



В. В. Бойко, И. В. Поливенко,
Ю. Н. Скибо, О. В. Бучнева,
А. В. Петков, В. Е. Мегера,
Д. А. Куликова, Я. В. Шафер,
Н. В. Шателен

ГУ «Институт общей
и неотложной хирургии
НАМН Украины», г. Харьков

© Коллектив авторов

ЦИРКУЛЯТОРНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИ ОСТРОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Резюме. В работе представлена динамика изменения показателей газового состава крови и гемодинамики при различной вено-артериальной циркуляторной поддержке у свиней с экспериментальным критическим уровнем легочной гипертензии. Было установлено, что при формировании острой перегрузки правого желудочка наиболее целесообразна вено-артериальная циркуляторная поддержка на уровне 50% от системного кровотока, что может улучшить результаты лечения больных с правожелудочковой дисфункцией.

Ключевые слова: недостаточность правого желудочка, легочная гипертензия, циркуляторная поддержка, эксперимент.

Вступление

Перегрузка давлением правого желудочка (ПЖ), которая может возникнуть при легочной гипертензии, способна скомпрометировать функцию левого желудочка и, соответственно, привести к его недостаточности, к снижению выброса и тканевой перфузии [2]. Применение вено-артериального вспомогательного кровообращения позволит снизить преднагрузку для правого желудочка и увеличить системный кровоток.

Цель предложенного экспериментального исследования заключается в создании критического уровня легочной гипертензии с последующим вспомогательным кровообращением в различных объемах производительности для определения максимально эффективной вено-артериальной циркуляторной поддержки [3]. Полученные данные позволят определить оптимальные режимы вспомогательного кровообращения.

Исходя из общности основных биологических процессов в живой природе можно предполагать наличие таких же закономерностей у человека [1], что позволит предложить патогенетически обусловленную терапию правожелудочковой дисфункции путем уменьшения преднагрузки для правого желудочка и улучшения постнагрузки для левого желудочка.

Материалы и методы

Эксперимент проведен на 8 лабораторных разнополых свиньях породы Вьетнамские в возрасте 150—170 дней, массой 27—35 кг, которые содержались в одном и том же помещении при постоянной температуре (22—25 °С) на стандартном рационе вивария. Содержание, уход и методы экспериментальной работы соответствовали соблюдению международных принципов Европейской конвенции о защите позвоночных животных (Страсбург, 1985) [4].

Определяя уровень перегрузки правого желудочка давлением, мы исходили из предыдущих экспериментальных данных об устойчивости ПЖ

к перегрузке давлением и времени появления морфологических изменений, которые свидетельствуют, что формирование правожелудочковой перегрузки на уровне 75% от системного давления приводит к выраженной недостаточности ПЖ с его декомпенсацией [5, 6]. Длительность экспериментальной модели в исследуемых группах животных определялась гемодинамическими, ожидаемыми микроскопическими изменениями и составила 60 минут после суживания легочной артерии и подключения вспомогательного кровообращения.

Животные были разделены на четыре группы: группа контроля (две свиньи) и три группы по две свиньи в каждой, в которых выполнялись моделирование острой недостаточности правого желудочка и циркуляторная поддержка на различных уровнях производительности:

1) контрольная группа — применены оперативный доступ к сердцу и сосудам, введение катетеров и суживание легочной артерии с увеличением давления в правом желудочке до 75% от системного;

2) первая группа — давление в правом желудочке поднимали до 75% от системного, и вено-артериальная циркуляторная поддержка осуществлялась с производительностью 25%;

3) вторая группа — давление в правом желудочке поднимали до 75% от системного, и вено-артериальная циркуляторная поддержка осуществлялась с производительностью 50%;

4) третья группа — давление в правом желудочке поднимали до 75% от системного, и вено-артериальная циркуляторная поддержка осуществлялась с производительностью 75%.

Анестезиологическое пособие осуществляли путем внутривенного введения кетамина (50 мгг⁻¹), фентанила (2—4 мгкг⁻¹). Для адекватного контроля дыхательной функции применяли стандартную трахеостомию с последующим введением и фиксацией интубационной трубки. Для инвазивного мониторинга использовалась

артериальная система тазовой конечности свиньи. В качестве оперативного доступа применяли продольную срединную стернотомию.

Оксигенация крови ни в одной группе животных не производилась. Препарат сердца изымался через 60 минут после суживания легочной артерии. Перед изъятием препарата, на 55-й минуте после суживания легочного ствола, измеряли давление в правом желудочке и аорте, а также производили забор анализов газового состава крови.

Результаты исследования и их обсуждение

В условиях искусственной вентиляции легких в группе контроля при разведенной грудине и установленных катетерах среднее давление в аорте составляло 80—85 мм рт. ст., среднее давление в правом желудочке — 10—15 мм рт. ст.; pO_2 артериальное — 110—150 мм рт. ст., а, соответственно, pCO_2 34—40 мм рт. ст. и pH 7,41—7,45, BE — 0—2, а SvO_2 венозной крови — 70—75%. Данные параметры были стандартными и не отличались в остальных группах перед проводимым суживанием легочной артерии.

После произведенного суживания легочной артерии с увеличением давления в правом желудочке 75% от системного среднее давление в аорте составляло 40—45 мм рт. ст., среднее давление в правом желудочке — 60—50 мм рт. ст.; pO_2 артериальное составляло 30—39 мм рт. ст., а, соответственно, pCO_2 50—52 мм рт. ст. и pH 7,15—7,06, BE — от -12 до -16, а SvO_2 венозной крови менее 15%. Отмечалось отчетливое увеличение полости ПЖ, преимущественно выходного тракта, появление у ПЖ цианотического оттенка.

В первой группе, после затягивания турникета на легочном стволе с формированием давления в правом желудочке на уровне 75% от системного, через 20 минут существования перегрузки давлением правого желудочка проводилась циркуляторная поддержка с производительностью 25% от системного кровотока. Через 55 минут после суживания легочной артерии отмечались следующие гемодинамические изменения: среднее давление в аорте составляло 54—56 мм рт. ст., среднее давление в правом желудочке — 40—45 мм рт. ст., pO_2 артериальное составляло 33—35 мм рт. ст., а, соответственно, pCO_2 48—51 мм рт. ст. и pH 7,17—7,19, BE — от -7 до -9, а SvO_2 венозной крови — 20%.

Во второй группе после затягивания турникета на легочном стволе до 75% от системного давления через 20 минут подключался аппарат с производимой циркуляторной поддержкой 50% от системного кровотока. На 55-й минуте после суживания легочной артерии среднее давление в аорте повышалось до 70—78 мм рт. ст., а среднее давление в ПЖ уменьшалось до 20 мм рт. ст., pO_2 артериальное составляло 48—50 мм рт. ст., а соответственно, pCO_2 — 46—

48 мм рт. ст. и pH 7,22—7,24, BE — от -4 до -6, а SvO_2 венозной крови — порядка 25%.

У свиней третьей группы после суживания ствола легочной артерии путем затягивания турникета до 75% от системного давления по описанной выше методике подключался аппарат для циркуляторной поддержки с производительностью 75% от системного кровотока. Наблюдаемые изменения таковы: среднее давление в аорте повышалось до 78—80 мм рт. ст., а среднее давление в ПЖ уменьшалось до 16—18 мм рт. ст., pO_2 артериальное составляло 22—24 мм рт. ст., а, соответственно, pCO_2 60—62 мм рт. ст. и pH 7,10—7,12, BE — от -8 до -10, а SvO_2 венозной крови не определялось.

При суживании легочной артерии с формированием давления в правом желудочке до 75% от системного и циркуляторной поддержке 50%, по данным произведенного микроскопического исследования, в правом желудочке отмечался умеренный отек стромы миокарда, мелкоочаговые контрактуры и фрагментация кардиомиоцитов, мелкоочаговые кровоизлияния. А в правом предсердии наблюдались умеренный отек стромы миокарда и неравномерное истончение кардиомиоцитов без контрактурных изменений и разрывов. Тем не менее, по сравнению с первой и третьей группами, эти изменения имеют достоверно меньшую выраженность. А по данным ультраструктурных исследований описанные изменения носят адаптационно-компенсаторный характер и лежат в пределах физиологической компенсации.

Выводы

1. При гипоксической циркуляторной поддержке с производительностью 25% ОЦК отмечают незначительное увеличение среднего давления в аорте до 56 мм рт. ст. (45 мм рт. ст. в группе контроля) и снижение давления в правом желудочке до 42 мм рт.ст. (45 мм рт. ст. в группе контроля) на фоне умеренного улучшения тканевой перфузии: paO_2 35%, SvO_2 20%, BE — 8.

2. При гипоксической циркуляторной поддержке с производительностью 75% ОЦК отмечают значительное повышение среднего давления в аорте до 80 мм рт. ст. (45 мм рт. ст. в группе контроля), снижение давления в правом желудочке до 18 мм рт.ст. (45 мм рт. ст. в группе контроля) на фоне выраженного уменьшения тканевой перфузии: paO_2 24%, SvO_2 — не определяется, BE — 9.

3. Оптимальное повышение среднего давления в аорте до 74 мм рт. ст. (45 мм рт. ст. в группе контроля), снижение давления в правом желудочке до 20 мм рт.ст. (45 мм рт. ст. в группе контроля) на фоне умеренного уменьшения тканевой перфузии: paO_2 50%, SvO_2 25%, BE — 5 отмечено при гипоксической циркуляторной поддержке 50%.

4. При морфологическом анализе оптимальную следует считать гипоксическую циркуляторную



поддержку с производительностью 50%, поскольку отмеченные умеренный отек стромы миокарда и неравномерное истончение кардиомиоцитов без контрактурных изменений и разрывов носят адаптационно-компенсаторный характер и лежат в пределах физиологической компенсации.

5. По данным гемодинамических измерений, показателей тканевой перфузии, морфологических исследований, гипоксическая циркуля-

торная поддержка с производительностью 50% от ОЦК имеет оптимальные показатели.

6. Дальнейшее изучение и внедрение в клиническую практику максимально эффективной вено-артериальной циркуляторной поддержки, возможно, позволит улучшить результаты лечения больных с правожелудочковой дисфункцией путем уменьшения преднагрузки для правого желудочка и улучшения постнагрузки для левого желудочка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березов В. М. Анализ возможных причин увеличения частоты разрыва сердца / В. М. Березов, А. В. Боч, Г. Г. Багрий // Украинский кардиологический журнал. — 2002. — №1. — С. 76.

2. Добрин Б. Ю. Современные представления о механизмах начальных проявлений и прогрессирования сердечной недостаточности / Б. Ю. Добрин, И. Е. Белая // Украинский кардиологический журнал. — 2005. — №6. — С. 143.

3. Крахмалова Е. О. Возможности использования математических методов для оценки формы и размеров правого желудочка сердца / Е. О. Крахмалова // Украинский кардиологический журнал. — 2003. — №6. — С. 94.

4. *European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes.* — Council of Europe, Strasbourg, 1986. — 53 p.

5. *Life-threatening Right Ventricular Failure in Pulmonary Hypertension: RVAD or ECMO?* / M. Berman, S. Tsui, A. Vuylsteke [et al.] // Heart Lung Transplant. — 2008. — №10. — P. 1188—1199.

6. *Wilkinson J. L. Haemodynamic calculations in the catheter laboratory* / J. L. Wilkinson // Heart. — 2001. — №85. — P. 113—120.

ЦИРКУЛЯТОРНА ПІДТРИМКА ПРИ ГОСТРІЙ НЕДОСТАТНОСТІ ПРАВОГО ШЛУНОЧКА В ЕКСПЕРИМЕНТІ

**В. В. Бойко, І. В. Полівенко,
Ю. М. Скібо, О. В. Бучнєва,
О. В. Петков, В. Є. Мегера,
Д. О. Кулікова, Я. В. Шафер,
Н. В. Шателен**

Резюме. У роботі подано динаміку змін показників газового складу крові та гемодинаміки при різноманітній вено-артеріальній циркуляторній підтримці у свиней з експериментальним критичним рівнем легеневої гіпертензії. Було встановлено, що при формуванні гострого перенавантаження правого шлуночка найбільш доцільно використовувати вено-артеріальну циркуляторну підтримку на рівні 50% від системного кровотоку, що може покращити результати лікування хворих із правожелудочковою дисфункцією.

Ключові слова: недостатність правого шлуночка, легенева гіпертензія, циркуляторна підтримка, експеримент.

CIRCULATORY SUPPORT AT ACUTE RIGHT VENTRICLE FAILURE IN EXPERIMENT

**V. V. Boyko, I. V. Polivenok,
Yu. N. Skibo, O. V. Buchneva,
A. V. Petkov, V. Ye. Megera,
D. A. Kulikova, Ya. V. Shafer,
N. V. Shatelen**

Summary. The dynamics of changing of indices of gas exchange and hemodynamics at different veno-arterial circulatory support in pigs with experimental pulmonary hypertension is performed in the article. It was found that the formation of acute right ventricular congestion, the most expedient veno-arterial circulatory support at 50% of the systemic circulation. This may improve treatment outcomes of patients with dysfunction of right ventricular.

Key words: right ventricular failure, pulmonary hypertension, circulatory support, experiment.