



# Мониторинг в кардиологических блоках интенсивной терапии

**Янковская Л.В.\*, Пицко Д.В.**

Гродненский государственный медицинский университет. Гродно, Беларусь

## **Авторы:**

**Янковская Людмила Валерьевна**, к.м.н., заведующая кафедрой поликлинической терапии Гродненского государственного медицинского университета, Гродно, Беларусь

**Пицко Дмитрий Викторович**, к.м.н., ассистент кафедры поликлинической терапии Гродненского государственного медицинского университета, Гродно, Беларусь

## **Резюме**

*В статье рассматриваются основные современные методы мониторинга физиологических параметров у пациентов в кардиологических блоках интенсивной терапии: пульсоксиметрия, электрокардиография, инвазивный мониторинг артериального давления, мониторинг сердечного выброса. Клинический мониторинг представляет собой непрерывный контроль состояния пациента на основе регистрации биологических сигналов и оценки диагностических показателей организма с целью выявления отклонения показателей от нормы, предупреждения опасностей и осложнений, возникающих в процессе лечения. Методы исследования физиологических процессов, используемые в аппаратуре клинического мониторинга, должны обеспечивать непрерывность регистрации биологических сигналов в реальном масштабе времени в сочетании с высокой диагностической ценностью показателей, получаемых в результате обработки сигналов.*

## **Ключевые слова**

*Острый коронарный синдром, внезапная сердечная смерть, нарушения ритма, мониторинг.*

## **Monitoring in cardiologic intensive care units**

Yankovskaya L.V., Pitsko D.V.

Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

## **Authors**

**Lyudmila V. Yankovskaya**, PhD, Head of the Department of outpatient therapy Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

**Dmitry V. Pitsko**, M.D., PhD, assistant professor of the Department of outpatient therapy, Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

## Summary

The article examines main modern methods of physiological parameters monitoring in patients of cardiologic intensive care units: pulse oximetry, ECG, invasive blood pressure monitoring, cardiac output monitoring. Clinical monitoring is continuous monitoring of patient's condition, based on the registration of biological signals and evaluation of organism's diagnostic characteristics in order to detect deviations from normal values, to prevent risks and complications arising during treatment. Methods of physiological processes investigation that are used in clinical monitoring equipment should provide continuous registration of biological signals in real time together with high diagnostic value of parameters derived from processed signals.

Keywords: acute coronary syndrome, sudden cardiac death, arrhythmias, monitoring.

## Список сокращений

АД — артериальное давление

БИТ — блок интенсивной терапии

ДЗЛА — давление заклинивания легочной артерии

ИВЛ — искусственная вентиляция легких

ЛЖ — левый желудочек

ОКС — острый коронарный синдром

СВ — сердечный выброс

УЗИ — ультразвуковое исследование

ЧСС — частота сердечных сокращений

ЭКГ — электрокардиограмма, электрокардиография

ЭхоКГ — эхокардиография

SpO<sub>2</sub> — насыщение артериальной крови кислородом в %

DO<sub>2</sub> — доставка кислорода к тканям

Первые в мире блоки интенсивной терапии (БИТ) для больных с острым коронарным синдромом (ОКС) были организованы в начале 60-х годов в США (Канзас, Майами, Филадельфия, Нью-Йорк). Показательно описал разницу в ведении пациентов до и после создания БИТ американский кардиолог Бернард Лаун [1]:

«До этого времени в больнице Питера Бенга все отделения интенсивной терапии в основном ориентировались на реанимацию при внезапной остановке сердца. Мониторинг проводился для определения начала желудочковых фибрилляций. Главным прибором был электромонитор, который постоянно контролировал частоту сердечного ритма, и при малейших нарушениях подавал сигнал. Хорошо обученные медсестры постоянно были, начеку, чтобы при необходимости начать тщательно отлаженные реанимационные мероприятия. Все это очень напоминало пожарную часть, где каждый пребывает в ожидании сигнала тревоги.

Но когда сигнал раздавался, дело брали в свои руки представители старшего медицинского персонала. Если у пациента останавливалось сердце, вокруг него начинали суетиться множество интернов, практикантов, ординаторов, студентов, лаборантов и дежурных врачей. Голоса звенели от возбуждения, обстановка становилась невыносимой. В отличие от медсестер у врачей не было четкого плана действий, но они считали себя обязанными осуществлять общее руководство. Вся процедура сопровождалась бесконечными криками, суетой и нервозностью.

В то время был популярен такой анекдот. Пациент с сердечным приступом попадает в отделение интенсивной терапии. Он напуган, взволнован и хочет знать, что с ним будет дальше. Весь персонал занят спасением жизни другого пациента и не отвечает на его вопросы. Пациента подключают к различным приборам, и он, весь опутанный проводами, слышит громкий стук своего сердца, и видит частокол линий на экране осциллографа. Наступает вечер. Пациенту в голову начинают приходить неутешительные мысли о грядущей инвалидности или смерти. В палату входит уборщица и начинает мыть пол. Пациент поворачивается к ней и спрашивает: «Скажите, что со мной будет дальше?» — «Не знаю, но могу сказать вот что. Слышите: «пип-пип-пип»? Самое главное — не дать ему замолчать. Если это произойдет, сюда ворвется десяток людей в белых халатах, и они выколотят из вас этот «пип» во что бы то ни стало».

Когда в 1965 году в больнице Питера Бенга было открыто отделение интенсивной терапии, я сразу же положил конец этому безобразию. Главная цель осталась прежней — спасение пациентов с острым инфарктом миокарда, у которых произошла остановка сердца. Для определения момента возникновения желудочковых фибрилляций мы использовали новые осциллографы, подсоединенные с дисплеями на постах медицинских сестер. Теперь они могли не сидеть возле пациента в ожидании аритмии, а следили за состоянием своих подопечных с дежурных постов.

*Наше отделение было организовано таким образом, чтобы на пациентов оказывалось как можно меньшее отрицательное психологическое воздействие. Свет был приглушен, пациенты могли слушать радио через наушники; тишина была непреложным правилом. Так как хирурги всегда очень громко говорят, мы повесили на дверях отделения табличку: «Хирурги, без вызова не входить!». Мы постарались добиться максимального уединения пациентов, но при этом они постоянно видели медсестер, а те в свою очередь могли следить за пациентами. В своих бесконечных инструкциях персоналу я постоянно подчеркивал необходимость ограждать пациента от всего, что может вызвать у него беспокойство. Только в тишине можно услышать тихий стон отчаяния или тяжелый вздох».*

Итак, активный мониторинг сердечного ритма с возможностью дефибрилляции стал одной из главных причин резкого снижения смертности среди пациентов с ОКС наряду с профилактикой фатальных нарушений ритма лидокаином и появлением методов реперфузии (тромболизис, а позднее — эндоваскулярные вмешательства).

Как и полвека назад, в наши дни главными функциями БИТ являются предупреждение, **раннее выявление** (отсюда другое распространенное название — блоки интенсивного наблюдения) и лечение осложнений ОКС, причем, на первом месте, все же желудочковые нарушения ритма.

Современный БИТ должен состоять не менее чем из 6 коек. Оптимально помещать больного в изолированную палату, площадь которой достаточна для размещения всего необходимого оборудования, включая электрокардиограф, электрические дефибрилляторы, аппарат искусственной вентиляции легких (ИВЛ), ультразвукового исследования (УЗИ), аппарат для проведения контрпульсации, передвижной рентгенографический аппарат и т. п., а также для комфортной одновременной работы 3–4 человек. Палаты должны быть оборудованы подводкой воды, системой доставки кислорода, вакуумной установкой. Согласно международным стандартам, палата должна быть не менее 25 м<sup>2</sup>.

БИТ оснащают мониторами, с помощью которых можно контролировать не только электрокардиограмму (ЭКГ), но и показатели центральной гемодинамики. Мониторная система обычно имеет автоматическую тревогу, которая срабатывает, если контролируемые показатели выходят за пределы заданной нормы. Кроме прикроватного монитора, существует центральный монитор в зоне пребывания медицинского персонала, на который выводятся

данные обо всех больных. Прикроватная консоль оборудована пультом с сигнальной кнопкой, на которую больной может без затруднений нажать при появлении малейшего дискомфорта. Кроме того, в БИТ предусмотрены помещения для персонала, хранения оборудования, проведения лабораторных исследований и т. п.

В БИТ круглосуточно дежурит бригада квалифицированных врачей и медицинских сестер: на каждые 6 больных — 1 врач, 2–3 медицинские сестры, 1 санитарка. [2]

В связи с огромной важностью мониторинга в статистике выживаемости больных ОКС, далее будут рассмотрены основные методы, а именно мониторинг ЭКГ, SpO<sub>2</sub> (насыщение артериальной крови кислородом), CO<sub>2</sub>, инвазивный мониторинг артериального давления и мониторинг сердечного выброса.

### **Пульсоксиметрия, электрокардиография (ЭКГ)**

Мониторинг физиологических показателей является важной частью комплекса интенсивной терапии, и своевременно указывает на ухудшение состояния пациента БИТ, а также помогает оценить эффективность проводимого лечения. Несмотря на эффективность и важность инструментальных методов мониторинга, необходимо помнить, что все они служат лишь дополнением, а не заменой клинической оценки частоты сердечных сокращений, артериального давления, времени капиллярного наполнения, частоты дыхания, неврологического статуса и темпа диуреза.

### **Каковы преимущества мониторинга?**

ЭКГ, оценка SpO<sub>2</sub> требуют наличия источника энергии и, как правило, дополнительных «расходных материалов», таких, как пульсоксиметрические датчики или одноразовые электроды. Кроме того, необходимо обеспечить техническое обслуживание, а при необходимости и ремонт мониторов. Все эти аспекты делают проблематичным использование этих методов мониторинга в условиях слабооборазованного здравоохранения.

Выделяют следующие преимущества систем мониторинга:

- **Дополнительная клиническая информация.** ЭКГ, SpO<sub>2</sub>, мониторинг CO<sub>2</sub> предоставляют важную клиническую информацию о состоянии кардиореспираторной функции. Эта информация поступает непрерывно, в режиме «реального вре-

мени», а значит, особенно важна при критических состояниях.

- **Неинвазивность.** Эти методы мониторинга неинвазивны и хорошо переносятся пациентами.

- **Ранняя система оповещения.** Пределы тревог каждого монитора могут быть отрегулированы так, чтобы определять отклонения важнейших показателей от допустимого уровня, обеспечивая, таким образом, своевременное оповещение об изменениях физиологических показателей. Внимательный анализ характера этих отклонений позволяет предупредить врача о ранних признаках ухудшения.

### Пульсоксиметрия (SpO<sub>2</sub>)

Если бы анестезиологов поставили перед выбором единственного метода мониторинга, большинство выбрало бы пульсоксиметрию, что показывает, насколько важными и информативными могут быть сведения, получаемые с ее помощью. Большинство пульсоксиметров представляют собой отдельный блок, чаще всего, работающий от батареи. Также пульсоксиметр может быть частью сложных многоцелевых мониторных систем. Он состоит из чувствительного датчика, обычно надеваемого на палец пациента, и дисплея, на котором отражаются полученные данные.

### Какую информацию дает пульсоксиметр?

Самая важная информация, получаемая с помощью этого метода — значение насыщения артериальной крови кислородом (SpO<sub>2</sub>), отображаемое в процентах. У здорового пациента, дышащего атмосферным воздухом, нормальные значения этого показателя составляют 96–100%. У курящих больных и пациентов с хроническими заболеваниями легких SpO<sub>2</sub> снижено до 92–95%. Для пациентов, находящихся в критическом состоянии, особенно с первичным (например, пневмония) или вторичным (например, острый респираторный дистресс-синдром) поражением легких, характерны нарушения газообмена и снижение сатурации. Целевой уровень сатурации, достигаемый назначением кислорода и проведением ИВЛ, должен быть установлен на основании исходного состояния системы дыхания [3]. Например, у пациента с сопутствующим хроническим заболеванием легких, осложненным инфекционным процессом, целесообразно установить нижний предел тревоги по SpO<sub>2</sub> на значение 88%.

Большинство мониторов SpO<sub>2</sub> рассчитывают частоту сердечных сокращений (ЧСС), что сопро-

вождается звуковым сигналом. Высота звука сигнала варьирует с изменением значения SpO<sub>2</sub>, хотя достаточно сложно оценить SpO<sub>2</sub> только по высоте звукового сигнала. Изменение громкости (тона) сигнала — знак для врача, что следует обратить внимание на показания монитора.

В некоторых моделях мониторов на экране отображается пульсовая волна, дающая информацию о качестве сигнала и показывающая, насколько низко истинное значение SpO<sub>2</sub>. Хорошее качество сигнала означает, что перфузия в области измерения не нарушена. Этот признак имеет дополнительное значение при состояниях, когда перфузия конечности может нарушаться, например, после травмы или сосудистого оперативного вмешательства. Слабый или отсутствующий сигнал должен подтолкнуть врача к оценке перфузии и артериального давления у пациента. Сигнал может на время пропадать в ходе раздувания на конечности манжеты для измерения артериального давления.

### О чем пульсоксиметр не может сказать?

Показатель SpO<sub>2</sub> лишь частично отражает доставку кислорода к тканям (DO<sub>2</sub>), поскольку данный показатель зависит также от концентрации гемоглобина и значения сердечного выброса. Пациент с гемоглобином 35 г/л может иметь SpO<sub>2</sub> 100%, но при этом низкое содержание кислорода в крови (CaO<sub>2</sub>), а значит и низкую DO<sub>2</sub> [3].

Значение SpO<sub>2</sub> определяется эффективностью вентиляции, т.е. насосной функцией легких, и газообмена через альвеолокапиллярную мембрану. Однако неэффективная вентиляция (например, в результате обструкции верхних дыхательных путей, передозировки опиоидов или слабости после использования миорелаксантов) может приводить к развитию второго типа дыхательной недостаточности, который характеризуется накоплением CO<sub>2</sub>. Пульсоксиметрия не дает никакого представления об уровне CO<sub>2</sub> в артериальной крови — ослабленный пациент может иметь обнадеживающе нормальный показатель SpO<sub>2</sub>, особенно на фоне кислородотерапии, но сопровождающийся выраженным респираторным ацидозом со значением CO<sub>2</sub> в артериальной крови > 75 мм рт. ст. на грани развития сердечно-сосудистого коллапса [4].

### Некоторые особенности использования пульсоксиметра

Яркий внешний искусственный источник света, также как и яркий солнечный свет, могут созда-

вать помехи для детекции сигнала. Эффекты яркого света могут быть нивелированы путем закрытия конечности и датчика темной тканью. Движения пациента могут приводить к погрешности и нестабильности измерений. Эта проблема весьма актуальна для возбужденных или агрессивных пациентов. При транспортировке пациента можно зафиксировать датчик к пальцу с помощью пластыря так, что он будет двигаться вместе с конечностью.

В настоящее время доступны разные типы датчиков. Все датчики работают одинаково, различие лишь в том, что они разработаны для пациентов разных размеров и для разного расположения датчиков на теле. Ушные датчики меньшего размера, также как и специальные датчики разработаны для педиатрической практики. При отсутствии педиатрического датчика, взрослый датчик для пальца можно поместить на конечность ребенка. Нередко педиатрический датчик представляет собой наклейку, разработанную специально для того, чтобы закрепить ее вокруг детской руки или ноги — при условии короткого применения эта наклейка может повторно использоваться после предварительной очистки клеящейся поверхности. Кроме того, эти самоклеящиеся датчики могут достаточно эффективно использоваться при транспортировке взрослого пациента, обеспечивая надежную фиксацию к пальцу [4].

У пациента с гипотермией или с шоком целесообразно закрепить датчик центрально. Пальцевой датчик можно поместить в рот пациента так, чтобы измерения проходили через толщину щеки. Альтернатива — нос или ушная раковина. Миниатюрный ушной датчик также можно поместить на щеку, губу или ноздрю.

### **Электрокардиографический мониторинг**

Мониторинг ЭКГ в БИТ обычно включает в себя наблюдение за единственным, чаще вторым стандартным отведением, и измерение электрической активности сердца вдоль продольной оси справа налево. Для этого требуется наложение трех электродов: первого (обычно красного цвета) — на правое плечо, второго (желтого цвета) — на левое плечо и третьего (обычно зеленый) — на левую сторону груди. С помощью второго отведения можно зафиксировать большинство возникающих аритмий, именно это играет главную роль при проведении ЭКГ-мониторинга в БИТ.

### **Какую информацию дает ЭКГ?**

ЧСС подсчитывается монитором путем усреднения количества комплексов за определенный промежуток времени. Если у пациента есть нарушения ритма, например, фибрилляция предсердий, необходим максимально длинный отрезок времени для данного монитора для точного расчета ЧСС.

Аритмии чаще всего диагностируются путем настройки верхнего и нижнего предела сигнала тревоги, для того, чтобы определить возникновение тахи- и брадиаритмий. Настройки тревог по умолчанию могут быть приемлемы для здорового пациента в ходе проведения анестезиологического пособия, но совершенно некорректны для пациентов в критических состояниях. Пациент с сепсисом может иметь ЧСС ~ 120 уд./мин, что будет определено выше установленного по умолчанию сигнала тревоги для верхней границы данного показателя. Все уровни тревог могут быть настроены вручную таким образом, что их границы будут значительно отличаться от текущих показателей пациента.

Некоторые мониторы позволяют установить верхний и нижний пределы тревоги, на ~ 10% отличающиеся от текущего измеренного значения показателя пациента. Некоторые более продвинутые модели мониторов могут распознать характер аритмий, однако, как правило, это обязанность врача — определять причину возникновения аритмии (артефакты движения или дрожи, наиболее часто принимаемые за фибрилляцию желудочков). Очень полезно использовать ЭКГ и пульсоксиметрию вместе. Возникновение тахикардии с широким комплексом QRS с исчезновением сигнала на пульсоксиметре указывает на желудочковую тахикардию без пульса, являющуюся неотложной ситуацией [5].

Часто бывает полезно распечатать показания ЭКГ-монитора на бумаге для более тщательного изучения ритма (например, для определения зубцов P). Также возможно «заморозить» экран монитора, поставив на паузу, для более детального анализа ЭКГ. Довольно часто некоторые сигналы ЭКГ-монитора ложно интерпретируются. Например, высокие зубцы T могут быть расценены как отдельные комплексы QRS, удваивая измеренную ЧСС. Для разрешения подобных проблем можно использовать пульсоксиметрию, сравнив ЧСС и показания частоты пульсоксиметра. Многоканальные мониторы, в которые входит ЭКГ, пульсоксиметрия (и возможность инвазивного измерения АД) по умолчанию показывают ЧСС на основании анализа ЭКГ,

но эти настройки могут быть изменены, чтобы считывание ЧСС происходило с другого канала.

Плохое качество сигнала на ЭКГ-мониторе может быть следствием неудовлетворительного контакта между электродами и кожей пациента (пот или грязь). Если пациент дрожит или двигается, то на экране могут возникать помехи, похожие на аритмию.

### Что ЭКГ-монитор не может оценить?

При развитии ишемии миокарда у пациента ЭКГ может показать наличие морфологических изменений, при условии, что ишемия развилась в области, соответствующей мониторируемому отведению. В противном случае, ишемические изменения не будут заметны. При подозрении на ишемию миокарда врач должен снять развернутую ЭКГ в 12 отведениях, чтобы оценить все области миокарда. Нормальная ЭКГ не всегда указывает на нормальное состояние пациента; в случае беспульсовой электрической активности (БПЭА) — ранее использовался термин «электромеханическая диссоциация», и возникновения остановки сердца, сердечный выброс у пациента будет отсутствовать, а ЭКГ может показывать нормальный синусовый ритм. Необходимо всегда сравнивать показания монитора с реальной клинической картиной [5].

### Выводы

Использование пульсоксиметрии и ЭКГ-мониторинга может быть ценным дополнением к ведению пациента в БИТ, повышая безопасность и оптимизируя схему проводимой терапии. Важно помнить, что все мониторы также хороши, как и использующие их люди — необходимо думать о том, что измеряется, корректно настраивать значения тревог и всегда использовать мониторинг без отрыва от клинической оценки состояния пациента.

### Инвазивный мониторинг артериального давления (АД)

Инвазивный (внутриартериальный) мониторинг АД широко применяется в БИТ, а также в условиях операционной. Этот метод подразумевает введение катетера в просвет подходящей артерии с последующим отображением артериальной волны на экране монитора. Наиболее частое показание для инвазивного мониторинга АД — необходимость получения сведений о состоянии гемодинамики «с каждым ударом сердца».

### Преимущества инвазивного мониторинга АД:

- непрерывное измерение АД «с каждым ударом сердца» целесообразно в случае с пациентами, у которых происходят или ожидаются резкие и непредсказуемые изменения АД (например, при оперативных вмешательствах на сердце и сосудах), или в тех случаях, когда показан инвазивный контроль АД. Также АД следует измерять инвазивно у пациентов, получающих препараты инотропного и/или вазопрессорного действия (например, адреналин);
- техника позволяет аккуратно и точно измерить АД даже при низких его значениях, например, на фоне шоковых состояний;
- предотвращается травмирование вследствие постоянного раздувания манжеты у пациентов, нуждающихся в длительном мониторинге АД;
- по форме кривой АД может быть оценен статус внутрисосудистого объема либо визуально, либо путем математического анализа формы (контура) пульсовой волны;
- инвазивный мониторинг АД может быть использован у пациентов, которым не показано измерение АД неинвазивным методом, например, при выраженных периферических отеках или морбидном ожирении;
- установленный артериальный катетер может использоваться для забора крови и последующего анализа, например, оценки газового состава [6].

Таким образом, существует немалое число причин для установки артериального катетера.

### Недостатки инвазивного мониторинга АД

- Артериальный катетер является потенциальным источником инфекции, хотя и менее склонен к инфицированию по сравнению с венозными катетерами.
- Стоящий в просвете артерии катетер может стать причиной локального тромбоза, что, в свою очередь, может вести к образованию эмболов, мигрирующих в просвете сосуда, или артериальной окклюзии. Это осложнение редко имеет место при регулярном промывании катетера и корректном выборе места пункции. Для постановки катетера могут использоваться лучевая, бедренная и подмышечные артерии или артерии стопы — задняя большеберцовая и артерия тыла стопы. По возможности следует избегать катетеризации плечевой артерии. Она является терминальным сосудом, и не имеет коллатерального сообщения, а значит,

окклюзия плечевой артерии приведет к прекращению кровоснабжения предплечья.

- Любой препарат, введенный в артерию, может кристаллизоваться, и вызвать критическую ишемию конечности. Примерами препаратов, вызывающих подобные нарушения, могут быть тиопентал натрия и антибиотики. Все артериальные магистрали должны быть четко подписаны, а сами магистрали маркированы красной полосой по всей длине для предотвращения ошибок. Никогда не следует вводить препараты в артериальный катетер!

- Установка артериального катетера может быть затруднена у пациентов, находящихся в шоковом состоянии, что может отвлекать врача от решения более важных проблем, возникающих при лечении такого пациента.

- Оборудование для мониторинга, катетер и магистрали достаточно дорогие, особенно по сравнению со стандартным неинвазивным методом мониторинга.

- Монитор для инвазивного измерения АД требует внешнего источника энергии, что в некоторых случаях может ограничивать его использование [6, 7].

## Компоненты и принципы инвазивного мониторинга

Компоненты системы для инвазивного мониторинга АД могут быть разделены на следующие три части: система детекции, трансдюсер (преобразователь сигнала) и монитор.

### Точность инвазивного мониторинга АД

Следующие характеристики измерительного оборудования убедят врача в том, что точность измерения АД максимальна:

- артериальный катетер должен быть коротким и максимально широким;
- столб физиологического раствора, т.е. магистрали, должен быть как можно более коротким;
- катетер и магистрали должны быть максимально жесткими;
- диафрагма трансдюсера должна быть как можно более ригидной.

### Настройки и возможные проблемы при работе

Типичная локализация установки артериального катетера — лучевая артерия. Преимущество лучевой артерии — она расположена поверхностно, легко пальпируется; также имеет значение на-

личие коллатерального кровоснабжения кисти из локтевой артерии. Для определения адекватности коллатерального кровоснабжения кисти через локтевую артерию рекомендуется проводить тест Аллена, хотя этот тест не лишен ошибок и может быть выполнен лишь у пациентов в сознании [7].

### Тест Аллена:

Просят пациента сжать пальцы в кулак, большими пальцами врач сжимает лучевую и локтевую артерии пациента;

Просят пациента разжать кулак, ладонь остается бледной;

Как только убирается палец, сжимающий локтевую артерию, ладонь краснеет при условии ее нормального функционирования.

**Постановка артериального катетера в плечевую артерию не рекомендована, поскольку в этой зоне нет коллатерального кровоснабжения!** При необходимости могут быть использованы бедренная артерия, локтевая артерия, артерии стопы и лодыжек и даже подмышечная артерия. Какая бы артерия не была использована для постановки артериального катетера, дистальный отдел конечности должен регулярно осматриваться для исключения признаков эмболизации или ишемии.

### Установка артериального катетера

Эта процедура должна выполняться в асептических условиях. Запястье должно быть обработано спиртовым раствором хлоргексидина до канюляции. У пациентов в сознании необходимо инфильтрировать кожу 1% раствором лидокаина. Конечность должна быть отведена в анатомическом положении, а кисть переразогнута для облегчения канюляции (лучевая артерия залегает поверхностно под кожей, а движение в конечности приводит к ее смещению при катетеризации). Чаще всего правильное положение конечности обеспечивается ассистентом. Если ассистент отсутствует, то можно использовать пластырь, позволяющий зафиксировать пальцы поверх какой-либо поверхности (например, контейнер с инфузионным раствором).

В настоящее время существует достаточно большое количество жестких и коротких артериальных катетеров. Некоторые из них имеют дизайн типа «катетер на игле», напоминающий обычную внутривенную канюлю, другие подразумевают постановку с помощью проводника по методике Seldinger. Артерия катетеризируется иглой, через которую вводится проводник, а затем по проводнику катетер.

Наиболее предпочтительно использовать те катетеры, с которыми врач лучше всего знаком. В идеальном варианте для предотвращения непреднамеренного внутриартериального введения препаратов канюля не должна быть соединена с инъекционным портом. Для дополнительной безопасности, если артериальная канюля содержит инъекционный порт, он должен быть перекрыт, а сам катетер четко маркирован как артериальный [8].

Важно, чтобы артериальный катетер был прочно фиксирован в нужном положении, а также не допускался перегиб катетера. Иногда полезно фиксировать катетер к коже несколькими швами.

Артериальный катетер должен быть присоединен к магистрали, а трансдюсер зафиксирован примерно на уровне сердца и предварительно «обнулен», то есть, закрыт по направлению к пациенту и открыт «на воздух», для получения информации об атмосферном давлении (принимается за нуль). Часто бывает удобно фиксировать трансдюсер к плечу пациента с помощью пластыря для того, чтобы он находился на уровне сердца.

### Практические советы и решение возникающих проблем

- Часто при невозможности обнаружения артерии имеет место ее сквозная пункция (эта методика иногда сознательно используется врачами): *извлекается игла, и затем медленно подтягивается канюля, параллельно происходит аспирация шприцем. Как только кончик катетера снова попадет в просвет артерии, кровь будет поступать в шприц под давлением. Из этого положения медленно продвигается канюля, возможно, с небольшой ротацией по оси сосуда. Эта техника постановки чаще других приводит к положительному результату и успешной катетеризации сосуда.*

- При успешном попадании в артерию, но неудачных попытках ее катетеризации, полезно сменить кисть; чаще всего после неудачных попыток катетеризации развивается спазм артерии, что делает дальнейшую катетеризацию достаточно проблематичной.

- Введение катетера в артерию у пациентов в шоковых состояниях сопряжено с трудностями. Медперсонал не должен тратить время на повторные попытки, гораздо важнее проводить неотложные мероприятия!

- После присоединения катетера к магистрали, заполненной физиологическим раствором, необходимо убедиться в отсутствии пузырьков воздуха в системе до того, как начать промывку.

- Внезапное повышение цифр АД может быть связано с падением трансдюсера на пол.

- Если волна на мониторе исчезла или стала слишком сглаженной, это может означать перегиб или блокирование катетера тромбом, либо наличие пузырька воздуха в системе.

### Анализ формы пульсовой волны

При наблюдении за артериальной волной на мониторе может быть получена полезная информация.

- Большой размах или вариации пиковой амплитуды систолического АД, совпадающие с дыхательными циклами, часто указывают на наличие у пациента гиповолемии.

- У пациентов в сознании ввиду выраженных изменений внутригрудного давления могут иметь место значительные колебания артериальной пульсовой волны.

- Узкие, высокоамплитудные зубцы, сочетающиеся с тахикардией, могут указывать на гиповолемию.

- Угол наклона артериальной волны может давать представление о сократимости миокарда; более крутой наклон говорит о более выраженном изменении давления за единицу времени и большую сократимость. На практике этот показатель достаточно грубо и приблизительно оценивает сократимость миокарда [9].

### Выводы

Инвазивный мониторинг АД крайне полезен, позволяя более точно наблюдать за динамикой АД у пациентов БИТ. Кроме того, наличие артериального катетера облегчает забор артериальной крови для последующей оценки ее газового состава и прочих показателей. Чтобы оптимизировать производительность систем мониторинга и успешно разрешать возникающие проблемы, важно понимать основные принципы измерения.

### Мониторинг сердечного выброса (СВ)

Проводимые с 1980 г исследования доказали, что оптимизация доставки кислорода (продукт СВ и содержания кислорода в крови) у пациентов высокого риска предотвращает развитие полиорганной недостаточности и улучшает выживаемость. Хотя ни одно из исследований не предоставило очевидных доказательств, суммарный их вклад показывает, что терапия, направленная на улучшение доставки кислорода (целенаправленная терапия), должна



быть приоритетом. Доказано, что пациентам с гиповолемией необходимо проводить инфузионную терапию для оптимизации доставки кислорода, тогда как избыточная инфузионная терапия может быть вредна [9].

Единственным ограничивающим фактором в этой области был поиск надежного и точного метода мониторинга, который мог бы помочь контролировать объем и скорость проводимой инфузионной терапии. Измерение «наполнения» сердца — непростая задача. Пытаемся использовать закон Франка–Старлинга в той его части, когда производительность сердца улучшается с растяжением мышечных волокон желудочка до определенной точки, после которой дальнейшее растяжение ухудшает производительность. Для того чтобы использовать этот принцип, необходимо знать конечно-диастолический объем левого желудочка (ЛЖ) и наблюдать за его изменениями при проведении инфузионной терапии. Наилучшая характеристика этого показателя при наличии катетера Сван-Ганца — давление заклинивания легочной артерии (ДЗЛА), которое дает представление о давлении в левом предсердии, которое, в свою очередь, определяет конечно-диастолическое давление в ЛЖ, являющееся «суррогатом» конечно-диастолического объема ЛЖ (при нормальной растяжимости ЛЖ). Эти показатели недостаточно корректно отражают наполнение камер сердца при проведении ИВЛ, а также при нахождении кончика катетера в мелких ветвях легочной артерии. Термодилуция с использованием катетера Сван-Ганца помогает получить точные значения СВ, который при доступности соответствующего оборудования также может измеряться непрерывно.

В настоящее время внимание исследователей и технологии сместились в сторону менее инвазивного мониторинга, при проведении которого риск осложнений уменьшается. В широком понимании, это методы, использующие доплеровский анализ скорости кровотока в аорте (при положении датчика в пищеводе) или анализирующие пульсовую кривую (анализ формы пульсовой волны) [10, 11].

В некоторых мониторах, анализирующих для измерения СВ форму пульсовой волны, одновременно осуществляется разведение холодового индикатора или красителя для получения достоверного значения СВ, применяемого затем в качестве калибровочного фактора для последующего непрерывного измерения этого показателя по форме пульсовой волны, передаваемой артериальным

катетером. Чтобы упростить этот процесс, некоторые из мониторов калибруют пульсовую волну на основании популяционных данных, полученных на здоровых добровольцах и не валидированных для пациентов с измененным сосудистым сопротивлением, что, несомненно, влияет на точность расчетных показателей, таких как ударный объем. Чреспищеводная доплерография также использует популяционные данные для определения диаметра аорты.

Вместе с тем, даже при скептическом отношении к абсолютным значениям, получаемым с помощью этих мониторов, они могут быть полезны для оценки изменений ударного объема, а также эффективности инфузионной терапии. Ключевым моментом является ответ на вопрос: «Ответит ли пациент на инфузионную нагрузку?». Иными словами, увеличит ли введение болюса жидкости производительность сердечно-сосудистой системы (например, ударный объем), а значит и доставку кислорода? Возможность «отвечать» на инфузионную нагрузку свидетельствует о том, что происходит «смещение» вверх по кривой Старлинга.

Настоящая и будущая области развития — использование вариабельности ударного объема или вариабельности пульсового давления, измеряемых по артериальной волне. Наблюдения показали, что гиповолемиа может приводить к выраженным колебаниям систолического АД в ходе дыхательного цикла. Эти показатели выражены именно в процентном значении, а не в абсолютных единицах, и используются для прогнозирования чувствительности к инфузионной нагрузке.

Ниже подробно рассмотрены три наиболее часто используемых в РФ метода оценки СВ: эхокардиография (ЭхоКГ), чреспищеводная ЭхоКГ, катетеризация правых отделов сердца с определением ДЗЛА и применением метода термодилуции.

## Эхокардиография

### Трансторакальная ЭхоКГ

ЭхоКГ — ультразвуковое исследование сердца, которое может быть использовано для определения СВ путем прямой визуализации сердца в режиме реального времени. ЭхоКГ получила широкое распространение, как один из самых безопасных и доступных способов мониторинга СВ у больных, находящихся в критическом состоянии.

ЭхоКГ может быть выполнена за минуты, и помогает при определении причины нестабильности

гемодинамики. При использовании трансторакальной эхокардиографии доступно четыре позиции обзора (положения датчика): парастернальная по длинной оси, парастернальная по короткой оси, апикальная и субкостальная позиции, возможна оценка функции желудочков и размера камер сердца [7].

### Чреспищеводная ЭхоКГ

#### Теоретические предпосылки

Специальный датчик вводится в пищевод, позволяя получить ультразвуковое изображение высокой четкости в режиме реального времени. Двухмерное измерение площади поперечного сечения, доплеровское измерение скорости потока и оценка ЧСС позволяют в качественно или количественном виде оценить СВ.

#### Практическое использование

Многоосевой трансдьюсер может быть установлен в пищевод или желудок, позволяя получать изображения в различных плоскостях.

#### Преимущества

Помимо измерения СВ доступно большое количество информации (табл. 1).

#### Недостатки

Датчики достаточно дороги, а аппаратура громоздкая. Необходим опыт работы, приобретение которого требует времени и средств. Полное исследование может занимать до 20 минут. Пациента необходимо седатировать или провести местную анестезию глотки для того, чтобы постановка датчика прошла успешно. Существует опасность травмирования датчиком, хотя риск ее ниже у пациентов без патологии пищевода. Датчики могут вызывать нагрев тканей, и, поэтому не применимы для длительного использования. При дальнейшем развитии технологии и снижении ее стоимости, чреспищеводная ЭхоКГ может найти еще большее применение в отделениях интенсивной терапии и операционных.

### Катетер Сван–Ганца

Использование катетера Сван-Ганца горячо обсуждается в последние годы, а частота его использования в большинстве стран в настоящее время невысока. Исследование PAC-Map не показало улучшения выживаемости пациентов в сравнении с контрольной группой, где катетер не использовался [12].

#### Теоретические предпосылки

Гибкий катетер с баллончиком на конце, направляемый потоком крови (флотационный катетер), вводится через центральный венозный катетер с большим внутренним просветом (интродьюсер). Катетер «проплывает» через правое предсердие и желудочек, попадая в легочный ствол. В этой позиции, при раздутом баллоне катетер может окклюзировать одну из ветвей легочной артерии.

С помощью катетера возможно измерение ряда показателей, а дополнительные переменные получают на основании расчетов.

Измеряемые показатели — давление в легочной артерии, ДЗЛА, СВ и сатурация смешанной венозной крови. Традиционно, СВ измеряется с помощью термодилуции, путем введения 10 мл охлажденного раствора через проксимальный (центральный венозный) порт катетера. Измерение снижения температуры крови после введения и прохождения индикатора мимо дистального кончика катетера позволяет определить СВ правого желудочка, а, следовательно, и ЛЖ. Полу-непрерывное измерение СВ доступно при использовании катетера с нагреваемой спиралью, которая встроена в участок катетера, расположенный на уровне правого желудочка. Последовательные нагревы спирали с анализом полученных изменений в температуре крови позволяет определить усредненное значение СВ уже после короткого промежутка времени.

#### Практическое применение

Катетер вводится под контролем изменения формы кривой давления, соответствующей каждо-

Таблица 1

Техническая характеристика чреспищеводной ЭхоКГ

Показатель	Описание	Интерпретация
Высота (пика)	Пиковая скорость	Наиболее высокая, распознаваемая скорость потока в аорте может быть использована в качестве показателя постнагрузки, сосудистого сопротивления и сократимости
Угол наклона подъема	Среднее ускорение	Мера сократимости
Ширина основания	Время потока	Время сокращения ЛЖ (длительность кровотока в аорте). Корректированная для ЧСС, дает индекс преднагрузки (при узком основании можно предположить наличие гиповолемии)
Площадь под кривой волны	Ударное расстояние	Длина столба крови, перемещаемого по аорте в ходе каждого сердечного сокращения
Ударное расстояние	Ударный объем	Поперечное сечение аорты
Постнагрузка	Системное сосудистое сопротивление	Оценивается по уменьшению высоты и основания волны

му из отделов сердца и легочной артерии, а также положения заклинивания. Для правильного введения катетера может потребоваться несколько попыток, а сама процедура более сложная у больных с низким СВ.

#### *Преимущества*

Наиболее часто из всех показателей, получаемых с помощью флотационного катетера, используют СВ, позволяющий оценивать эффективность проводимых лечебных мероприятий. При интерпретации ДЗЛА как показателя, характеризующего преднагрузку, необходимо учитывать широкий ряд допущений, что снижает его надежность. Иногда в качестве глобального показателя тканевой перфузии используют сатурацию смешанной венозной крови, получаемой путем медленной аспирации крови из легочной артерии.

#### *Недостатки*

Катетеризация легочной артерии — высоко инвазивный метод мониторинга, сопряженный с рядом потенциальных осложнений. Исследование RAS-Map выявило нелетальные осложнения в ~ 10% случаев установки катетера Сван-Ганца. Помимо обычных осложнений, встречающихся при постановке центрального венозного катетера, катетеризация легочной артерии может приводить к развитию аритмий, блокаде и разрывам правых отделов сердца или легочной артерии, тромбоэмболии, инфаркту легкого, повреждению клапанов сердца и эндокардиту [12, 13].

## **Заключение**

В настоящее время не существует идеальной системы, но каждый из перечисленных выше мониторов может помочь практическому врачу при сомнениях, возникающих в отношении тактики ведения пациента, находящегося в критическом состоянии. Полученная информация должна быть интерпретирована с учетом возможных ограничений используемой методики и частной ситуации с пациентом. Только при таком условии она может быть безопасно использована для контроля и модификации интенсивной терапии.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

## **Литература**

1. The Lost Art of Healing. Boston, MA: Houghton Mifflin, 1996. New York City: Ballantine Books (paperback), Bernard Lown, 1999.
2. Zègre-Hemsey JK, Garvey JL, Carey MG. Cardiac Monitoring in the Emergency Department. *Crit Care Nurs Clin North Am.* 2016 Sep;28 (3): 331–45.
3. Schröder T. Hemodynamic monitoring — Basic monitoring. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 2016 Oct;51 (10): 610–615.
4. Langton JA, Hutton A. Respiratory gas analysis. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain.* 2009; 9 (1): 19–23.
5. Carey MG. Acute Coronary Syndrome and ST Segment Monitoring. *Crit Care Nurs Clin North Am.* 2016 Sep;28 (3): 347–55.
6. Engelmann L, Kunig S, Kunig H. Blood pressure monitoring — Status quo and future: A contribution to the personalized medicine. *Med. Klin. Intensivmed Notfmed.* 2016 Oct;111 (7): 610–18.
7. Bauchmuller K, Faulds M. Care of the critically ill patient. *Surgery.* 2015 apr;33 (4): 165–71.
8. Monnet X, Cipriani F, Camous L et al. The passive leg raising test to guide fluid removal in critically ill patients. *Ann Intensive Care.* 2016 Dec;6 (1): 46.
9. Brown Z, Gupta B. Electrical signals and their measurement. *Update in Anaesthesia 2008* (Базовый курс анестезиолога 2013; 24 (2): <http://arsgmu.ru>).
10. Vincent JL. Improved survival in critically ill patients: are large RCTs more useful than personalized medicine? *No. Intensive Care Med.* 2016 Nov;42 (11): 1778–80.
11. Aya HD, Cecconi M, Hamilton M, Rhodes A. Goal-directed therapy in cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth.* 2013 Apr;110 (4): 510–7.
12. Davey R, Raina A. Hemodynamic monitoring in heart failure and pulmonary hypertension: From analog tracings to the digital age. *World J Transplant.* 2016 Sep 24;6 (3): 542–7.
13. Cooper AS. Pulmonary Artery Catheters for Adult Patients in Intensive Care. *Crit Care Nurse.* 2016 Apr;36 (2): 80–2.