

Л Е К Ц И И

А.Л. Левит

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ АНЕСТЕЗИИ И ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ В КАРДИОХИРУРГИИ

Уральская государственная медицинская академия

В начале XIX века конгресс США предложил 100 000\$ тому, кто найдет средство от боли. Доктор Крауфорд В. Лонг из Джорджии в 1842 г. и доктор Уильям Мортон из Бостона в 1846 г. применили эфир для наркоза. Однако борьба между ними за приоритет дала возможность конгрессу отменить свое решение. Так появился ингаляционный эфирный наркоз, который долгие годы был основным способом общей анестезии. С этого времени началось триумфальное шествие анестезиологии, которая как никакая другая специальность за относительно короткий период добилась больших успехов.

Кардиохирургия не намного моложе анестезиологии. Первой кардиохирургической операцией считается фистула Экка (1879). В 1923 г. была выполнена первая операция на митральном клапане (E.Culter), в 1938 г. был перевязан открытый артериальный проток (R.Gross). В то время как имена хирургов, выполнивших первые операции, стали достоянием истории, о первых наркотизаторах ничего неизвестно.

Анестезиологическое обеспечение в кардиохирургии наряду с другими составляющими (хирургическая техника, искусственное кровообращение, кардиоплегия, гипотермия) занимает особое место. Этот раздел анестезиологической науки был назван «кардиоанестезиология», и в настоящее время кардиоанестезиология является самостоятельным разделом анестезиологии. Первые публикации, посвященные особенностям анестезии при операциях на сердце, относятся к середине XX века (Moody J., 1948; Moffit E., 1959; Mushin W., 1963). В отечественных руководствах по анестезиологии этой проблеме было посвящено от 3 (И.С. Жоров, 1959) до 23 страниц (П.К. Дьяченко и В.М. Виноградов, 1962). В основном вопросы анестезии и искусственного кровообращения обсуждались в монографиях выдающихся кардиохирургов: Н.М. Амосов, 1958; А.Н. Бакулев и Е.Н. Мешалкин, 1955; Б.А. Королев, 1957; П.А. Куприянов, 1960; Б.В. Петровский, 1960; В.И. Бураковский, 1972.

Буквально через 20 лет за рубежом начинают выходить многотомные руководства по кардиоанестезиологии (J. Kaplan, 1979; F. Hensley, D. Martin, 1985; F. Estafanous et al., 1994).

Необходимо отметить, что отличие анестезиологии от остальных разделов медицины в том, что процесс проведения анестезии схож с другими комплексно-технологическими процессами, такими как, например, авиация (D. Woods, 1988). Наиболее сложным является проведение анестезии в кардиохирургии, что обусловлено характерными патофизиологи-

ческими сдвигами в организме: артериальной гипоксемией, недостаточностью кровообращения, легочной гипертензией, нарушениями ритма сердца, ишемией миокарда.

Наличие указанных нарушений ставит перед анестезиологом особые задачи, сформулированные J. Kaplan в 1979 г.:

- тщательная дооперационная оценка больного и выбор метода анестезиологического обеспечения,
- максимальное управление скопрометированной гемодинамикой и, следовательно, функциями других органов,
- поддержание удовлетворительного газообмена в условиях хронической кислородной недостаточности,
- профилактика и терапия нарушений гемодинамики до коррекции порока или заболевания сердца,
- защита миокарда при выключении сердца из кровообращения и обеспечение адекватности искусственного кровообращения,
- восстановление эффективного самостоятельного кровообращения после искусственного,
- своевременная диагностика и лечение осложнений в ближайшем посленаркозном периоде,
- быстрое восстановление больного после операции.

По мнению (H. Gaba et al., 1987), проведение анестезии в принципе не сложно, однако она несет элемент непредсказуемости, когда в возникновении осложнений значительную роль играет так называемый «человеческий фактор». Можно выделить следующие причины осложнений, связанных с человеческим фактором: недостаточное образование анестезиолога, недооценка исходного состояния больного, незнание патофизиологии порока или заболевания сердца, нарушение техники ведения анестезии и трансфузионного обеспечения, непонимание принципов искусственного кровообращения (ИК) и гипотермии.

Таким образом, роль анестезиолога при операциях на сердце заключается не только в проведении обезболивания, но предполагает знание: патофизиологии сердечно-сосудистой системы, анатомии пороков и заболеваний сердца, фармакологии сердечно-сосудистых препаратов, теории и практики инвазивного и инвазивного мониторинга, основ искусственного кровообращения и управляемой гипотермии.

Регуляция кровообращения. Общеизвестно, что ударный объем (УО) определяется: преднагрузкой (длина мышцы перед началом сокращения), постнагрузкой (сопротивление, препятствующее сокращению), сократимостью (внутреннее свойство мышцы, определяющее силу сокращения, но независимое ни от пред-, ни от постнагрузки). При пороках клапанов сердца имеет значение и характер сердечного ритма.

Преднагрузкой для желудочка является конеч-диастолический объем (КДО), а ее показателем –

конечно-диастолическое давление (КДД). КДД левого желудочка (КДДЛЖ) или давление заклинивания капилляров легочной артерии (ДЗКЛА) является показателем преднагрузки левого желудочка. Давление в правом предсердии или центральное венозное давление (ЦВД) можно использовать как показатель преднагрузки правого желудочка, а у большинства людей и левого. Строго говоря, КДДЛЖ можно использовать в качестве показателя преднагрузки только при условии, что растяжимость желудочка (соотношение между объемом и давлением) постоянна. Зависимость между сердечным выбросом и КДО известна как Закон Франка-Старлинга. Основные факторы, влияющие на преднагрузку: венозный возврат, объем циркулирующей крови (ОЦК), распределение ОЦК (внутригрудное давление, положение тела), давление в полости перикарда, венозный тонус, систола предсердий, частота сердечных сокращений (ЧСС).

Сопротивление артерий сердечному выбросу или напряжению стенки желудочка во время систолы определяет постнагрузку. Напряжение стенки желудочков выражается Законом Лапласа. Постнагрузкой для желудочков сердца считается систолическое внутривентрикулярное давление, на которое влияют: сила сокращений, эластические свойства аорты и ее проксимальных ветвей, вязкость крови. Показателем постнагрузки для левого желудочка можно считать общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС), а для правого – легочное сосудистое сопротивление (ЛСС).

На сократимость сердца или инотропизм влияют нервные, гуморальные, фармакологические факторы.

Каковы же основные пути поддержания эффективного кровообращения во время операций на сердце. Во-первых, это восстановление и сохранение механизмов саморегуляции сердечной деятельности: гетерометрического (E. Starling, 1918) и гомеометрического (G. Anrep, 1912; S. Samoff, 1960) и, во-вторых, поддержание транспорта кислорода в миокарде (соотношение доставки: потребление).

Необходимо отметить, что если механизм Франка-Старлинга, как наиболее экономичный для миокарда, хорошо известен и достаточно полно обсужден в литературе, то феномен гомеометрической регуляции требует обсуждения. Было показано, что как увеличение частоты сердечных сокращений (эффект Бюудича), так и повышение давления в аорте (эффект Анрепа) кратковременно приводят к увеличению диастолического объема и сердечного выброса (Б. Фолков и Э. Нил, 1976). Однако этот механизм саморегуляции кратковременный и затратный с точки зрения потребления кислорода миокардом.

Транспорт кислорода в миокарде во многом зависит от коронарного кровотока, главной отличительной особенностью которого является прерывистость. Коронарное перфузионное давление (КПД) определяется разницей между диастолическим АД и КДД левого желудочка. При снижении КПД эндокард испытывает самое высокое интрамуральное давление во время систолы и поэтому подвержен риску развития ишемии. На доставку кислорода влияют: ЧСС (длительность диастолы), КПД, содержание кислорода в

артериальной крови (напряжение кислорода в артериальной крови, концентрация гемоглобина), диаметр коронарных сосудов. Потребление кислорода в миокарде зависит от: ЧСС, напряжения стенки желудочка (пред-, постнагрузка), сократимости.

Таким образом, знание особенностей гемодинамики позволяет управлять ею в зависимости от характера порока или заболевания сердца. Так, при митральной недостаточности следует снижать ОПСС, в то время как при аортальном стенозе – повышать. При митральном стенозе необходимо избегать тахикардии и повышать ОПСС. При гипертрофии желудочков сердца надо увеличивать преднагрузку, особенно при вводном наркозе.

Функциональное состояние легких при операциях на сердце. Анестезия влияет на газообменную функцию легких, статическое (давление - объём) и динамическое (давление - поток) состояние дыхательной системы. Гемодинамические сдвиги, возникающие в результате лево- или правожелудочковой недостаточности, нарушений ритма сердца, приводят к неадекватной тканевой перфузии и снижению парциального давления кислорода в смешанной венозной крови, что, в свою очередь, усиливает эффекты артериальной гипоксемии. Во время наркоза при кардиохирургических операциях нарушается соотношение между вентиляцией и перфузией в легких, что обусловлено нарушением компенсаторных механизмов.

Наиболее важными патофизиологическими механизмами нарушений гомеостаза во время анестезии являются изменение вентиляционно-перфузионных соотношений и развитие внутрилёгочного шунтирования. крайняя степень которых проявляется в виде острого легочного повреждения (ОЛП) во время и после перфузии. Причинами ОЛП являются: «цитокинный каскад» (образование биологически активных медиаторов, активизация комплемента, агрегация тромбоцитов, секвестрация в лёгких гранулоцитов), коллапс лёгких во время перфузии, увеличение объема внесосудистой жидкости в лёгких после перфузии. Последнее связано с объёмной перегрузкой миокарда при подаче из АИКа, приводящей к снижению внутрисосудистого коллоидно-осмотического давления, что согласно закону Старлинга (1896), увеличивает передвижение жидкости в интерстициальное пространство.

Анестезия. Основными принципами анестезии в кардиохирургии являются: многокомпонентность, достаточность, индивидуальность, специфичность, «прозрачность анестезии», адекватность технического обеспечения. Достаточно сложно обозначить наиболее важный из этих шести принципов, однако остановиться хотелось бы на «прозрачности», которая связана с адекватным мониторингом. Мы выделяем базовый и дополнительный мониторинг.

К базовому относится: ЭКГ (непрерывный мониторинг ЭКГ во II стандартном и V₅ отведениях, компьютеризированный анализ сегмента ST и мониторинг всех стандартных и дополнительных отведений), гемодинамика (срАД, ЦВД, ДЛА, ДЛП), температурный градиент между пищеводом и прямой кишкой, темп диуреза, анестезия (F_i и E_t газов, МАК, расход ингаляционных анестетиков), вентиляция (капно-

метрия, пиковое давление, FiO_2 , EiO_2), оксигенация (SpO_2 , p_aO_2 , p_aCO_2 , p_vO_2 , p_aCO_2 , VO_2 , DO_2), гемостаз (ABC), лабораторные показатели (концентрационные показатели крови, КОС, электролиты, уровень глицемии, гемолиз), мониторинг перфузии, ЧП ЭхоКГ.

Дополнительные методы исследования проводятся в зависимости от тяжести состояния и сложности оперативного вмешательства. При дисфункции левого желудочка (ФВ не выше 40%), при легочной гипертензии, при сложных операциях проводится мониторинг центральной гемодинамики (методом термодилуции). При операциях на дуге аорты, при глубокой гипотермии с остановкой кровообращения, ретроградной перфузии головного мозга, у больных с последствиями НМК во время и после операции используют церебральную оксиметрию, ТКДГ, ЭЭГ, лабораторное исследование крови из луковички яремной вены и мониторинг SvO_2 . При торакоабдоминальных аневризмах применяют дренаж спинномозговой жидкости, контроль ВЧД, метод вызванных потенциалов. При остром легочном повреждении и гипергидратации необходимо измерение внесосудистой воды в легких («Picco-Plus»).

Любопытно, что требования к так называемому «идеальному анестетику» в кардиохирургии не изменились за последние сорок лет: он не должен угнетать миокард, снижать сердечный выброс и ОЦК; не должен повышать раздражимость сердца, парасимпатическую или симпатическую активность, способствовать возникновению аритмий и изменению частоты сердечных сокращений; не должен увеличивать выброс адреналина, изменять АД, снижать приток, увеличивать капиллярную проницаемость; не должен затруднять газообмен, затягивать период введения в наркоз и пробуждение (П.К. Дьяченко и В.М. Виноградов, 1962).

Сегодня в кардиоанестезиологии не существует проблемы адекватности анестезии – эта проблема решена. Основная проблема в наличии или отсутствии кардиопротективного эффекта у того или иного анестетика.

Естественно, что первым анестетиком, использованным в кардиохирургии, был эфир (J. Веуг, 1953). Другой ингаляционный анестетик – фторотан, ввиду нежелательных гемодинамических эффектов, высокой токсичности и малой широты терапевтического действия не получил широкого распространения в кардиоанестезиологии (Е. Moffit, 1959).

В конце 60-х годов стало очевидным, что ингаляционный наркоз не способен защитить больного при операциях на сердце. На смену ингаляционному наркозу пришла нейролептаналгезия и другие варианты неингаляционной анестезии (А. Буянтян 1972; Н. White, S. Tarhan, 1970). Впоследствии неингаляционный наркоз был назван тотальной внутривенной анестезией (ТВА). ТВА – это использование препаратов, воздействующих на различные уровни центральной и периферической нервной системы. Однако проблема адекватности её при операциях в условиях ИК оставалась. Свидетельством этого явились многочисленные работы о пробуждении больных во время искусственного кровообращения, нестабильности гемодинамики и нейровегетативного статуса. Большие надежды воз-

лагались на морфинный наркоз. Действительно, было показано преимущество центральной аналгезии, основанной на блокаде ноцицептивных связей при операциях в условиях ИК (Е. Lowenstein, 1969; Ф. Белоярцев, 1972). Считалось, что центральные анальгетики не обладают цитотоксическим действием и не оказывают влияние на механизмы регуляции гомеостаза. Недостатками морфина является гипотония, как следствие несоответствия между величиной ОЦК и ёмкостью сосудистого русла. Кроме того, при морфинном наркозе возникает необходимость в длительной искусственной вентиляции легких после операции, нарушаются механизмы адаптации в послеоперационном периоде. Несмотря на недостатки неингаляционной анестезии, к середине 80-х годов она являлась основным видом обезболивания при операциях на сердце (Т. Дарбинян, 1981).

Необходимость кардиопротекции заставила исследователей вновь обратиться к ингаляционным анестетикам. Было показано, что изофлюран и севофлюран могут уменьшать степень повреждения миокарда и обеспечивать его защиту после прекращения подачи (D. Cope, 1997). Этот эффект был назван *anesthetic preconditioning* (APC). Известно, что чаще всего повреждение миоцитов, эндотелия и сосудистых клеток происходит в результате реперфузии, а не как следствие самой ишемии. Особая форма защиты миокарда (*ischemic preconditioning*) – это защита до развития собственно ишемии. Улучшение коронарной перфузии, уменьшение аритмий и повышение контрактильности после реперфузии многие связывают с этим видом кардиопротекции (O. Stone, 1999; J. Pottatt, 1994). Вероятно, этот же механизм имеет место при воздействии летучих анестетиков на клетки мозга, печени и почек.

В настоящее время кардиопротективный эффект общей анестезии – это путь к расширению показаний к операции у больных с исходно скомпрометированным миокардом.

Этапы анестезиологического обеспечения операций на сердце отличаются от общеанестезиологических наличием доперфузионного, перфузионного и постперфузионного периода. Опасности доперфузионного периода связаны с ретракцией грудины и расхождением перикарда, манипуляциями в области проводящей системы сердца, вероятностью кровотечения. В этот период преобладает парасимпатическая стимуляция, что наиболее сильно проявляется у больных, получавших β -блокаторы, Са-блокаторы. Снижение сердечного выброса может быть обусловлено снижением преднагрузки из-за выравнивания внутригрудного и атмосферного давления. В этот период возможно развитие аритмий, артериальной гипертензии и ишемии миокарда.

По нашему мнению, выбор анестетика менее важен, чем методика его применения. Доза и скорость индукции зависят от функции левого желудочка. У тяжелых больных с ФВ менее 40% индукция в наркоз должна проводиться медленно и дробно, так называемая «кардиоиндукция». Для предотвращения желудочковой экстрасистолии рекомендуют профилактическое применение β -блокатора эсмолола на этапе интубации трахеи. Основная задача – это поддержа-

ние достаточного сердечного выброса до коррекции порока или заболевания сердца.

Говоря об анестезиологическом пособии, нельзя не коснуться вопросов ИВЛ. Основными принципами ИВЛ являются: мониторингирование, нормовентиляция до начала искусственного кровообращения и умеренная гипервентиляция сразу после, поддержание FiO_2 ниже 0,5 до и 1,0 сразу после ИК, поддержание МВЛ 1 л/мин при ПДКВ 5 см H_2O во время ИК.

Эволюция методов защиты больного и улучшение результатов хирургического лечения заболеваний и пороков сердца – это следствие развития фармакологии, патофизиологии и морфологии и совершенствования медицинских технологий, в том числе и методов искусственного кровообращения и кардиоплегии.

Искусственное кровообращение. Основная цель искусственного кровообращения – поддержание объемной скорости перфузии (ОСП) и ОПСС достаточными для адекватного АД и кровотока. ($\text{АДср} = \text{ОСП} \times \text{ОПСС}$). Стандартным уровнем АД считается 50-70 мм рт ст. Основные задачи при проведении ИК: адекватный первичный объем заполнения АИК, тщательность заполнения системы, постоянный мониторинг перфузии.

При проведении ИК происходит гормональные и гуморальные реакции, связанные с выключением легких из кровообращения, активацией медиаторного каскада и развитием неинфекционного синдрома системного воспаления (SIRS), дисфункцией тромбоцитов и развитием синдрома диссеминированного внутрисосудистого свертывания (ДВС). Кроме того, ИК влияет на фармакокинетику лекарственных препаратов. В начале ИК происходит снижение концентрации препарата в результате гемодилюции, нарушения связывания с белками плазмы, а также связывание с компонентами контура АИКа. В процессе перфузии концентрация препаратов повышается в результате снижения кровотока в печени и почках, а также гипотермии. Гемодинамика во время ИК также претерпевает изменения: снижение АД в начале ИК связано с резко возникшей гемодилюцией, которая уменьшает вязкость крови и резко снижает ОПСС, повышение АД происходит благодаря выбросу катехоламинов. Длительная гипотония во время ИК связана с избыточной вазоплегией (анестезия), повреждением аорты или других магистральных сосудов, низким венозным возвратом, неисправным насосом, ошибкой датчика давления. Считается, что у тяжелых больных уровень АД во время перфузии должен быть выше стандартного.

Современное оборудование для ИК, стандартные методики делают процесс перфузии достаточно рутинным, однако до сих пор ведутся дискуссии по поводу температурного режима ИК. Впервые общая гипотермия в кардиохирургии была применена в 1950 г. (W. Bigelow), а гипотермия при ИК в 1958 г. (W. Sealy et al). Преимущества гипотермии заключаются в противошоковой защите миокарда и всего организма, уменьшении травмы крови (за счет гемодилюции и снижения объемной скорости перфузии). С учетом несовершенства методики ИК и оборудования для его проведения на определенном этапе развития

кардиохирургии гипотермия была необходима. По мере накопления опыта были выявлены недостатки гипотермии, такие как нестабильность клеточных мембран, дефицит образования энергетических субстратов и нарушение обмена глюкозы, увеличение травмы форменных элементов крови и повышение кровоточивости; увеличение вязкости крови, удлинение продолжительности ИК, образование холодových антигел, увеличение гемодилюции и отек тканей.

В результате гипотермия должна защитить организм от гипоксии и ишемии, причиной которых сама во многом является. В то же время, современные оксигенаторы и насосы, используемые в аппаратах искусственного кровообращения (АИК), способны обеспечить адекватную перфузию органов и тканей в условиях нормотермии. Очевидно, что нормотермическая перфузия более физиологична для организма, чем гипотермическая. Следовательно, возможно проведение менее "тяжелой" анестезии и быстрое восстановление пациентов после операции.

Наиболее грозным осложнением ИК являются неврологические расстройства, которые наблюдаются у 15-90% больных (S. Attowsmith, 1999). Риск развития инсульта после операции колеблется от 1 до 10%. Основными причинами неврологических осложнений после операций с ИК являются: механическая и газовая эмболия, вовлечение ткани головного мозга в системную воспалительную реакцию (B. Hindman, 2001), генетически обусловленная восприимчивость к церебральным нарушениям и неспособность к восстановлению после (B. Tardiff, 1997). Для профилактики неврологических осложнений во время ИК используют технологические, фармакологические (апротинин, блокаторы NMDA-рецепторов, ксенон, лидокаин, β -блокаторы и т.д.) и нефармакологические (температурный режим перфузии) методы, а также кардиохирургию без ИК.

Кардиоплегия. Этот термин был введен W.C. Sealy и W.G. Young в 1958 г., и под ним понимают методы защиты миокарда во время ИК. Основная задача кардиоплегии – уменьшить повреждающее действие ишемии и реперфузии. Повреждающими факторами ишемии при прекращении коронарного кровообращения считают недостаток кислорода, недостаток энергии, повреждающее действие метаболитов (А.И. Малащенко, 2001). Отрицательная роль реперфузии заключается в резкой активации реакции ПОЛ, кальциевой перегрузке, цитокиновом каскаде (P. Menasche, 1994). Кардиоплегия различается по времени введения: постоянная и прерывистая, по методу введения: антеградная и ретроградная, по температуре: холодовая и тепловая, по составу: фармакологическая и кровяная.

В настоящее время доказаны преимущества метода «теплое тело – холодное сердце», т.е. сочетание кровяной кардиоплегии и нормотермической перфузии (S. Liechtenstein, 1995; К. Никитин, 2002).

Переход на самостоятельное кровообращение. Для прекращения ИК необходимы следующие условия: согревание больного до температуры 37°C в пищевом тракте без градиента, герметизация сердца и профилактика воздушной эмболии, снятие зажима с аор-

ты, возобновление ИВЛ, отсутствие ацидоза, гипокальциемии, гиперкалиемии, гематокрит выше 25%.

Переход на самостоятельное кровообращение возможен при эффективной частоте сердечных сокращений (выше 80 в мин), при необходимости подключение ЭКС, увеличении сердечного выброса в ответ на преднагрузку (работа механизма Франка-Старлинга) и после адекватного мониторингового контроля эффективности операции и отсутствия пузырьков воздуха в полостях сердца (включая ЧП ЭхоКГ). Стабилизация систАД выше 80 мм рт. ст. при преднагрузке правого желудочка не ниже 10 мм рт. ст. позволяет остановить АИК. Интраоперационное показание к методам вспомогательного кровообращения – это невозможность отключения АИКа на фоне высоких доз адреносиметиков (Д.В. Шумаков и др., 2001).

Послеоперационный период. Выдающийся кардиохирург академик В.И. Бураковский сказал, что если операция сделана нормально, никакой реанимации не нужно (1975 г.). К сожалению, в настоящее время в связи с постарением контингента больных, усложнением сопутствующей патологии, расширением показаний к хирургическому лечению и увеличению количества сочетанных операций послеоперационная интенсивная терапия необходима.

Наиболее часто встречающиеся осложнения после операций на сердце: острая сердечная недостаточность, острая церебральная недостаточность, тя-

желый сепсис и септический шок, острая дыхательная недостаточность, острая почечная недостаточность (чаще преренальная). К сожалению, в последние время возникающие осложнения связаны с системной воспалительной реакцией и носят характер полиорганной недостаточности.

Заключение

За относительно короткий срок анестезиология, как самостоятельная отрасль медицины, получила огромное развитие. В большой степени в этом заслуга кардиохирургии. Именно кардиохирургия ставит перед анестезиологией особые задачи по обеспечению безопасности больного во время операции. В настоящее время принципы кардиоанестезиологии, заложенные 40 лет назад, остались прежними.

Успехи последних десятилетий в области хирургического лечения пороков и заболеваний сердца связаны не только с совершенствованием диагностики и хирургической техники, но и с внедрением в практику рациональных методов анестезии, искусственного кровообращения и кардиоплегии, позволяющих расширить показания к хирургическому лечению и контингент оперируемых больных.

Следование современным тенденциям кардиоанестезиологии позволило нам снизить реанимационный койко-день после операций на сердце в условиях искусственного кровообращения до 1,9, а послеоперационную летальность до 3,7%.