

Consensus Conference of the Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group. *Crit. Care.* 2004; 8: R204-R212.

6. Blakeley S. Acute kidney injury. *Pochechnaya nedostatochnost i zamestitel'naya terapiya* [Renal failure and replacement therapy. Transl. from English, ed. by. Ye. A. Statsyuk]. Moscow, Izdat. dom Vidar-M, 2013, p. 40-52.

7. Bogshaw S.M., Uchino S., Cruz D. et al. A comparison of observed versus estimated baseline creatinine for determination of RIFLE class in patients with acute kidney injury. *Nephrol. Dial. Transplant* 2009; 24 (9): 2739-2744.

8. Chertow G.M., Burdick E., Honour M. et al. Acute kidney injury, mortality, length of stay, and costs in hospitalized patients. *J. Am. Soc. Nephrol* 2005; 16: 3365-3370.

9. Himmelfarb J. Continuous dialysis is not superior to intermittent dialysis in acute kidney injury of the critically ill patient. *Nat. Clin. Pract. Nephrol* 2007; 3 (3): 120-121.

10. Kellum J.A. Acute Kidney Injury. *Crit. Care Med* 2008; 36: S141-S145.

11. Mehta R.L., Kellum J.A., Shah S.V. et al. Acute Kidney Network: Report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Crit. Care* 2007; 11: 1-8.

12. Ronco C. Continuous dialysis is superior to intermittent dialysis in acute kidney injury of the critically ill patient. *Ibid* 2007; 3 (3): 118-119.

13. Uchino S., Kellum J.A., Bellomo R. et al. For the Beginning and Ending Supportive Therapy for the Kidney (BEST Kidney) Investigators. Acute Renal Failure in Critically ill patients a multinational, multicenter study. *JAMA* 2005; 294: 813-818.

Надійшла 15.01.2014

УДК 616.12-089

А. И. Ленькин, М. Ю. Киров¹

ИНВАЗИВНЫЙ МОНИТОРИНГ ГЕМОДИНАМИКИ В КАРДИОХИРУРГИИ

ГБУЗ АО «Первая городская клиническая больница им. Е. Е. Волоевич»,
Архангельск, Российская Федерация,

¹Северный государственный медицинский университет,
Архангельск, Российская Федерация

УДК 616.12-089

А. И. Ленькин, М. Ю. Киров

ИНВАЗИВНЫЙ МОНИТОРИНГ ГЕМОДИНАМИКИ В КАРДИО-ХИРУРГИИ

Описаны основные технологии мониторинга центральной гемодинамики, которые широко применяются в клинической практике, представлены методология препульмональной и транспульмональной термодилуции, а также наиболее часто встречающиеся осложнения, возникающие при использовании этих методик. Проведена сравнительная оценка методов измерения сердечного выброса посредством катетера Свана — Ганца и с использованием транспульмональной термодилуции. Описаны преимущества и недостатки различных методов мониторинга применительно к кардиохирургическим пациентам. Показаны возможности использования получаемых данных при проведении ранней целенаправленной терапии нарушений гемодинамики в периоперационном периоде. Приведены альтернативные способы оценки адекватности транспорта кислорода.

Ключевые слова: катетер Свана — Ганца, транспульмональная термодилуция, мониторинг гемодинамики, приобретенные пороки сердца.

INVASIVE HEMODYNAMIC MONITORING IN CARDIAC SURGERY

A large number of clinical studies have shown the benefits of early goal-directed therapy of hemodynamic disorders in anesthesiology and in critically ill patients. Methods, which evaluate the parameters of hemodynamics, play an important role in the diagnostic process both in the operation room and during intensive care. Our review describes the basic technologies for cardiovascular monitoring that are widely used in clinical practice and provides detailed comparative evaluation of methods for measuring cardiac output by Swan–Ganz catheter and by using transpulmonary thermodilution and pulse contour analysis. The article presents the hemodynamic algorithms obtained during pulmonary artery catheterization and transpulmonary thermodilution and the most common complications arising from the use of these techniques. The paper demonstrates advantages and disadvantages of each method of monitoring in relation to cardiac surgery and other categories of critically ill patients, and describes alternative ways of assessing the adequacy of oxygen transport during perioperative period and intensive care. It shows the possibilities for using obtained data during early goal-directed therapy of hemodynamic disturbances during and after cardiac surgery. The authors analyzed both own data and results of studies, published in this field in the international peer-reviewed medical literature.

Key words: Swan–Ganz catheter, transpulmonary thermodilution, hemodynamic monitoring, acquired heart disease.

Заболевания сердечно-сосудистой системы и, в том числе, поражения клапанов сердца, занимают ведущее место среди причин заболеваемости, инвалидности и смертности населения экономически развитых стран [1; 2]. У пациентов, требующих хирургической коррекции комбинированных приобретенных пороков сердца, наличие исходной сердечной недостаточности, большая продолжительность операции, ишемии миокарда (ИМ) и искусственного кровообращения (ИК) обуславливают относительно высокую периоперационную летальность (5–15 %) [9]. Все эти факторы осложняют проведение анестезиологического пособия, при обеспечении которого необходимо осуществление комплексного мониторинга показателей центральной гемодинамики и транспорта кислорода [24].

Важная цель периоперационной оптимизации кровообращения — поддержание адекватной доставки кислорода (DO_2), которая может быть нарушена как вследствие хирургического вмешательства, так и в результате исходной тяжести общего состояния пациента [25]. При этом очень важно раннее выявление тканевой гипоксии, развивающейся на фоне относительно нормальных значений «стандартных» гемодинамических показателей, таких как среднее артериальное давление ($АД_{ср}$), центральное венозное давление (ЦВД) и частота сердечных сокращений (ЧСС). Снижение тканевого кровотока ухудшает заживление ран, повышает частоту осложнений и летальных исходов. Для предупреждения и выявления этих нарушений необходимы соответствующие ситуации методы мониторинга, а также отработанные алгоритмы целенаправленной терапии [21].

У всех больных, оперирующихся на сердце, используется инвазивный мониторинг артериального давления. Установку артериальной канюли можно осуществлять как на верхних (лучевая, плечевая, подмышечная артерии), так и на нижних (тыльная артерия стопы, задняя большеберцовая артерия, бедренная артерия) конечностях. Для катетеризации безопаснее использовать периферические артерии с

развитыми коллатеральями (лучевая, локтевая артерии), поскольку риск осложнений в данном случае будет ниже [15]. Однако у пациентов с тяжелой сердечной недостаточностью, а также находящихся в состоянии шока может отмечаться значительный градиент давлений между лучевой и бедренной артериями, поэтому у этих больных катетеризация бедренной артерии более предпочтительна [24].

Помимо артериального, необходимо устанавливать центральный венозный катетер, который используется для проведения инфузионно-трансфузионной терапии и измерения ЦВД. Для оптимизации проведения кардиохирургических вмешательств высокого риска рекомендуется выполнять катетеризацию легочной артерии. Катетер Сва-на — Ганца используется для измерения давления в камерах сердца и легочной артерии, а также расчета сердечного индекса и оценки сатурации смешанной венозной крови [10]. Установка катетера в легочную артерию (рис. 1) выполняется через центральный венозный доступ, чаще всего через катетер, расположенный в правой внутренней яремной вене. После проведения катетера в центральную вену он подключается к монитору давления и проводится дальше вплоть до правого желудочка. Нахождение кончика катетера в правом желудочке подтверждается регистрацией давления, создаваемого в систолу и диастолу. Баллон на конце катетера раздувается, и катетер проводится дальше через правый желудочек в легочную артерию. Катетер проводится до тех пор, пока не будет достигнута точка «заклинивания» с типичной формой волны на мониторе измерения давления. После того как достигнута точка заклинивания, из баллона выпускается воздух, тогда кривая давления будет отражать колебания давления в легочной артерии в зависимости от сердечного цикла (систола — диастола).

Одна из основных частей катетера — раздуваемый баллон на кончике катетера. При надувании баллона, с условием, что он находится в одной из ветвей легочной артерии, кровоток в этом участке блокируется, и кривая давления становится бо-

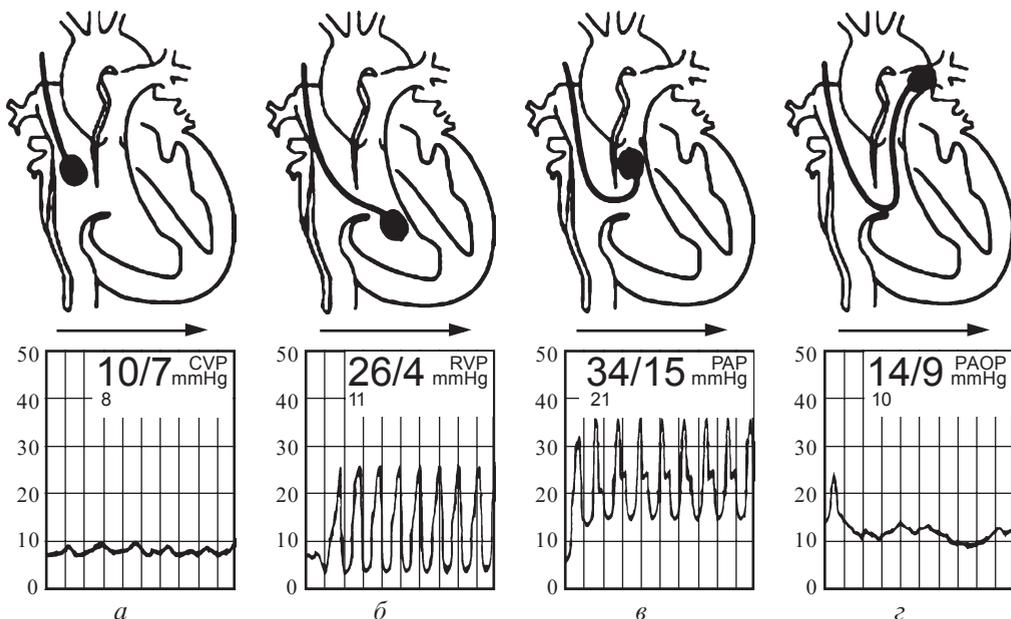


Рис. 1. Установка катетера Сва-на — Ганца в легочную артерию: а — полая вена — правое предсердие; б — правый желудочек; в — легочная артерия; г — положение заклинивания (ДЗЛА)

лее пологой, показывая давление заклинивания легочной артерии (ДЗЛА), которое отражает давление наполнения левого предсердия.

При введении раствора в проксимальный канал (правое предсердие), раствор будет смешиваться с кровью, которая имеет более высокую температуру тела. Термистор в дистальной части катетера регистрирует изменения температуры притекающей крови, и на основании этих изменений компьютер вычисляет сердечный выброс (СВ). Если СВ снижен, то лишь небольшая часть крови будет смешиваться с введенным раствором и согревать его, и термистор на кончике катетера будет регистрировать более низкую температуру. При высоких значениях СВ термистор будет регистрировать лишь незначительные колебания притекающей крови.

Показатели ЦВД и ДЗЛА, как правило, соответствуют друг другу и имеют низкие значения при гиповолемии (кровопотеря, дегидратация). Однако при недостаточности левого или правого желудочков, а также при дисфункции клапанов эти показатели могут отличаться значительно [13]. При гипергидратации давление наполнения желудочков повышается. Кроме того, высокое давление наполнения желудочков отмечается при состояниях, которые в равной степени снижают сократительную способность правого и левого желудочков (гипоксия, ацидоз, гипокалиемия и т. д.). При этих состояниях функцию левого и правого желудочков можно оценивать по значениям ЦВД.

Значения ЦВД, как правило, отражают функцию правого желудочка. У отдельных пациентов необходимо оценивать функцию левого желудочка и характеристики малого круга кровообращения. Тяжелая левожелудочковая недостаточность только через какое-то время приведет к повышению давления в легочной артерии, правом желудочке и правом предсердии, а соответственно и повышению ЦВД. Поэтому в таких случаях для адекватной диагностики и оптимальной терапии требуются установка катетера Свана — Ганца и определение ДЗЛА [7].

При использовании специальных катетеров может осуществляться постоянный мониторинг сатурации смешанной венозной крови и СВ, что позволяет оценить доставку и потребление кислорода в режиме реального времени [19].

Опираясь на комбинацию гемодинамических (катетер Свана — Ганца) и метаболических параметров после кардиохирургических вмешательств, Polonen et al. (2000) показали, что при поддержании сатурации центральной венозной крови ($S_{CV}O_2$) выше 70 % и концентрации лактата менее 2,0 ммоль/л повышение сердечного индекса (СИ) и индекса ударного объема (ИУО) сопровождаются более частым назначением инфузионных сред и инотропных препаратов [16]. Реализованный в исследовании подход позволил снизить сроки госпитализации и частоту осложнений [22].

Несмотря на то, что катетеризация легочной артерии позволяет получить важную информацию о состоянии пред- и постнагрузки, сократимости миокарда, данная методика сопряжена с рядом осложнений. Одно из них — возникновение аритмий при установке катетера Свана — Ганца, которые отмечаются в 40 % случаев. Как правило, нарушения ритма носят временный характер, однако в некоторых случаях развивается персистирующая аритмия, которая требует удаления катетера [19]. Еще одним грозным осложнением, сопровождающимся высокой летальностью, является разрыв ветви легочной артерии [13]. Микробная колонизация катетера с развитием ангиогенного сепсиса также представляет большую проблему. Использование наборов с антимикробным покрытием и применение защитных чехлов позволяют снизить риск инфекционных осложнений. Тем не менее, через 72 ч после установки рекомендуется рутинная замена катетера [17]. Кроме того, в ходе кате-

теризации могут быть повреждены трехстворчатый клапан и клапан легочной артерии. Во время манипуляций с катетером при надутом баллоне, в первую очередь при его удалении, возможен разрыв *chordae tendinae* [23].

После нескольких десятилетий интенсивного использования катетеризации легочной артерии был проведен ряд мета-анализов, результаты которых показали, что применение катетера Свана — Ганца не улучшает, а иногда и ухудшает исход у реанимационных больных. Однако, несмотря на критическое отношение к этому методу мониторинга некоторых специалистов, в кардиоанестезиологии катетер Свана — Ганца остается «золотым» стандартом измерения СВ, в том числе после хирургической коррекции клапанной патологии [17].

В последние годы в клиническую практику были внедрены альтернативные методики мониторинга центральной гемодинамики, обладающие меньшей инвазивностью и сопоставимой точностью измерения по сравнению с катетеризацией легочной артерии [3]. Одним из таких методов является транспульмональная термодилуция [8; 17]. Сущность метода состоит в инъекции раствора холодового индикатора (охлажденный до температуры 4–6 °С раствор 0,9 % NaCl или 5 % глюкозы) в центральную вену. Охлажденный раствор, проходя через камеры сердца, систему малого круга кровообращения, вызывает охлаждение крови. Изменения температуры крови регистрируются термистором, расположенным на кончике катетера, установленного в одну из магистральных артерий (бедренную, лучевую). На основании изменений температуры крови строится термодилуционная кривая, и монитор автоматически рассчитывает показатели центральной гемодинамики [4]. Методика проведения транспульмональной термодилуции представлена на рис. 2.

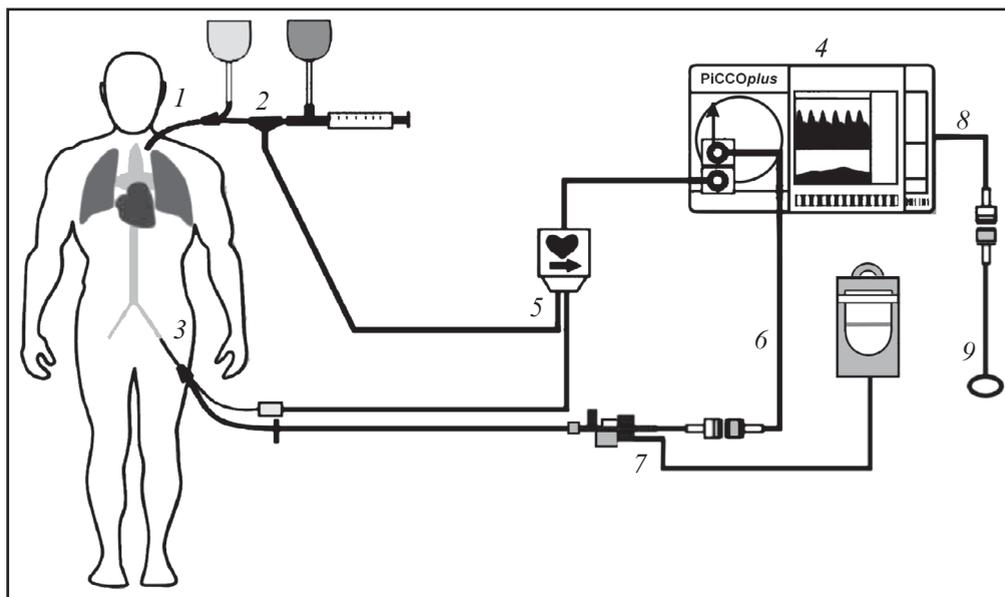


Рис. 2. Методика проведения транспульмональной термодилуции: 1 — центральный венозный катетер; 2 — датчик температуры вводимого раствора-термосиндикатора; 3 — артериальный термодилуционный катетер; 4 — монитор; 5 — соединительный кабель; 6 — соединительный кабель трансдюсера; 7 — трансдюсер давления; 8 — дополнительный кабель адаптера; 9 — кабель синхронизации с прикроватным монитором

Техника транспульмонального разведения индикатора основана на том положении, что введенный в центральную вену термоиндикатор пройдет с кровотоком путь от правого предсердия до термодатчика фиброоптического катетера, расположенного в магистральной артерии, это позволяет построить кривую термодилуции и рассчитать СВ. Исходя из этих принципов, индикатор достигнет точки определения температуры быстрее при высокой скорости потока (высоком СВ) и низком объеме распределения (гиповолемии). При этом внутригрудной термальным объем (ВГТО) является объемом распределения термоиндикатора в кровеносном русле и рассчитывается как произведение объемного кровотока (СВ) и среднего времени прохождения термоиндикатором расстояния между правым предсердием и нисходящим отделом аорты (MTt — Mean Transit time). Фундаментальной основой метода служит понятие внутригрудного объема крови (ВГОК, Intrathoracic Blood Volume — ITBV) (рис. 3). В настоящий момент измерение ВГОК считается наиболее точным из всех методов мониторинга статической преднагрузки на сердце, поскольку оно отражает значение истинной преднагрузки [14].

После определения ВГОК возможен расчет еще одного важного параметра легочной гемодинамики, а именно внесосудистой воды легких (ВСВЛ). Достаточная точность подобного подхода доказана в целом ряде экспериментальных и клинических исследований [4]. Показатель ВСВЛ отражает объем интерстициальной жидкости в ткани легких и может использоваться для дифференциальной диагностики

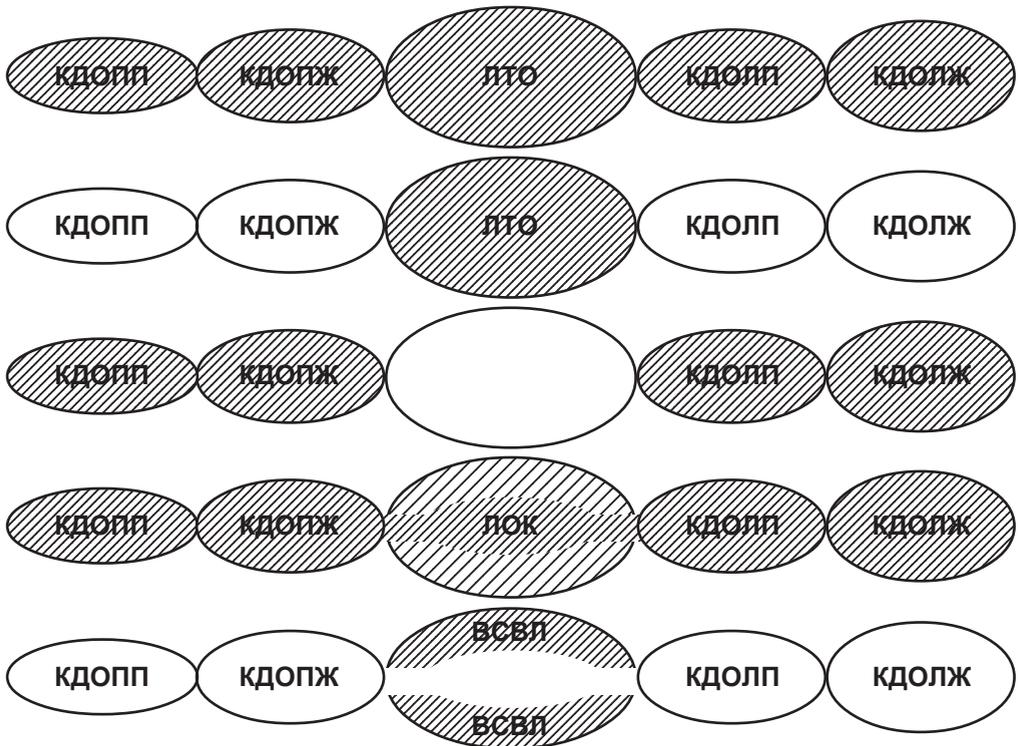


Рис. 3. Расчет показателей при проведении транспульмональной термодилуции:

$$\begin{aligned}
 \text{ВГТО (ITTV)} &= \text{СВ} \cdot \text{MTt}; \text{ЛТО (PTV)} = \text{СВ} \cdot \text{DSt}; \\
 \text{ГКДО} &= \text{ВГТО} - \text{ЛТО}; \text{ВГТО} = 1,25 \cdot \text{ГКДО}; \text{ВСВЛ} = \text{ВГТО} - \text{ВГОК}
 \end{aligned}$$

дыхательной недостаточности [17]. При необходимости дифференцировки кардиогенного (связанного с повышением гидростатического давления) и некардиогенного (связанного с ростом проницаемости сосудистого русла, например острый респираторный дистресс-синдром — ОРДС) отека легких существенную помощь может оказать знание еще одного производного показателя — индекса проницаемости легочных сосудов (ИПЛС — Pulmonary Vascular Permeability Index, PVPI). Данный параметр может быть рассчитан как отношение ВСВЛ к ЛОК (ВСВЛ/ЛОК). Выраженный в условных единицах, индекс проницаемости может значительно повышаться при ОРДС (>3) и остается неизменным при кардиогенном отеке легких (1–3) [6].

При использовании традиционного мониторинга кровообращения о степени диастолического наполнения предсердий и желудочков принято судить по параметрам давления — ЦВД и ДЗЛА. Однако при снижении растяжимости желудочков или внешних препятствиях для их диастолического наполнения (искусственная вентиляция легких, тампонада сердца, пневмоторакс) интерпретация этих показателей может оказаться некорректной. В связи с этим, диагностическую ценность мониторинга может повысить непосредственный контроль объемов отдельных камер сердца, этого можно достичь с помощью транспульмональной термодилуции [5].

По данным Goedje et al., обследовавших 40 пациентов после ортотопической трансплантации сердца с использованием техники транспульмональной термодилуции и катетера в легочной артерии, индекс внутригрудного объема крови (ИВГОК) и индекс глобального конечного диастолического объема (ИГКДО) являются более достоверными параметрами преднагрузки, чем ЦВД и ДЗЛА. Даже в условиях денервированного сердца, ИВГОК и ИГКДО показали значительную корреляцию с ударным индексом (УИ) [23].

Наиболее часто встречающимся гемодинамическим нарушением в периоперационном периоде является артериальная гипотензия, причиной которой у большинства пациентов является абсолютное или относительное уменьшение венозного возврата. Однако у пациентов с низкой сократительной способностью миокарда инфузионная терапия может приводить к левожелудочковой недостаточности и отеку легких. Поэтому важно определить больных, у которых увеличение преднагрузки сердца приведет к повышению СВ. Традиционно используемые давления наполнения (ЦВД и ДЗЛА) не показали своей прогностической значимости в отношении инфузионной нагрузки. Более надежным прогностическим показателем реакции на инфузионную нагрузку у кардиохирургических пациентов является показатель вариаций ударного объема (ВУО) [16].

Помимо ВУО, о состоянии преднагрузки можно судить по значениям ИВГОК и ИГКДО. Эти показатели включают как лево-, так и правожелудочковые объемы, и поэтому отражают общую картину наполнения сердца [25].

С внедрением метода транспульмональной термодилуции в клинической практике появилась возможность постоянного измерения СИ по анализу формы пульсовой волны (ФПВ). Было проведено несколько исследований, посвященных достоверности показателей ФПВ, где полученные значения сравнивали с данными препульмональной термодилуции и доплеровского мониторинга как во время операции, так и в раннем послеоперационном периоде. Отклонения между значениями СИ, полученными различными способами, были незначительными, показатели имели сравнимые величины до и после ИК [12].

В последние годы в клиническую практику были внедрены несколько новых методов определения СИ по ФПВ. Среди них технологии NICO, LiDCO, Vigileo,

PRAM-система и PiCCO. Степень инвазивности, равно как и степень достоверности этих методик, варьирует в зависимости от технологии [18]. Так, в исследовании Hofer (2006) получена достоверная корреляция значений СИ, измеренных с использованием катетера в легочной артерии, монитора Vigileo (Edwards Lifesciences, USA) и технологии PiCCO (Pulsion Medical Systems, Germany) у пациентов во время аортокоронарного шунтирования на работающем сердце. По сравнению с PiCCO в системе Vigileo отмечалась тенденция к завышению значений СВ при резких изменениях параметров гемодинамики [11].

В отличие от метода катетеризации легочной артерии, который широко используется в кардиоанестезиологии, метод транспульмональной термодилуции менее инвазивен и технически проще, имеет меньшую частоту развития потенциальных осложнений, позволяет в режиме реального времени, «с каждым ударом сердца», получать информацию о наиболее важных показателях гемодинамики, обладает высокой чувствительностью и специфичностью в диагностике отека легких [4; 5]. Проведенные клинические исследования показали достоверную корреляцию данных, полученных при катетеризации легочной артерии и проведении транспульмональной термодилуции у различных категорий больных [21]. Однако возможности этой методики при хирургической коррекции приобретенных клапанных пороков сердца до сих пор изучены недостаточно.

На протяжении многих лет для оценки потребления кислорода у больных в критических состояниях использовалась сатурация смешанной венозной крови (SvO₂), что требовало катетеризации легочной артерии [22]. В последние годы в связи с ограничением использования катетера Свана — Ганца для этих целей применяется сатурация центральной венозной крови, так как ее значения, как правило, тесно коррелируют с показателями SvO₂. В ряде исследований было доказано, что использование показателей ScvO₂ в качестве одного из ориентиров ранней целенаправленной терапии тяжелого сепсиса и септического шока уменьшает продолжительность интенсивной терапии и вероятность летального исхода [20]. Тем не менее, роль ScvO₂ как одного из критериев адекватности проводимого лечения у кардиохирургических больных остается предметом дискуссий.

Таким образом, современный мониторинг гемодинамики и алгоритмы целенаправленной терапии, основанные на адекватном мониторинге, облегчают раннее распознавание и коррекцию нежелательных периоперационных изменений и оказывают благотворное влияние на тактику гемодинамической терапии, которая может улучшить клинический исход у кардиохирургических больных. Важным вопросом, который должен быть поставлен в предстоящих исследованиях, является индивидуализация гемодинамической терапии с учетом типа хирургического вмешательства и категории риска пациента.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Continuous cardiac output monitoring during haemodynamic changes in off-pump coronary artery bypass grafting surgery / J. O. C. Auler, S. M. Kim, M. J. Carmona [et al.] // Eur. J. of Anaest. – 2006. – Vol. 23, N 10. – P. 890–898.*
2. *S3 guidelines for intensive care in cardiac surgery patients: hemodynamic monitoring and cardiocirculatory system / M. Carl, A. Alms, J. Braun [et al.] // German Medical Science. – 2010. – N 8. – P. 1612–3174.*
3. *Ceccconi M. Arterial pressure waveform analysis with-out calibration: a reality? / M. Ceccconi, J. Fawcett, L. Roteliuk // Int. J. of Int. Care. – 2006. – P. 43–48.*

4. *ACCM/PALS* haemodynamic support guidelines for paediatric septic shock: an outcomes comparison with and without monitoring central venous oxygen saturation / C. F. de Oliveira, D. S. de Oliveira, A. F. Gottschald [et al.] // *Intensive Care Med.* – 2008. – Vol. 34, N 6. – P. 1065–1075.
5. *Continuous* and intermittent cardiac output measurement: pulmonary artery catheter versus aortic transpulmonary technique / G. Della Rocca, M. G. Costa, L. Pompei [et al.] // *Br. J. Anaesth.* – 2002. – Vol. 88, N 3. – P. 350–356.
6. *Trends* but not individual values of central oxygen saturation agree with mixed venous oxygen saturation during varying hemodynamic conditions / M. H. Dueck, M. Klimek, S. Appenrodt [et al.] // *Anesthesiology.* – 2005. – Vol. 103, N 2. – P. 249–257.
7. *Greenberg S. B.* Current use of the pulmonary artery catheter / S. B. Greenberg, G. S. Murphy, J. S. Vender // *Curr. Opin. Crit. Care.* – 2009. – N 15. – C. 249–253.
8. *Cardiac* output measurements in off-pump coronary surgery: comparison between NICO and the Swan–Ganz catheter / G. Gueret, G. Kiss, B. Rossignol [et al.] // *Eur. J. of Anaesth.* – 2006. – Vol. 23, N 10. – P. 848–854.
9. *Agreement* between PiCCO pulse-contour analysis, pulmonal artery thermodilution and transthoracic thermodilution during off-pump coronary artery by-pass surgery / P. S. Halvorsen, A. Espinoza, R. Lundblad [et al.] // *Acta Anaesthesiol. Scand.* – 2006. – Vol. 50, N 9. – P. 1050–1057.
10. *Assessment* of the clinical effectiveness of pulmonary artery catheters in management of patients in intensive care (PAC-Man): a randomised controlled trial / S. Harvey, D. A. Harrison, M. Singer [et al.] // *Lancet.* – 2005. – Vol. 366, N 9484. – P. 472–477.
11. *Hofer C.* Pulse contour analysis for cardiac output measurement in patients after off-pump coronary artery bypass grafting: a comparison of FloTrac and PiCCOplus with intermittent thermodilution / C. Hofer, D. Button, A. Jacomet // *Critical Care.* – 2006. – N 10. – P. 323.
12. *Clinical* review: practical recommendations on the management of perioperative heart failure in cardiac surgery / A. Mebazaa, A. A. Pitsis, A. Rudiger [et al.] // *Critical Care.* – 2010. – Vol. 14, N 2. – P. – 201.
13. *Mohammed I.* Techniques for determining cardiac output in the intensive care unit / I. Mohammed, C. Phillips // *Crit. Care Clin.* – 2010. – Vol. 26, N 2. – P. 355–364.
14. *Early* goal-directed therapy after major surgery reduces complications and duration of hospital stay. A randomised, controlled trial / R. Pearse, D. Dawson, J. Fawcett [et al.] // *Critical Care.* – 2005. – Vol. 9, N 6. – P. 687–693.
15. *Polanczyk C. A.* Right heart catheterization and cardiac complications in patients undergoing noncardiac surgery: an observational study / C. A. Polanczyk, L. E. Rohde, L. Goldman // *JAMA.* – 2001. – Vol. 286, N 3. – P. 309–314.
16. *A prospective*, randomized study of goal-oriented hemodynamic therapy in cardiac surgical patients / P. Polonen, E. Ruokonen, M. Hippelainen [et al.] // *Anesth. Analg.* – 2000. – Vol. 90, N 5. – P. 1052–1059.
17. *Continuous* central venous and pulmonary artery oxygen saturation monitoring in the critically ill / K. Reinhart, H. J. Kuhn, C. Hartog, D. L. Bredle // *Intensive Care Med.* – 2004. – Vol. 30, N 8. – P. 1572–1578.
18. *Rex S.* Prediction of fluid responsiveness in patients during cardiac surgery / S. Rex, S. Brose, S. Metzelder // *Brit. J. of Anaesth.* – 2004. – Vol. 93, N 6. – P. 782–788.
19. *Ritter S.* Transpulmonary thermodilution-derived cardiac function index identifies cardiac dysfunction in acute heart failure and septic patients: an observational study / S. Ritter, A. Rudiger, M. Maggiorini // *Crit. Care.* – 2009. – Vol. 13, N 4. – P. 133.

20. *Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock* / E. Rivers, B. Nguyen, S. Havstad [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 2001. – Vol. 345, N 19. – P. 1368–1377.
21. *Safe, highly selective use of pulmonary artery catheters in coronary artery bypass grafting: an objective patient selection method* / T. A. Schwann, A. Zacharias, C. J. Riordan [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 2002. – Vol. 73, N 5. – P. 1394–1401.
22. *Impact of the pulmonary artery catheter in critically ill patients: meta-analysis of randomized clinical trials* / M. R. Shah, V. Hasselblad, L. W. Stevenson [et al.] // *JAMA.* – 2005. – Vol. 294, N 13. – P. 1664–1670.
23. *Intraoperative evaluation of tissue perfusion in high-risk patients by invasive and noninvasive hemodynamic monitoring* / W. C. Shoemaker, D. Thangathurai, C. C. Wo [et al.] // *Crit. Care Med.* 1999. – Vol. 27, N 10. – P. 2147–2152.
24. *Single transpulmonary thermodilution and continuous monitoring of central venous oxygen saturation during off-pump coronary surgery* / A. A. Smetkin, M. Y. Kirov, V. V. Kuzkov [et al.] // *Acta Anaesthesiol. Scand.* – 2009. – Vol. 53, N 4. – P. 505–514.
25. *Increased extravascular lung water reduces the efficacy of alveolar recruitment maneuver in acute respiratory distress syndrome* / A. A. Smetkin, V. V. Kuzkov, E. V. Suborov [et al.] // *Crit. Care Res. Pract.* – 2012. – Vol. 2012. – P. 606528.

REFERENCES

1. Auler J.O.C., Kim S.M., Carmona M.J. et al. Continuous cardiac output monitoring during haemodynamic changes in off-pump coronary artery bypass grafting surgery. *Eur. J. of Anaest.* 2006; 23 (10): 890-898.
2. Carl M., Alms A., Braun J. et al. S3 guidelines for intensive care in cardiac surgery patients: hemodynamic monitoring and cardiocirculatory system. *German Medical Science* 2010; 8: 1612-3174.
3. Cecconi M., Fawcett J., Roteliuk L. Arterial pressure waveform analysis without calibration: a reality? *Int. J. of Int. Care* 2006: 43-48.
4. de Oliveira C.F., de Oliveira D.S., Gottschald A.F. et al. ACCM/PALS haemodynamic support guidelines for paediatric septic shock: an outcomes comparison with and without monitoring central venous oxygen saturation. *Intensive Care Med.* 2008; 34 (6): 1065-1075.
5. Della Rocca G., Costa M.G., Pompei L. et al. Continuous and intermittent cardiac output measurement: pulmonary artery catheter versus aortic transpulmonary technique. *Br. J. Anaesth.* 2002; 88 (3): 350-356.
6. Dueck M.H., Klimek M., Appenrodt S. et al. Trends but not individual values of central oxygen saturation agree with mixed venous oxygen saturation during varying hemodynamic conditions. *Anesthesiology.* 2005; 103 (2): 249-257.
7. Greenberg S. B., Murphy G. S., Vender J. S. Current use of the pulmonary artery catheter. *Curr. Opin. Crit. Care* 2009; 15: 249-253.
8. Gueret G., Kiss G., Rossignol B. et al. Cardiac output measurements in off-pump coronary surgery: comparison between NICO and the Swan-Ganz catheter. *Eur. J. of Anaest.* 2006; 23 (10): 848-854.
9. Halvorsen P.S., Espinoza A., Lundblad R. et al. Agreement between PiCCO pulse-contour analysis, pulmoal artery thermodilution and transthoracic thermodilution during off-pump coronary artery by-pass surgery. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2006; 50 (9): 1050-1057.

10. Harvey S., Harrison D.A., Singer M. et al. Assessment of the clinical effectiveness of pulmonary artery catheters in management of patients in intensive care (PAC-Man): a randomised controlled trial. *Lancet* 2005; 366 (9484): 472-477.
11. Hofer C., Button D., Jacomet A. Pulse contour analysis for cardiac output measurement in patients after off-pump coronary artery bypass grafting: a comparison of FloTrac and PiCCO-plus with intermittent thermodilution. *Critical Care* 2006; 10: 323.
12. Mebazaa A., Pitsis A.A., Rudiger A. et al. Clinical review: practical recommendations on the management of perioperative heart failure in cardiac surgery. *Critical Care* 2010; 14 (2): 201.
13. Mohammed I., Phillips C. Techniques for determining cardiac output in the intensive care unit. *Crit. Care Clin.* 2010; 26 (2): 355-364.
14. Pearse R., Dawson D., Fawcett J. et al. Early goal-directed therapy after major surgery reduces complications and duration of hospital stay. A randomised, controlled trial. *Critical Care* 2005; 9 (6): 687-693.
15. Polanczyk C.A., Rohde L.E., Goldman L. Right heart catheterization and cardiac complications in patients undergoing noncardiac surgery: an observational study. *JAMA* 2001; 286 (3): 309-314.
16. Polonen P., Ruokonen E., Hippelainen M. et al. A prospective, randomized study of goal-oriented hemodynamic therapy in cardiac surgical patients. *Anesth. Analg.* 2000; 90 (5): 1052-1059.
17. Reinhart K., Kuhn H.J., Hartog C., Bredle D.L. Continuous central venous and pulmonary artery oxygen saturation monitoring in the critically ill. *Intensive Care Med.* 2004; 30 (8): 1572-1578.
18. Rex S., Brose S., Metzelder S. Prediction of fluid responsiveness in patients during cardiac surgery. *Brit. J. of Anaesth.* 2004; 93 (6): 782-788.
19. Ritter S., Rudiger A., Maggiorini M. Transpulmonary thermodilution-derived cardiac function index identifies cardiac dysfunction in acute heart failure and septic patients: an observational study. *Crit. Care* 2009; 13 (4): 33.
20. Rivers E., Nguyen B., Havstad S. et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N. Engl. J. Med.* 2001; 345 (19): 1368-1377.
21. Schwann T.A., Zacharias A., Riordan C.J. et al. Safe, highly selective use of pulmonary artery catheters in coronary artery bypass grafting: an objective patient selection method. *Ann. Thorac. Surg.* 2002; 73 (5): 1394-1401.
22. Shah M.R., Hasselblad V., Stevenson L.W. et al. Impact of the pulmonary artery catheter in critically ill patients: meta-analysis of randomized clinical trials. *JAMA* 2005; 294 (13): 1664-1670.
23. Shoemaker W.C., Thangathurai D., Wo C.C. et al. Intraoperative evaluation of tissue perfusion in high-risk patients by invasive and noninvasive hemodynamic monitoring. *Crit. Care Med.* 1999; 27 (10): 2147-2152.
24. Smetkin A.A., Kirov M.Y., Kuzkov V.V. et al. Single transpulmonary thermodilution and continuous monitoring of central venous oxygen saturation during off-pump coronary surgery. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2009; 53 (4): 505-514.
25. Smetkin A.A., Kuzkov V.V., Suborov E.V. et al. Increased extravascular lung water reduces the efficacy of alveolar recruitment maneuver in acute respiratory distress syndrome. *Crit. Care Res. Pract.* 2012; 2012: 606528.

Поступила 29.01.2014