

Обеспечение безопасности больного, находящегося в состоянии анестезии, является одной из основных обязанностей анестезиолога. "Бдительность" — девиз Американского общества анестезиологов (the American Society of Anesthesiologists). Для эффективного обеспечения безопасности необходима система адекватного наблюдения за больным во время операции, поэтому Американское общество анестезиологов приняло стандарты интраоперационного мониторинга (минимальные стандарты приведены в рамке в конце главы). Анестезиолог должен разбираться в особенностях использования сложного мониторингового оборудования, включая экономические аспекты (принцип "затраты/эффективность"). В настоящей главе рассматриваются показания, противопоказания, методика, осложнения и клинические особенности применения наиболее важных и распространенных в анестезиологии мониторов.

Мониторинг кровообращения

Артериальное давление

Ритмичные сокращения левого желудочка вызывают колебания артериального давления. Пик артериального давления, генерируемый во время систолического сокращения, называется систолическим артериальным давлением (АДсист.); желобообразное снижение артериального давления в период диастолического расслабления — это диастолическое артериальное давление (АДдиаст.). Пульсовое давление представляет собой разницу между систолическим и диастолическим артериальным давлением. Средневзвешенное во времени значение артериального давления на протяжении сердечного цикла называют *средним артериальным давлением* (АДср.). Среднее артериальное давление можно рассчитать по следующей формуле:

$$\text{АДср.} = (\text{АДсист.} + 2\text{АДдиаст.})/3$$

Место измерения оказывает выраженное влияние на значение артериального давления. Когда пульсовая волна распространяется от сердца к периферии, то вследствие феномена отражения ее конфигурация искажается, приводя к увеличению АДсист. и пульсового давления (рис. 6-1). Например, АДсист. в лучевой артерии обычно выше, чем в аорте, потому что лучевая артерия расположена дистальнее. В отличие от вышесказанного после гипотермического искусственного кровообращения АДсист. в лучевой артерии ниже, чем в аорте, вследствие снижения сосудистого сопротивления верхней конечности (рис. 6-2). При использовании вазодилататоров (например, изофлурана, нитроглицерина) эта разница возрастает. На значения артериального давления также влияет место его измерения относительно уровня сердца, что обусловлено действием силы тяжести (рис. 6-3). При тяжелых заболеваниях периферических артерий могут наблюдаться существенные различия при измерении артериального давления на правой и левой руке; в этом случае следует принимать во внимание большее значение. Поскольку неинвазивные (пальпация, доплерография, аускультация, осциллометрия, плетизмография, тонометрия) и инвазивные (катетеризация артерии) методы измерения артериального давления существенно различаются, они будут рассмотрены отдельно.

1. НЕИНВАЗИВНЫЙ МОНИТОРИНГ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Показания

Общая и регионарная анестезия — это абсолютные показания для мониторинга артериального давления. Методика и частота измерения артериального давления зависят от состояния больного и вида хирургического вмешательства. В подавляющем большинстве случаев аускультативное измерение артериального давления каждые 3–5 мин

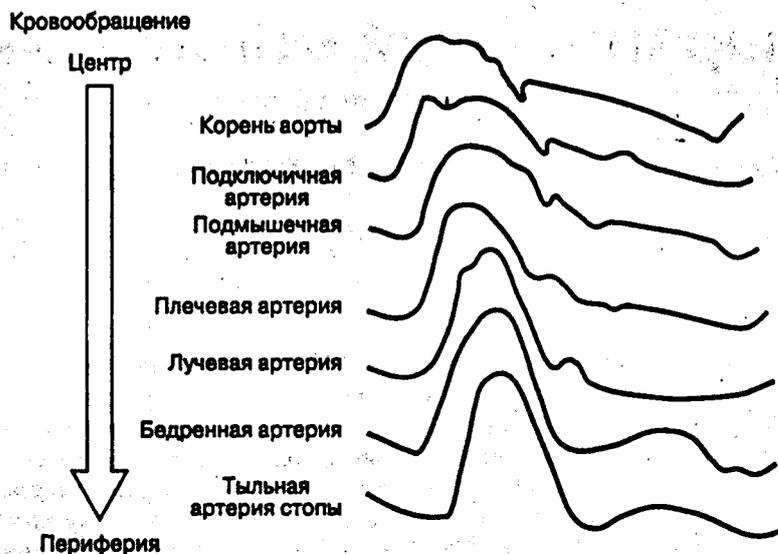


Рис. 6-1. Изменение конфигурации пульсовой волны по мере уменьшения калибра артерий. (Из: Blitt C. D. Monitoring in Anesthesia and Critical Care Medicine, 2nd ed. Churchill Livingstone, 1990. Воспроизведено с разрешения.)

представляет собой вполне адекватный подход. Если аускультативно измерить артериальное давление невозможно (например, при выраженном ожирении), то используют доплерографию или осциллометрию.

Противопоказания

Не следует накладывать манжетку для измерения артериального давления на конечность с аномалиями сосудов (например, артериовенозная фистула для гемодиализа) или установленным катетером для в/в инфузий.

Методика и осложнения

А. Пальпация. Измеряют АД сист. следующим образом: 1) определяют пульс на периферической артерии; 2) проксимальнее места пульсации накладывают манжетку прибора для измерения артериального давления и нагнетают в нее воздух до тех пор, пока пульс не перестанет определяться; 3) из манжетки медленно выпускают воздух — скорость снижения давления должна составлять приблизительно 2–3 мм рт. ст. на каждый удар сердца; 4) фиксируют давление в манжетке, при котором вновь начинает определяться пульс. Эта методика дает заниженные значения АД сист. вследствие недостаточной тактильной чувствительности пальцев, а также из-за задержки по времени между про-

хождением потока крови под манжеткой и дистальной пульсацией. С помощью пальпации невозможно определить диастолическое и среднее артериальное давление. Оборудование для измерения

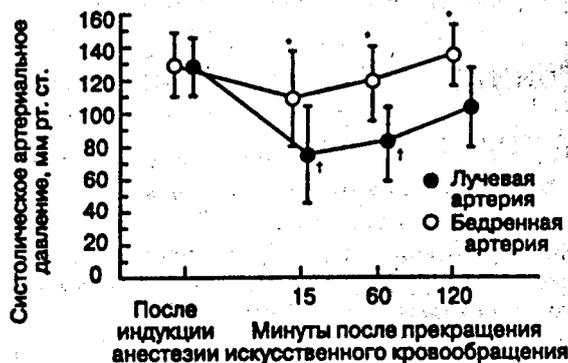


Рис. 6-2. Через 15, 60 и 120 мин после прекращения искусственного кровообращения систолическое артериальное давление в лучевой артерии ниже, чем в бедренной. Эта разница возрастает при использовании нитратов и антагонистов кальция. В то же время среднее артериальное давление в лучевой и бедренной артерии остается одинаковым. (Из: Maruyama K. et al. Effect of combined infusion of nitroglycerin and nicardine on femoral-to-radial arterial pressure gradient after cardiopulmonary bypass. Anesth. Analg., 1990; 70:428. Воспроизведено с разрешения.)

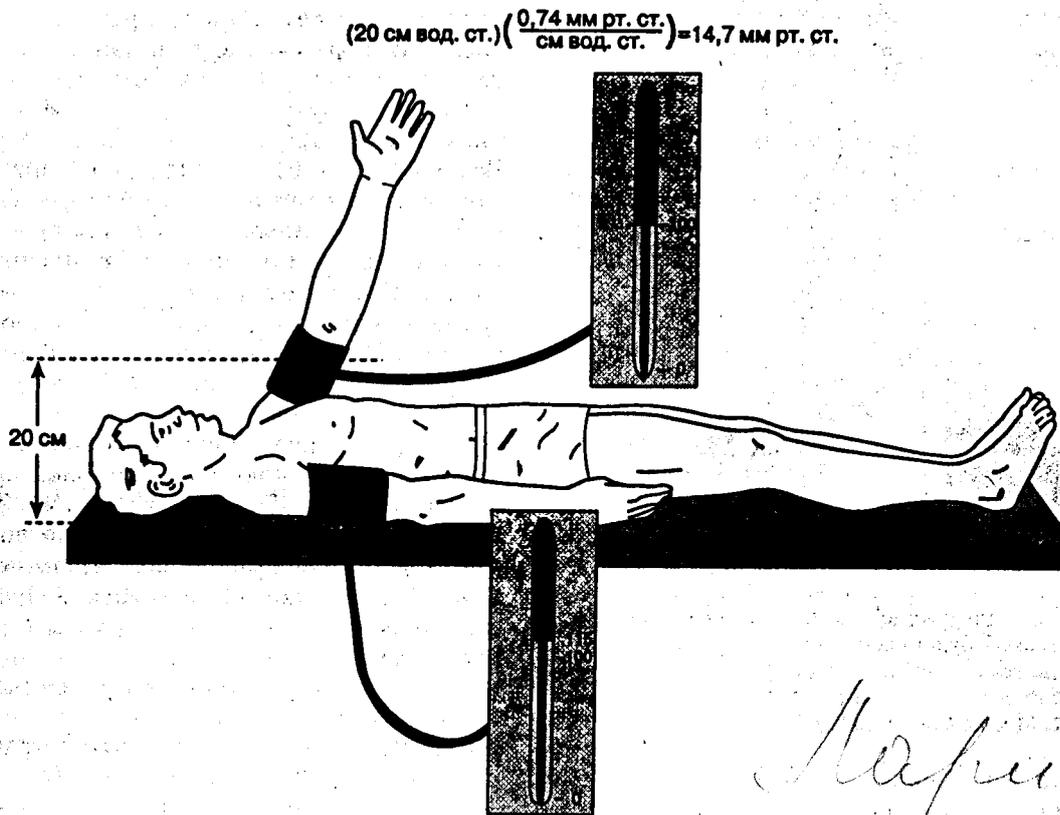


Рис. 6-3. Различия в результатах измерения артериального давления (в мм рт. ст.) при размещении манжетки на различной высоте равно величине водного столба между точками измерения (в см вод. ст.), умноженной на поправочный коэффициент (1 см вод. ст. = 0,74 мм рт. ст.)

артериального давления методом пальпации является простым и недорогим (рис. 6-4).

Б. Доплерография. Если заменить палец анестезиолога доплеровским датчиком, то измерение артериального давления становится возможным при ожирении, при шоке и у детей (рис. 6-5). **Эффект Доплера** состоит в том, что частота звука, издаваемого движущимся объектом, изменяется при восприятии этого звука неподвижным наблюдателем. Это изменение частоты звука получило название "сдвиг частоты звуковых волн". Например, громкость свистка поезда нарастает по мере его приближения и снижается при его удалении. При отражении звуковых волн от движущегося объекта также происходит сдвиг частоты звуковых волн. Доплеровский датчик посылает ультразвуковой сигнал, который отражается от тканей. Так как эритроциты продвигаются по артерии, то доплеровский датчик будет регистрировать сдвиг частоты ультразвуковых волн. Разница между из-

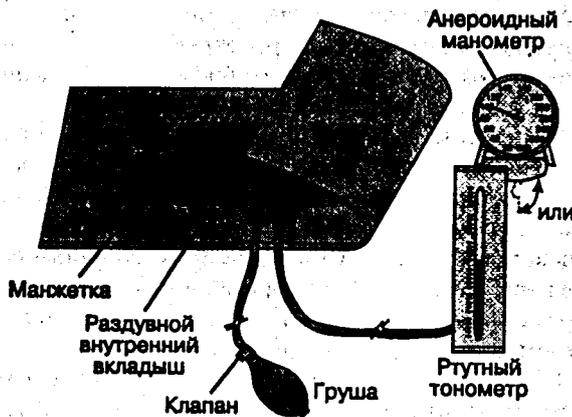


Рис. 6-4. Оборудование, необходимое для измерения артериального давления методом пальпации

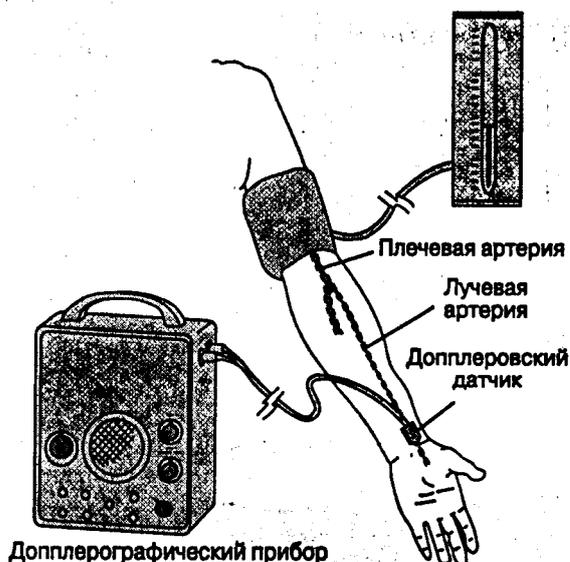


Рис. 6-5. Допплерографический прибор, закрепленный над лучевой артерией, будет воспринимать перемещения эритроцитов до тех пор, пока давление в манжетке не превысит систолического артериального давления. (С разрешения Parks Medical Electronics.)

лучаемой и воспринимаемой частотой вызывает свистящий звук, появление которого свидетельствует о возобновлении кровотока в сосуде. Так как воздух является проводником ультразвуковых волн, то на кожу следует нанести контактный гель (ни в коем случае не электродный — он вызывает коррозию датчика). Необходимо расположить датчик непосредственно над артерией, чтобы пучок ультразвуковых лучей прошел через стенку сосуда. Досадными помехами являются интерференция от перемещения датчика или работы электрокаутера. Следует заметить, что доплеровская методика позволяет достоверно измерить только АДсист.

Вариантом доплеровской методики является применение пьезоэлектрических кристаллов, которые регистрируют боковые смещения артериальной стенки при перемежающемся изменении просвета сосуда в систолу и диастолу. Использование пьезоэлектрических кристаллов позволяет измерить не только систолическое, но и диастолическое артериальное давление.

В. Аускультация. Раздувание манжетки давлением, промежуточным между систолическим и диастолическим, приводит к частичному перекрытию просвета подлежащей артерии, что вызывает турбулентный поток в сосуде и проявляется характерными звуками Короткова. Эти звуки можно

прослушать через стетоскоп, расположенный под дистальной третью раздутой манжетки или сразу дистальнее ее края. *Diasyst* — резиновый стетоскоп особой конструкции, который закрепляется по манжетку (с внутренней ее стороны) застежкам Велкро (рис. 6-6). Систолическое артериальное давление соответствует первым ударам звуков Короткова. Относительно диастолического артериального давления существует два мнения: согласно одному, это давление соответствует началу затухания звука, согласно второму — полному исчезновению. Иногда невозможно услышать звуки Короткова в части диапазона от АДсист. до АДдиаст. Этот аускультативный провал чаще всего наблюдается при артериальной гипертонии и может привести к ошибке — полученные значения артериального давления окажутся заниженными. Звуки Короткова трудно выслушать при гипотонии и при выраженной периферической вазоконстрикции. В подобных ситуациях с помощью микрофона выявляют волны субзвуковой частоты (ассоциированные со звуковыми), после чего усиливают их и измеряют систолическое и диастолическое артериальное давление; двигательные артефакты и интерференция от электрокаутера ограничивают применение этой методики.

Г. Осциллометрия. Пульсация артерии вызывает колебания (осцилляции) давления в манжетке. Эти осцилляции малы, если давление в манжетке

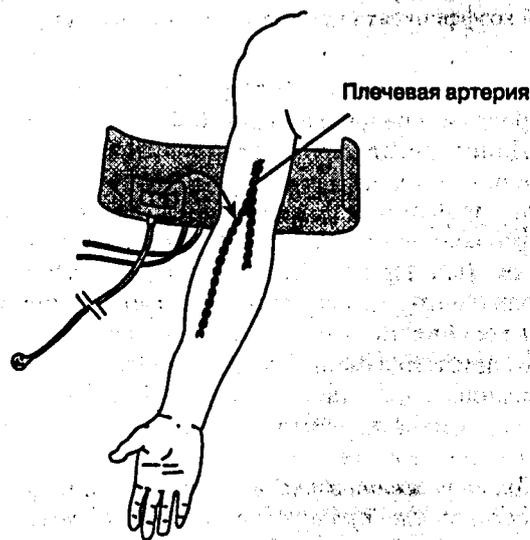


Рис. 6-6. Стетоскоп *Diasyst*. (Из: Cohen D. D., Robins L. S. Blood pressure monitoring in the anesthetized patient: A new stethoscope device. *Anesth. Analg.*, 1966; 45: 93. Воспроизведено с изменениями, с разрешения.)

же больше, чем АДсист. Когда давление в манжетке снижается до уровня АДсист., то пульсация передается на манжетку и осцилляции заметно возрастают. Амплитуда осцилляций максимальна, когда давление в манжетке соответствует АДср., при дальнейшем снижении давления амплитуда уменьшается. Поскольку некоторые осцилляции давления в манжетке не вызваны изменением артериального давления (например, некоторые осцилляции присутствуют при давлении выше систолического или ниже диастолического), то ртутный и anerоидный манометры дают довольно грубые и неточные результаты. Автоматические электронные мониторы измеряют давление, которое соответствует изменению амплитуды осцилляций (рис. 6-7). Микропроцессор в соответствии с алгоритмом рассчитывает АДсист., АДдиаст. и АДср. Для адекватной работы осциллометрических мониторов необходима последовательность одинаковых пульсовых волн, поэтому они могут давать неправильные результаты при аритмиях (например, мерцательная аритмия). Осциллометрические мониторы не следует применять при использовании аппарата искусственного кровообращения. Тем не менее благодаря скорости получения результатов, точности и возможности применения в различных клинических ситуациях наибольшее распространение в США получил именно осциллометрический метод неинвазивного мониторинга артериального давления.

Д. Плетизмография. Пульсация артерий вызывает преходящее увеличение кровенаполнения конечностей. Пальцевый фотоплетизмограф, состоящий из светодиода и фотоэлемента, измеряет изменения объема пальца. Если давление в проксимально расположенной манжетке превышает АДсист., то пульсации и изменения в объеме прекращаются. Плетизмограф Finapres (*finger arterial pressure* — артериальное давление в пальце) непрерывно измеряет минимальное давление в пальцевой манжетке, необходимое для того, чтобы объем пальца все время оставался одинаковым. Воздушный насос, управляемый соленоидом, быстро модулирует давление в манжетке, что отражается на дисплее в виде непрерывной кривой колебаний артериального давления. Данные плетизмографического мониторинга обычно соответствуют данным, полученным с помощью внутриартериального катетера. Однако плетизмография дает недостоверные результаты при нарушенной периферической перфузии (например, при заболевании периферических артерий или гипотермии).

Е. Артериальная тонометрия. Артериальная тонометрия позволяет неинвазивно и непрерывно определять артериальное давление путем измерения давления, необходимого для частичного прижатия поверхностной артерии (например, лучевая артерия) к подлежащим костным структурам. Тонометр состоит из нескольких независимых датчиков давления и накладывается на кожу в проек-

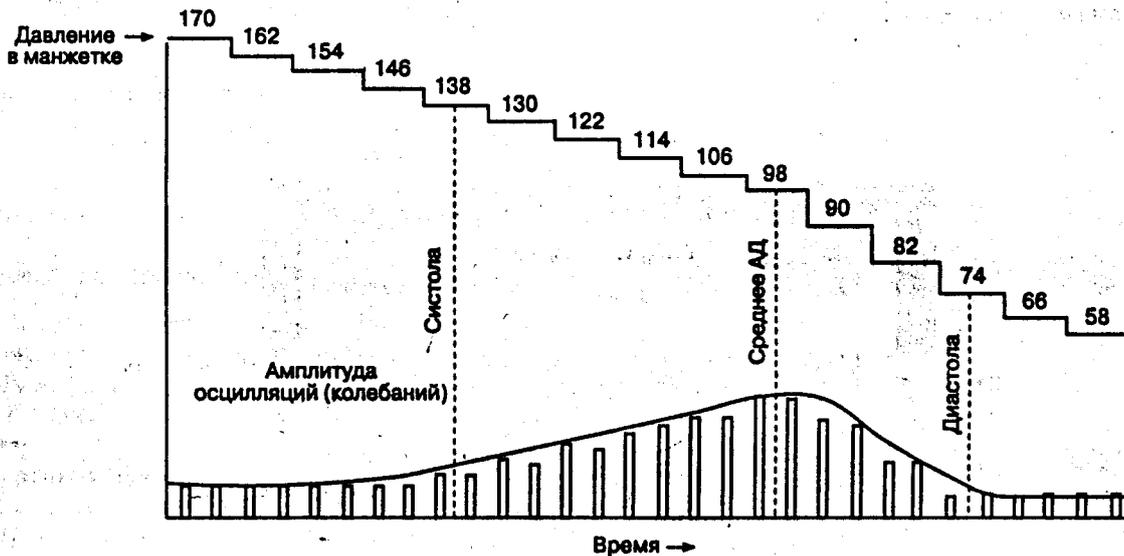


Рис. 6-7. Осциллометрическое определение артериального давления