ контура пульсовой волны: плюсы и минусы

- Анализ контура пульсовой волны чувствителен к назначению вазоконстрикторов
- Метод достаточно точен (в сравнении с термодилюцией, отклонение величин сердечного выброса составляет от 0,003 до 0,31 л/мин, а точность измерения – от $\pm 1,04$ до $\pm 1,25$ л/мин)
- Основное клиническое ограничение – необходимость установки проксимального артериального катетера.



Анализ контура пульсовой волны: МЕТОДИКА



- Основан на концепции, что контур артериальной пульсовой волны пропорционален УОС
- Коррекция (фиксированная) эластичности сосудов по возрасту и массе тела пациента
- Необходим артериальный катетер и специальный сенсор FloTrac™

Коммерческие устройства:

- Vigileo, Edwards

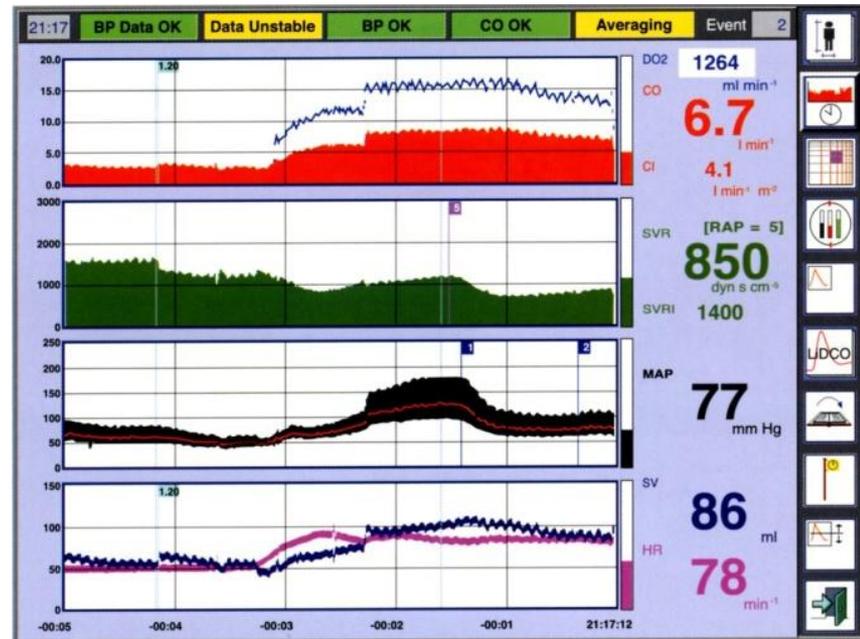
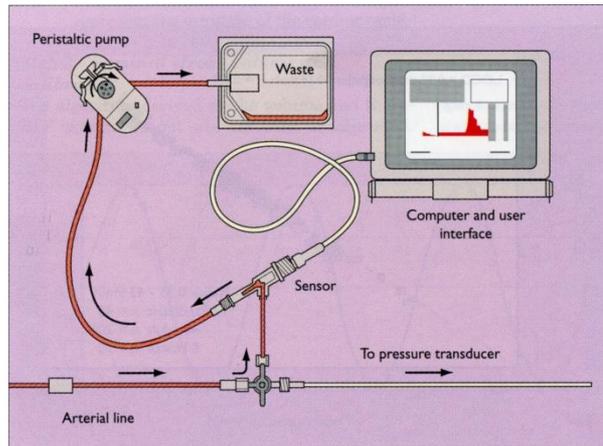




Корреляция разных методов определения сердечного выброса с термодилуцией

Метод	САД<70 мм рт.ст.	САД 70-110 мм рт.ст.	САД>110 мм рт.ст.
СО (термодилуция)	6,90±0,8	7,95±1,8	8,07±2,7
АРСО (Vigileo)	4,93±2,5	7,78±2,2	9,73±2,7
tpCO (PiCCO)	6,97±1,3	7,92±2,0	8,12±2,4
РССО (PiCCO)	6,58±1,4	8,01±2,0	7,95±2,5
МОК _о (АПКО-8)	5,75±2,7	7,02±2,4	8,97±3,0
МОК _р (Starr, в модиф.)	6,75±2,2	7,63±2,2	7,87±2,6

Разведение лития: методика



- Используется Хлорид лития
- Почти полностью выводится почками
- Вычерчивается кривая «вымывания»

$$CO = \frac{LiCl \times 60}{Area \times (1 - PCV)}$$





Расчетные методы: доступность

- Объемная компрессионная осциллометрия
- Расчет по модифицированной формуле Старра

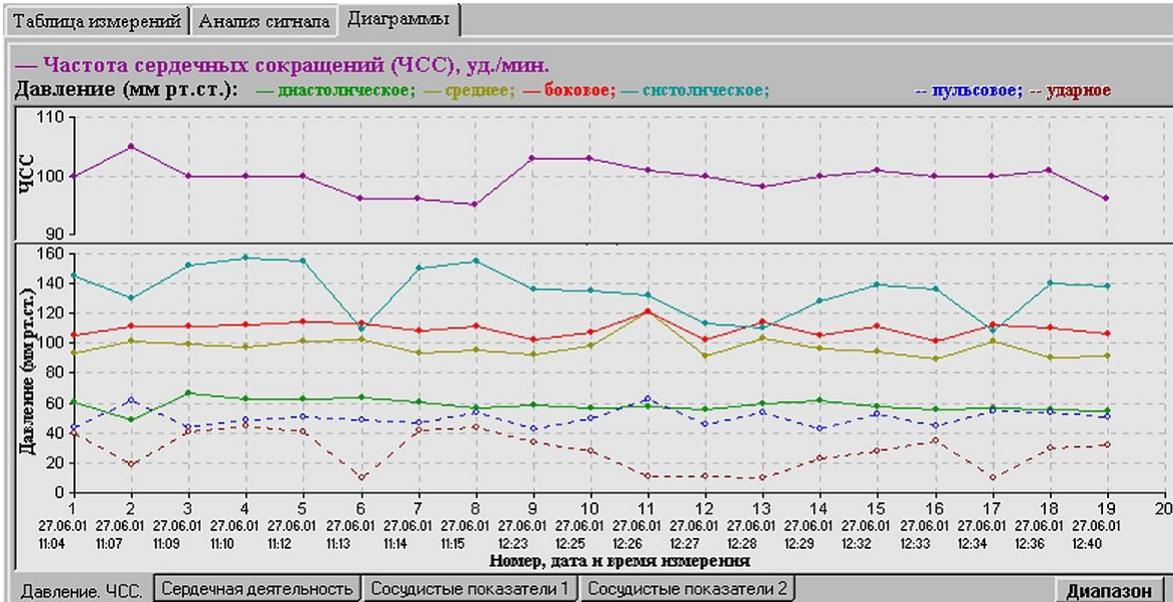
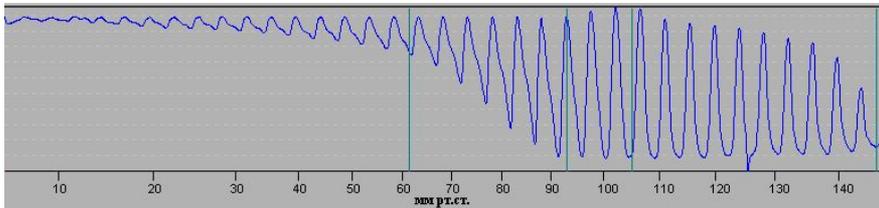
МОК - величина потока, но не давления. Поэтому измерения артериального давления плохо коррелируют с МОК. *

* *Allsager C.M., Swanevelder J., Brit. J. Anaesth., 2003*



Объемная компрессионная осциллометрия

- На основании анализа кривой давления в манжете при ее компрессии рассчитываются показатели деятельности сердца и сосудов





Объемная компрессионная осциллометрия: плюсы и минусы

Плюсы

- Неинвазивная
- Простая в использовании

Минусы

- Чувствительна к аритмиям
- Чувствительна к гипергидратации периферических тканей
- Кроме регистрирующего модуля необходим компьютер для расчетов и отображения данных





Расчетный способ: методика

Формула Старра (1954):

$$\text{УОС} = 90,97 + 0,54 \times \text{ПД} - 0,57 \times \text{АДдиаст} - 0,61 \times \text{В}$$

где:

- УОС - ударный объем сердца;
- ПД – пульсовое давление;
- АДдиаст – диастолическое артериальное давление;
- В – возраст в годах



Расчетный способ: Способ определения ударного объема сердца у больных без пороков сердца

$$\text{УОС} = (90,97 + 0,54 \times \text{ПД} - 0,57 \times \text{АДдиаст} - 0,61 \times \text{В}) \times \mathbf{f}$$

где:

- УОС - ударный объем сердца;
- ПД – пульсовое давление;
- АДдиаст – диастолическое артериальное давление;
- В – возраст в годах
- **f – согласующий коэффициент**

дополнительно учитывают частоту сердечных сокращений и

- при условии частоты сердечных сокращений от 60 до 90 в мин и
 - пульсового артериального давления от 25 до 49 мм рт.ст. **f** принимают равным 1,64;
 - пульсового артериального давления от 50 до 74 мм рт.ст. **f** принимают равным 1,75;
 - пульсового артериального давления от 75 до 100 мм рт.ст. **f** принимают равным 1,4;
- при условии частоты сердечных сокращений от 91 до 130 в мин **f** принимают равным 1,0.





Сравнение разных методов определения центральной гемодинамики

Метод	САД < 70 мм рт.ст.	САД 70-110 мм рт.ст.	САД > 110 мм рт.ст.
СО (термодилуция)	6,90±0,8	7,95±1,8	8,07±2,7
АРСО (Vigileo)	4,93±2,5	7,78±2,2	9,73±2,7
tpCO (PiCCO)	6,97±1,3	7,92±2,0	8,12±2,4
РССО (PiCCO)	6,58±1,4	8,01±2,0	7,95±2,5
МОК _о (АПКО-8)	5,75±2,7	7,02±2,4	8,97±3,0
МОК _р (Starr, в модиф.)	6,75±2,2	7,63±2,2	7,87±2,6

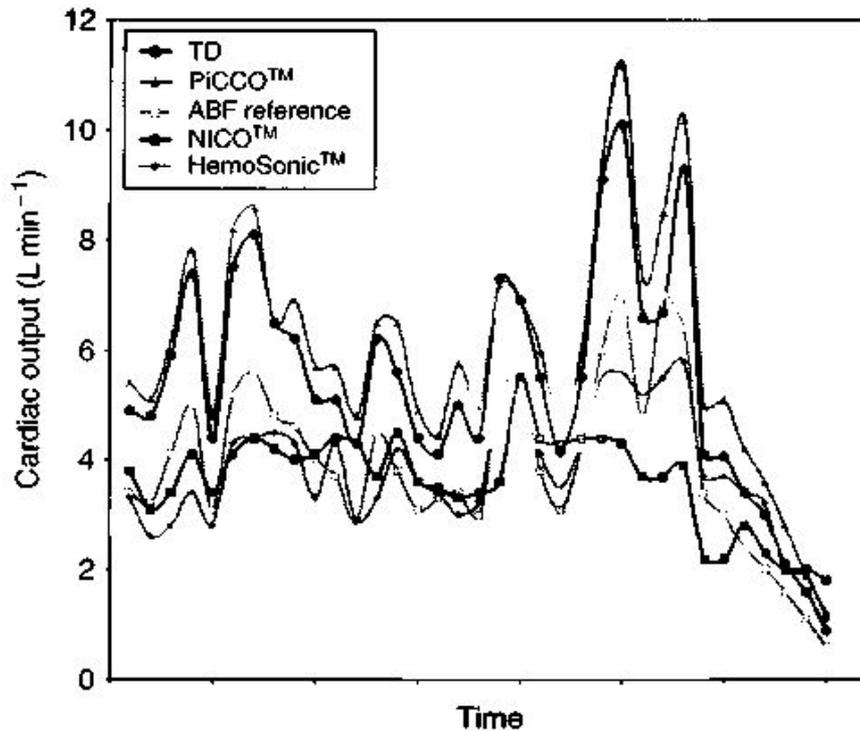


Figure 1.

Exemplary trendplot of the different cardiac output measurements during intervention of animal 3. TD: thermodilution cardiac output; PiCCO™: transpulmonary thermodilution cardiac output; HemoSonic™: trans-oesophageal Doppler descending aortic blood flow; NICO™: non-invasive cardiac output by partial CO₂-rebreathing; ABF: transit-time aortic blood flow in ascending aorta.

- *Vajarat J et al EJA 2006*
- Объект: свиньи
- Сравнение катетера Сван-Ганца, PiCCO, NICO с чрезпищеводным доплером

Корреляция r^2

- Сван-Ганц = 0,93
- PiCCO = 0,95
- NICO = 0,77



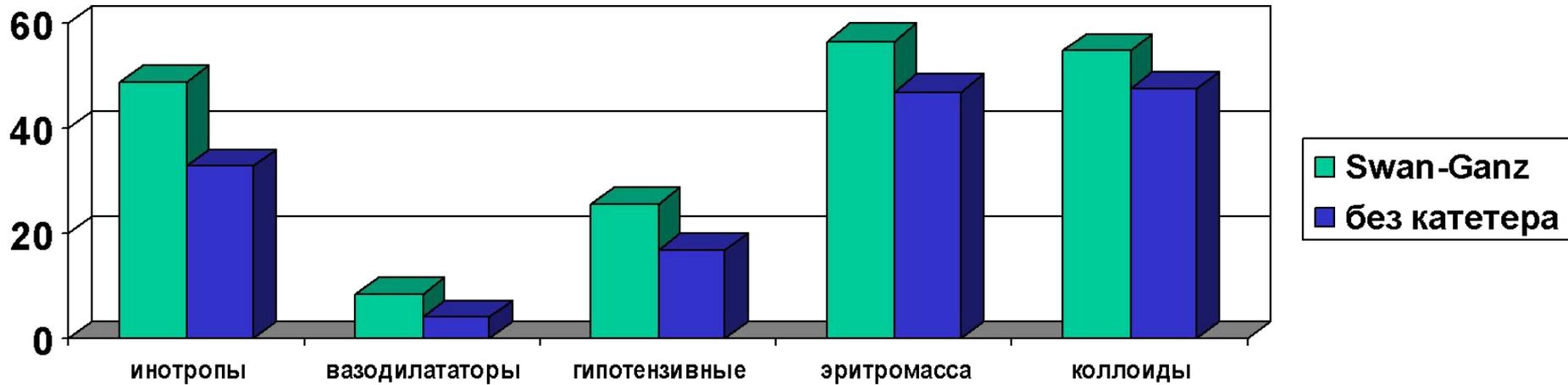
Риск применения мониторинга МОК (неоднозначность оценок)

- **Мониторинг не должен быть опаснее контролируемого состояния!!!**
- Применение катетеризации правых отделов сердца для мониторинга гемодинамики увеличивает летальность на 39 % *
- Нет данных о преимуществе термодиллюционного мониторинга состояния сердца при коронарной патологии (катетеризация правых или левых отделов сердца) в достижении лучших результатов у пациентов без острого коронарного синдрома **

* Connors A.F. et al., JAMA, 1996; ** Eagle K.A. et al., Circulation, 2002



Коррекция терапии по данным термодилюции...



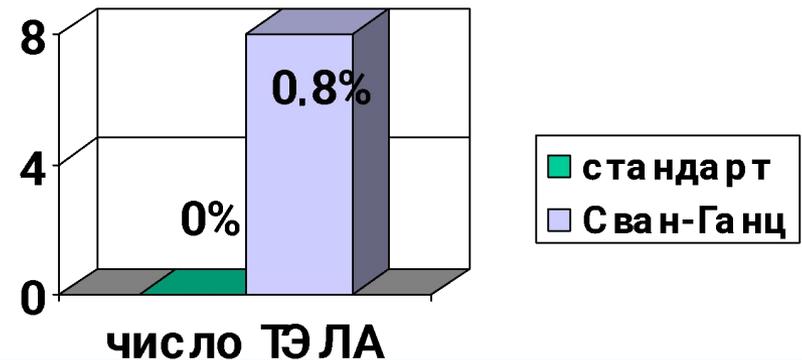
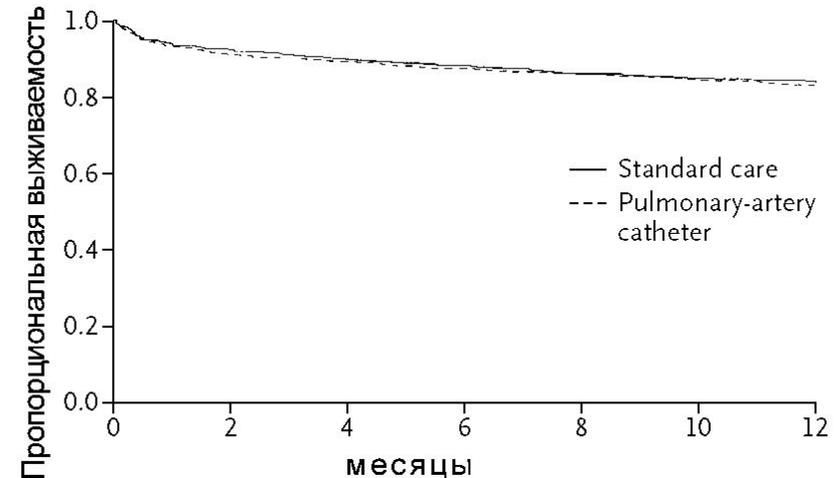
Большое (n=3803) мультицентровое рандомизированное слепое исследование:

- не обнаружено преимуществ в целевой терапии, руководствуемой данными термодилюции
- отмечен достоверно больший расход инотропных агентов, вазодилататоров, гипотензивных средств, эритроцитарной массы и КОЛЛОИДОВ



...Коррекция терапии по данным термодилюции

- Установка плавающего катетера в легочную артерию не способствует увеличению летальности
- Не обнаружены различия в годовой выживаемости пациентов при стандартной терапии и применении катетера Сван-Ганц
- Осложнения были идентичны в обеих группах, за исключением тромбоэмболии легочной артерии (статистически не достоверно)





Что почем?

M.L.N.G. Malbrain, T.J.R. De Potter, и D. Deeren, 2005

Table 5. Cost comparison (in €) for the initial setup for the different devices

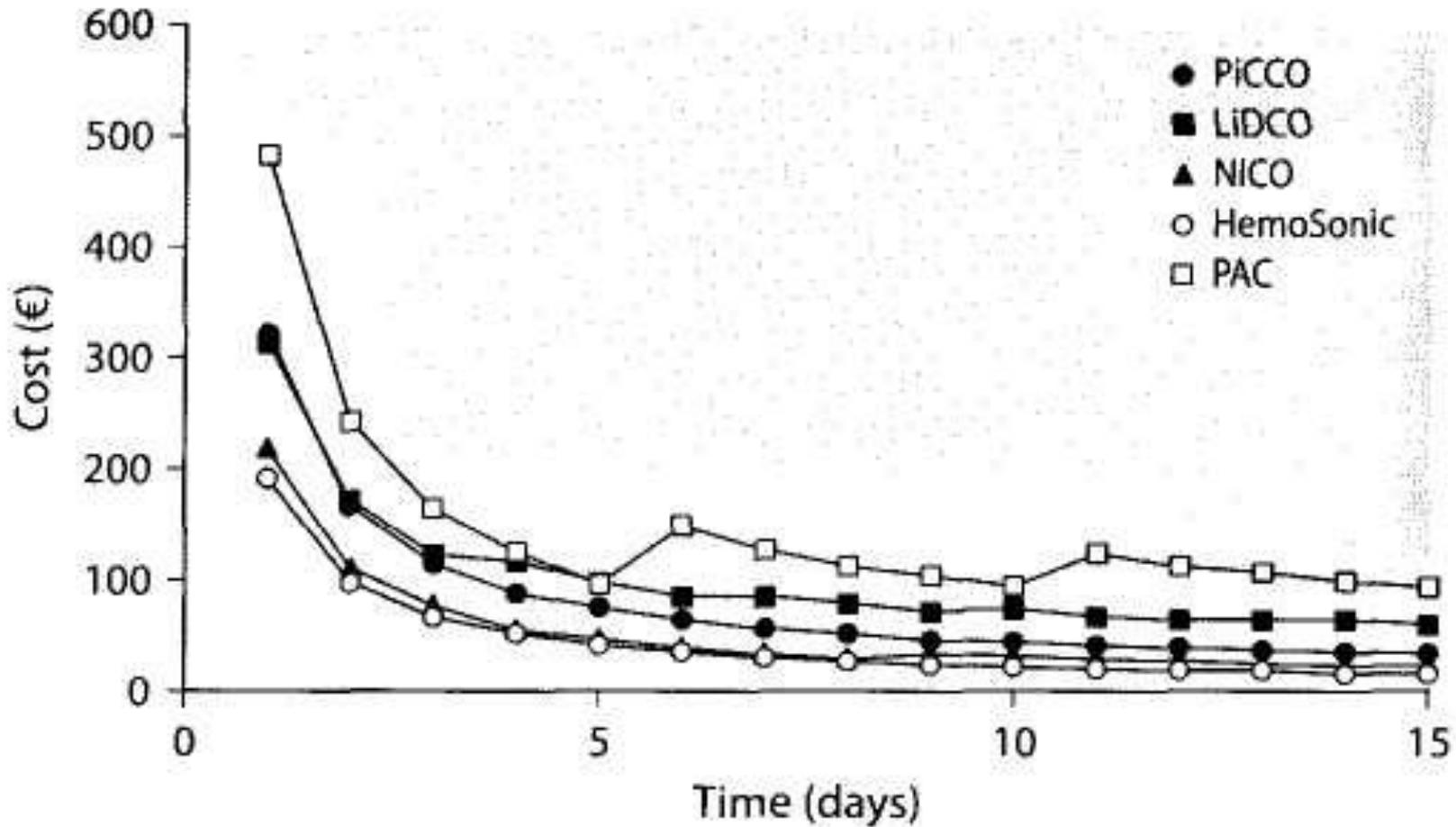
	Cost of Device	Transducer (Unit price)	Transducer (n)	Transducer (Total price)	X-ray	Sheath	Disposables	CVC	Arterial line	NaCl	Sterile drapings	Local anes	Dr time	Dr cost/hr	Dr Total cost	Total Setup Cost
■ PiCCO	16 000	24.75	1	24.75	0	0	214.1	24.75	0	0.36	10	1	20	100	33.33	308.3
■ LiDCO	17 000	24.75	2	49.5	0	54.7	70.8	24.75	20	0.36	10	1	20	100	33.33	291.2
■ NiCO	15 600	24.75	2	49.5	0	0	78	24.75	20	0	0	0	10	100	16.67	215.7
■ Hemosonic	23 000	24.75	2	49.5	0	0	50	24.75	20	0	0	0	10	100	16.67	187.7
■ PAC	15 200	24.75	3	74.25	21	24.85	250	0	20	1.17	10	1	30	100	50	480

N: number; CVC: central venous catheter; Dr: doctor; PAC: pulmonary artery catheter

	Syringe	Lithium	NaCl	Nursing time	Nurse cost/hr	Nurse Total Cost	Total Cost First measurement	Total Cost Per day
■ PiCCO	0.36	0	0.29	7.5	25	3.13	3.775	15.1
■ LiDCO	0.36	3.44	0.29	5	25	2.08	6.173	24.69
■ NiCO	0	0	0	3	25	1.25	1.25	5
■ Hemosonic	0	0	0	3	25	1.25	1.25	5
■ PAC	0	0	0	2	25	0.83	0.83	3.33



Дневная стоимость





- Пусть ваши возможности превышают ваши потребности

