

Чреспищеводная эхокардиография в оценке печеночного кровотока при операциях с искусственным кровообращением

А.Н. Дзеранова, В.А. Сандриков, С.В. Федулова,
Л.С. Локшин, А.Р. Каршиева, А.В. Гончарова

ФГБНУ “Российский научный центр хирургии
имени академика Б.В. Петровского”, г. Москва

Представлены результаты оценки кровотока печени, полученные с помощью чреспищеводной эхокардиографии при реконструктивных операциях на сердце в условиях искусственного кровообращения. Обследовано 66 больных в возрасте от 35 до 71 года. По данным лабораторных анализов до операции пациенты не имели признаков печеночной недостаточности. Пациенты были разделены на 3 группы по продолжительности проведения искусственного кровообращения: первую группу составили 20 (30%) пациентов с продолжительностью до 80 мин (включительно), вторую – 24 (36,4%) пациента с продолжительностью от 80 до 110 мин, третью – 22 (33,3%) пациента с продолжительностью 110 мин и более. При чреспищеводной эхокардиографии оценивали показатели и форму кровотока в правой печеночной

вене, правой ветви воротной вены и правой печеночной артерии до стернотомии (в начале операции), за 10 мин до отключения аппарата искусственного кровообращения, после отключения аппарата искусственного кровообращения после сведения грудины (в конце операции). При трансабдоминальном исследовании оценивали кровоток в раннем послеоперационном периоде (через 9 ч после операции). При проведении корреляционного анализа скоростей кровотока в сосудах печени во время искусственного кровообращения и лабораторных показателей в послеоперационном периоде значимых связей выявлено не было. Введен коэффициент К, который отражает отношение между суммой средних скоростных показателей притока и среднего скоростного показателя оттока во время искусственного кровообращения. Выявлена

А.Н. Дзеранова – аспирант отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, г. Москва. В.А. Сандриков – д.м.н., профессор, академик РАН, руководитель отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, г. Москва. С.В. Федулова – к.м.н., старший научный сотрудник, заведующая лабораторией интраоперационной диагностики отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, г. Москва. Л.С. Локшин – д.м.н., профессор, руководитель отделения анестезиологии и реанимации с искусственным кровообращением ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, г. Москва. А.Р. Каршиева – аспирант отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, г. Москва. А.В. Гончарова – врач лаборатории экспресс-диагностики ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, г. Москва.

Контактная информация: 119992 г. Москва, Абрикосовский пер., д. 2, РНЦХ, отдел клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики, лаборатория интраоперационной диагностики. Дзеранова Ангелина Николаевна. Тел.: +7 (499) 246-98-68. E-mail: dzerangel@gmail.com

сильная прямая корреляция между коэффициентом K и наличием застойных явлений в печени по оценке лабораторных данных в раннем послеоперационном периоде ($r = 0,789$, $P = 0,00012$). С помощью ROC-анализа было определено пороговое значение для коэффициента K , равное 3,5, с чувствительностью 95%, специфичностью 82%, AUC 0,94. При значении коэффициента $K \geq 3,5$ можно с высокой точностью и надежностью прогнозировать развитие печеночной дисфункции в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических больных, нуждающихся в коррекции терапии в операционном и ближайшем послеоперационном периодах.

Ключевые слова: интраоперационная чреспищеводная эхокардиография, трансабдоминальный доступ, печеночный кровоток, искусственное кровообращение.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование портальной системы во время операций на сердце в условиях искусственного кровообращения (ИК) – задача сложная и мало изученная в настоящее время. Основное внимание в оценке функции печени до операции и после вспомогательного кровообращения уделяется лабораторным методам диагностики [1, 2]. Инструментальные методы во время операций с ИК менее востребованы. Тем не менее известно, что во многом именно изменение кровотока во внутренних органах является пусковым механизмом в изменении биохимических показателей [3]. Изучение данного процесса крайне актуально, так как, несмотря на двойной приток крови при нарушении кровообращения, печень не менее уязвима, чем другие висцеральные органы, по причине особенностей строения и интенсивных процессов обмена. ИК в той или иной степени может привести к изменениям реологии крови, что сказывается на кровотоке в органах и тканях и в первую очередь приводит к нарушению микроциркуляции в печени [4]. Ультразвуковой метод для диагностической оценки печени признан наиболее доступным при высокой информативности среди инструментальных методов [5]. Использование чреспищевод-

ной эхокардиографии (ЧПЭхоКГ) для оценки внутрипеченочного кровотока в интраоперационном периоде при операциях с ИК является одним из методов ранней диагностики нарушения кровообращения в портальной системе [6], что может быть использовано в анестезиологической практике с ранним применением корректирующей терапии. Одним из осложнений, развивающихся в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов, является печеночная недостаточность, причинами которой служат многие факторы [4, 7, 8].

Цель данного исследования – оценка кровотока в печени при операциях с ИК в интраоперационном и послеоперационном периодах, сопоставление скоростных показателей кровотока в печеночных сосудах с данными клинико-лабораторных изменений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Во время реконструктивных операций на сердце в условиях ИК были обследованы 66 пациентов. Мужчин было 38 (57,6%), женщин – 28 (42,4%). Возраст обследуемых колебался от 35 до 71 года. Распределение диагнозов: 22 (33,3%) пациента со стенозом аортального клапана различной этиологии; 15 (22,7%) – с недостаточностью митрального клапана 2–3-й степени; 13 (19,7%) – с ревматическим митральным стенозом; 8 (12,1%) – с ишемической болезнью сердца и недостаточностью митрального клапана; 6 (9,1%) – с аневризмой восходящего отдела аорты и аортальной недостаточностью; 1 (1,5%) – с миксомой левого предсердия, 1 (1,5%) – с аномалией Эпштейна. По данным лабораторных анализов до операции пациенты не имели признаков печеночной недостаточности. По данным ультразвукового исследования у 25 (37,9%) пациентов отмечались признаки диффузных изменений ткани печени.

Всем пациентам проводились операции в условиях ИК и фармакологической холодной кардиopleгии. У 54 (81,8%) больных выполнена раздельная венозная канюляция полых вен, у 12 (18,2%) – правого предсердия. Условия проведения ИК были стандартными: непальсирующий режим

ИК, умеренная гипотермия (32°C), объемная скорость перфузии – $2,5\text{ л/мин/м}^2$. На всех этапах производили контроль среднего артериального давления и центрального венозного давления. Все пациенты были разделены на 3 группы по продолжительности проведения ИК. Первую группу составили 20 (30%) пациентов с продолжительностью ИК до 80 мин (включительно), вторую – 24 (36,4%) пациента с продолжительностью ИК от 80 до 110 мин, третью – 22 (33,3%) пациента с продолжительностью ИК 110 мин и более. Средняя продолжительность ИК в первой группе составила 68 ± 6 мин (62–76 мин), ишемии миокарда – 49 ± 44 мин (35–70 мин); во второй группе – 95 ± 10 мин (82–110 мин) и 63 ± 11 мин (43–90 мин); в третьей группе – 136 ± 18 мин (119–172 мин) и 94 ± 29 мин (57–158 мин) соответственно.

ЧПЭхоКГ выполняли на аппарате iE33 (Philips, Нидерланды) специализированным матричным объемным мультимодальным датчиком X7-2t и на аппарате Acuson S-2000 (Siemens, Германия) специализированным датчиком TE-V5Ms. Датчик вводился в пищевод после интубации пациента. Фиксация ультразвуковых и доплерографических параметров в печеночных сосудах проводилась до стернотомии (в начале операции), за 10 мин до отключения аппарата ИК (на этапе ИК), после отключения аппарата ИК после сведения грудины (в конце операции). Трансабдоминальное сканирование проводили в раннем послеоперационном периоде (через 9 ч после операции) на аппарате iE33 (Philips, Нидерланды) с использованием секторного датчика S5-1.

В печени проводили измерения диаметров правой печеночной вены (ППВ), правой ветви воротной вены (ПВВВ) и сопровождающей ее правой печеночной артерии (ППА), а также оценивали спектр кровотока в данных сосудах, записанный при помощи импульсно-волновой доплерографии. Ультразвуковой датчик при этом находится в полости желудка в трансабдоминальной позиции. Поворачивая датчик по часовой стрелке и поджимая его кпереди, представляется возможность визуализировать сосуды печени. На $50\text{--}80^{\circ}$ выявляются нижняя полая вена и ППВ. Визуализация ППВ была достигнута в 100% случаев на всех этапах измерений. Измерения диаметра

ППВ выполняли на расстоянии 2–3 см от места впадения ее в нижнюю полую вену, оценивали среднюю скорость и направление кровотока в данном сосуде. При увеличении угла сканирования ($90\text{--}110^{\circ}$) выявлялась ПВВВ, которая всегда сопровождалась ППА. В связи с малым диаметром сосуда и его непрямым ходом выполняли поворот датчика по часовой или против часовой стрелки с использованием режима цветового доплеровского картирования для наилучшей навигации. У 5 (8,1%) пациентов в конце операции была затруднена визуализация ППА. В данной позиции оценивали диаметры каждого сосуда, проводили спектральный анализ кровотоков.

При оценке печеночного кровотока в раннем послеоперационном периоде использовали межреберный доступ, доступ по передней подмышечной и средней ключичной линиям.

Функциональную активность печени оценивали по стандартным биохимическим маркерам. Исследовали уровень общего билирубина, щелочной фосфатазы, гамма-глутамилтрансферазы, аспартатамино-трансферазы и аланинаминотрансферазы. Данные показатели получали до операции, на 1, 4 и 8-е сутки после операции.

Статистическая обработка данных произведена с помощью программы Statistica 10 стандартными методами. Все выборки были проверены относительно нормальности распределения по критерию Шапиро–Уилка. Количественные параметры, подчиняющиеся нормальному распределению, представлены в виде $M \pm \sigma$, минимального – максимального значений. Различия считали достоверными при уровне значимости $P \leq 0,05$. В процессе работы был проведен корреляционный анализ (с представлением коэффициента ранговой корреляции Спирмена) и ROC-анализ (с представлением чувствительности, специфичности и площади под кривой (AUC)).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты клинико-лабораторного и инструментального исследований представлены в табл. 1–4. Спектры кровотока в ППА, ПВВВ и ППВ на различных этапах исследования приведены на рис. 1–3.

Таблица 1. Количественные параметры, полученные в начале операции

Параметры	Первая группа (n = 20)	Вторая группа (n = 24)	Третья группа (n = 22)	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
АДср., мм рт. ст.	87,2 ± 10,8 73,7–105,3	80,3 ± 10,4 59,3–100,0	85,0 ± 10,0 65,0–105,0	0,08	0,57	0,19
ЦВД, мм рт. ст.	8,5 ± 2,3 5,0–12,0	9,5 ± 3,4 5,0–17,0	9,8 ± 2,8 4,0–15,0	0,37	0,19	0,79
Vmean ППА, см/с	31,1 ± 8,4 23,1–44,5	31,1 ± 8,4 20,5–53,3	27,5 ± 8,5 14,3–48,5	0,97	0,36	0,23
PI ППА	1,15 ± 0,20 1,00–1,50	1,10 ± 0,30 0,80–1,40	1,30 ± 0,30 0,90–1,80	0,78	0,04	0,05
RI ППА	0,70 ± 0,10 0,59–0,80	0,60 ± 0,10 0,45–0,84	0,70 ± 0,10 0,56–0,79	0,58	0,04	0,04
Vmean ПВВВ, см/с	10,1 ± 3,7 6,8–18,5	10,0 ± 3,3 6,1–14,6	11,1 ± 3,8 6,8–19,4	0,92	0,41	0,27
Гематокрит, %	40,4 ± 4,4 35,2–51,3	40,4 ± 4,5 31,9–47,6	37,1 ± 4,5 25,6–44,7	0,81	0,04	0,07
Лактат, ммоль/л	0,8 ± 0,2 0,4–1,0	0,9 ± 0,2 0,5–1,0	0,7 ± 0,2 0,4–1,0	0,03	0,84	0,07

Примечание: количественные параметры представлены в виде $M \pm \sigma$ (первая строка ячейки), минимального–максимального значений (вторая строка ячейки). АДср. – среднее артериальное давление, ЦВД – центральное венозное давление, Vmean – средняя скорость кровотока, PI – пульсационный индекс, RI – индекс резистентности, лактат – уровень молочной кислоты в артериальной крови. Указана достоверность различия между группами. Жирным шрифтом выделены достоверные различия.

Таблица 2. Количественные параметры, полученные на этапе ИК

Параметры	Первая группа (n = 20)	Вторая группа (n = 24)	Третья группа (n = 22)	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
АДср., мм рт. ст.	73,7 ± 10,4 47,7–86,3	75,2 ± 10,4 56,0–93,3	68,7 ± 12,4 41,0–82,0	0,08	0,57	0,19
ЦВД, мм рт. ст.	4,4 ± 2,6 1,0–9,0	1,3 ± 4,2 –6,0–8,0	3,8 ± 4,2 0,0–8,0	0,08	0,98	0,09
Vmean ППА, см/с	48,1 ± 5,4 39,0–55,0	49,3 ± 15,1 35,0–76,0	54,3 ± 18,4 25,1–96,0	0,84	0,47	0,54
Vmean ПВВВ, см/с	19,5 ± 6,4 13,0–32,4	23,2 ± 5,9 12,2–36,8	23,3 ± 6,6 18,0–37,0	0,08	0,06	0,75
Vmean ППВ, см/с	25,7 ± 7,7 13,0–46,0	25,9 ± 9,6 10,0–50,0	26,9 ± 6,1 10,0–62,0	0,92	0,69	0,84
Коэффициент К	2,8 ± 0,7 1,5–4,5	3,0 ± 0,7 1,8–3,7	2,9 ± 0,69 1,9–4,0	0,44	0,87	0,82
Гематокрит, %	27,6 ± 2,3 24,4–31,3	27,7 ± 3,3 21,8–35,3	24,8 ± 3,9 16,3–29,7	0,98	0,03	0,03
Лактат, ммоль/л	1,0 ± 0,3 0,6–1,6	1,1 ± 0,4 0,6–2,0	1,2 ± 0,7 0,6–3,2	0,33	0,59	0,47

Примечание: представление данных и обозначения как в табл. 1.

Таблица 3. Количественные параметры, полученные в конце операции

Параметры	Первая группа (n = 20)	Вторая группа (n = 24)	Третья группа (n = 22)	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
АДср., мм рт. ст.	79,6 ± 6,8 68,3–88,0	77,8 ± 7,2 66,0–87,7	78,7 ± 12,1 52,0–102,0	0,48	0,81	0,79
ЦВД, мм рт. ст.	12,8 ± 2,3 9,0–17,0	13,5 ± 3,2 9,0–20,0	12,7 ± 3,2 6,0–18,0	0,55	0,87	0,49
Vmean ППА, см/с	24,4 ± 3,9 17,7–30,3	31,9 ± 14,6 16,8–58,3	35,8 ± 17,3 22,9–64,3	0,14	0,04	0,48
PI ППА	1,30 ± 0,20 1,05–1,53	1,20 ± 0,30 0,66–1,77	1,20 ± 0,30 0,71–1,80	0,37	0,32	0,97
RI ППА	0,70 ± 0,10 0,62–0,80	0,70 ± 0,10 0,54–0,81	0,70 ± 0,10 0,48–0,81	0,26	0,24	0,97
Vmean ПВВВ, см/с	12,7 ± 4,3 7,4–20,5	12,3 ± 3,7 7,4–20,0	13,0 ± 5,1 6,3–23,9	0,81	0,92	0,91
Гематокрит, %	0,6 ± 0,1 0,4–0,9	0,6 ± 0,2 0,4–0,8	0,4 ± 0,2 0,3–1,0	0,91	0,35	0,49
Лактат, ммоль/л	31,6 ± 3,5 26,2–37,8	31,4 ± 4,4 26,1–41,0	30,5 ± 2,6 24,6–34,4	0,23	0,17	0,85

Примечание: представление данных и обозначения как в табл. 1.

Таблица 4. Количественные параметры, полученные через 9 ч после операции

Параметры	Первая группа (n = 20)	Вторая группа (n = 24)	Третья группа (n = 22)	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
АДср., мм рт. ст.	85,9 ± 7,1 78,3–104,7	86,7 ± 13,4 71,3–131,5	81,4 ± 13,9 54,0–99,0	0,86	0,49	0,43
ЦВД, мм рт. ст.	10,7 ± 2,5 6,0–14,0	9,9 ± 2,1 6,0–13,0	9,2 ± 2,6 5,0–14,0	0,31	0,11	0,38
Vmean ППА, см/с	23,9 ± 6,5 10,6–19,4	24,1 ± 6,7 16,0–41,2	26,7 ± 5,1 20,0–39,5	0,92	0,20	0,24
PI ППА	1,40 ± 0,20 1,19–1,73	1,30 ± 0,30 0,75–1,90	1,40 ± 0,30 1,01–2,00	0,28	0,93	0,39
RI ППА	0,70 ± 0,10 0,66–0,80	0,70 ± 0,10 0,50–0,84	0,70 ± 0,10 0,61–0,86	0,19	0,75	0,36
Vmean ПВВВ, см/с	13,6 ± 2,5 10,6–19,4	18,4 ± 3,9 11,7–25,5	15,5 ± 4,2 9,6–22,8	0,00	0,24	0,05
Гематокрит, %	0,6 ± 0,1 0,3–0,8	0,6 ± 0,2 0,3–1,0	0,4 ± 0,2 0,3–0,9	0,19	0,16	0,95
Лактат, ммоль/л	35,6 ± 2,9 32,0–42,2	33,7 ± 4,7 28,0–44,7	33,5 ± 4,5 27,8–44,4	0,17	0,23	0,85

Примечание: представление данных и обозначения как в табл. 1.

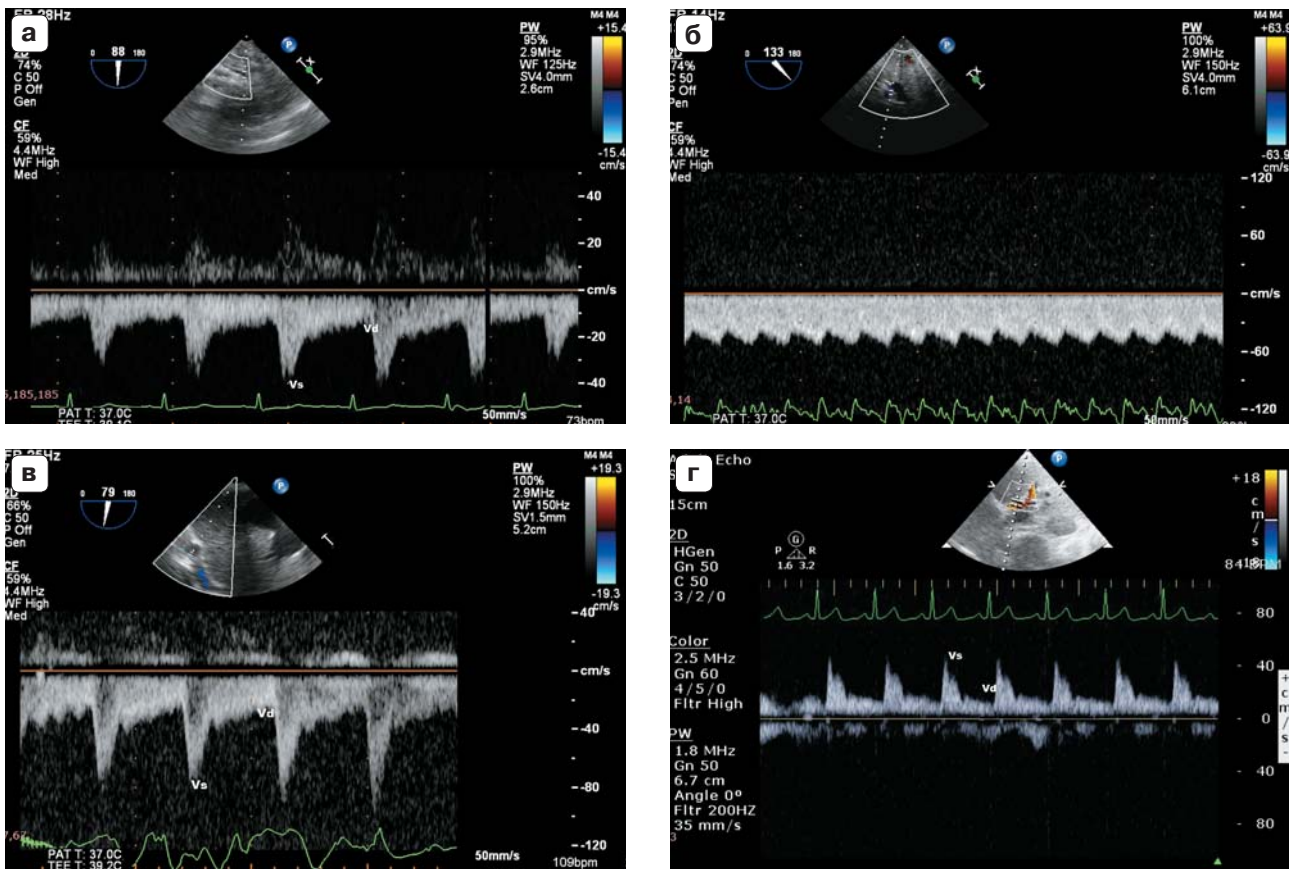


Рис. 1. Кровоток в ППА пациента первой группы. а–в – чреспищеводная эхокардиография. г – трансабдоминальный доступ. а – кровоток в начале операции. б – кровоток во время ИК. в – кровоток в конце операции. г – кровоток через 9 ч после операции. Vs – пиковая систолическая скорость кровотока. Vd – конечная диастолическая скорость кровотока.

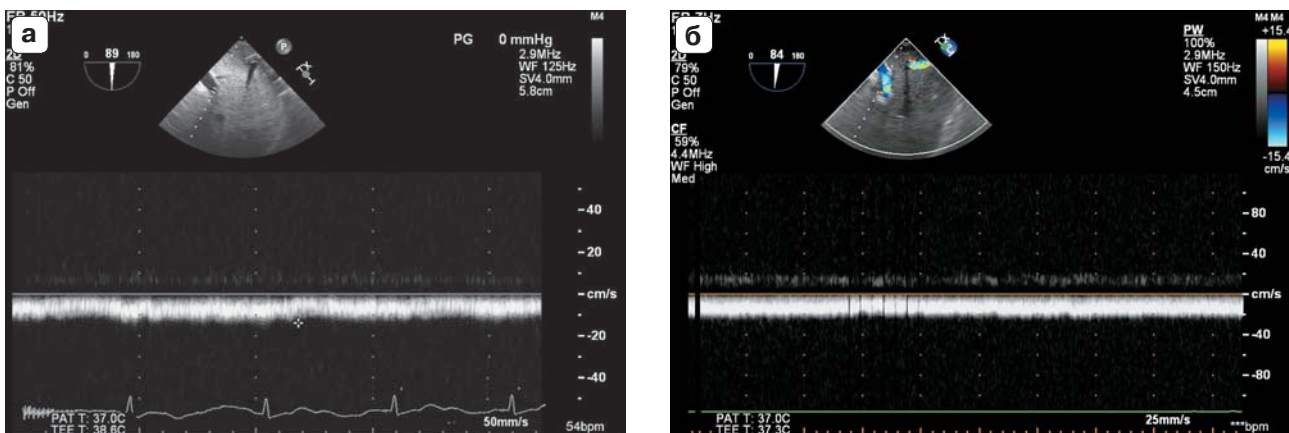


Рис. 2. Кровоток в ПВВВ пациента второй группы. а–в – чреспищеводная эхокардиография. г – трансабдоминальный доступ. а – кровоток в начале операции. б – кровоток во время ИК. в – кровоток в конце операции. г – кровоток через 9 ч после операции.

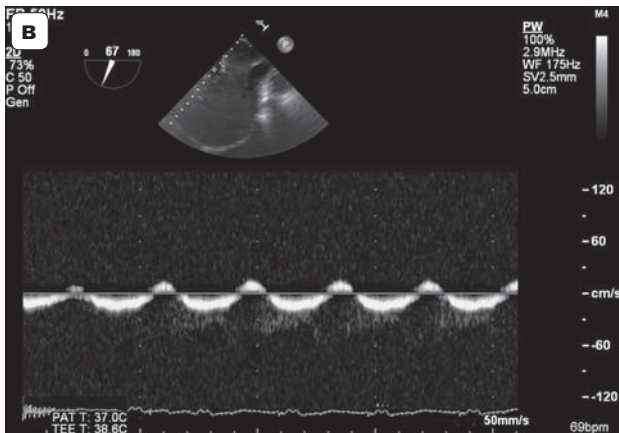


Рис. 2 (окончание).

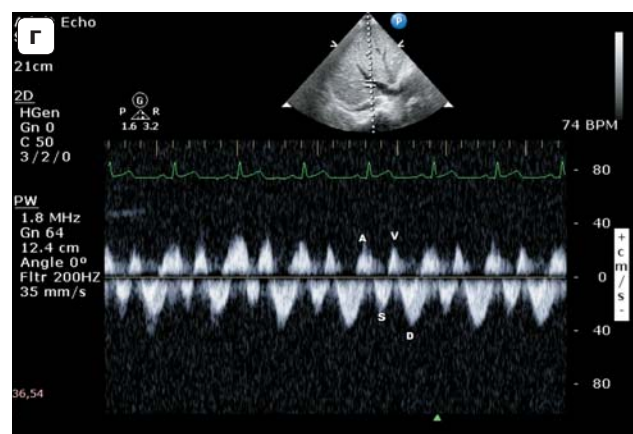
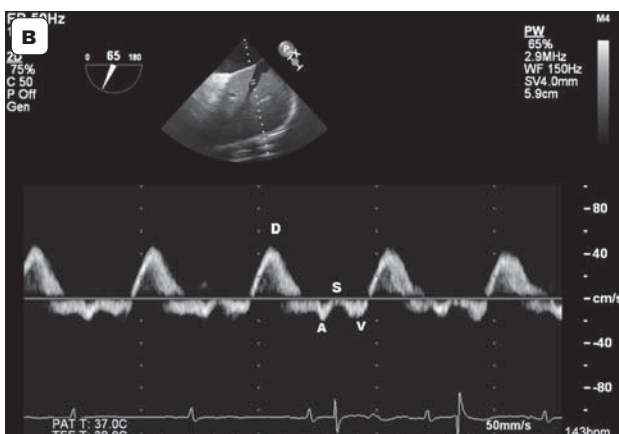
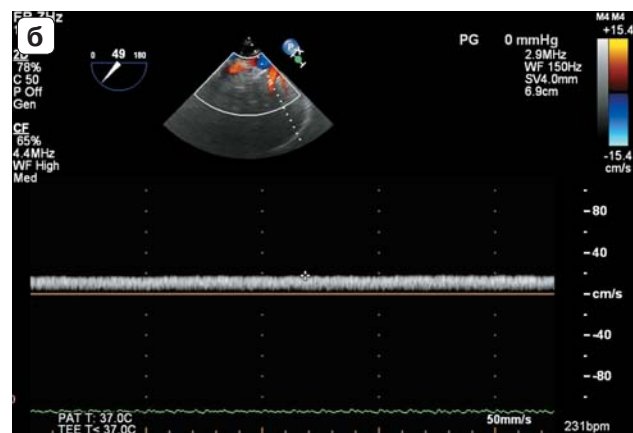
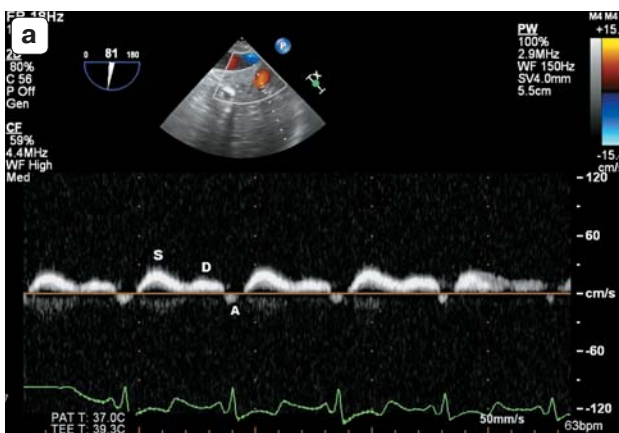
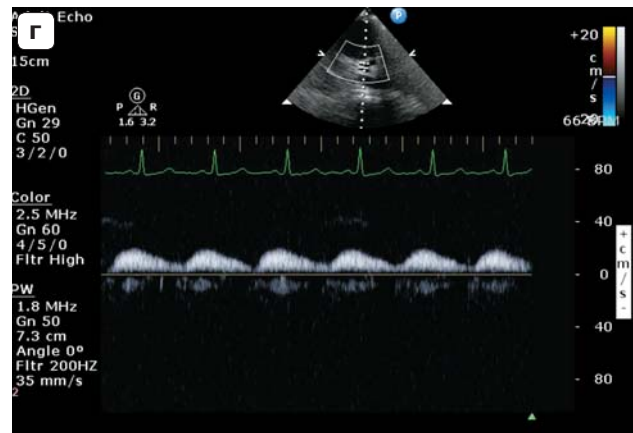


Рис. 3. Кровоток в ППВ пациента второй группы. а-в – чреспищеводная эхокардиография. г – трансабдоминальный доступ. а – кровоток в начале операции. б – кровоток во время ИК. в – кровоток в конце операции. г – кровоток через 9 ч после операции. S – антеградный пик, D – антеградный пик, A – ретроградный пик, V – ретроградный пик.

При рассмотрении полученных результатов следует отметить, что у пациентов всех групп диаметр сосудов достоверно не изменялся за весь промежуток наблюдения: от начала операции до 9-часового пребывания в реанимации. При оценке доплерографических кривых кровотока в печеночных сосудах менее значимые изменения можно отметить в спектре артериального кровотока (см. рис. 1). В начале, в конце и через 9 ч после операции регистрируется кровоток с нормальными скоростными характеристиками во всех группах, о чем свидетельствуют и другие авторы [1, 2]. На этапе ИК пульсация кровотока в ППА значительно снижается.

В ПВВВ в начале операции в большинстве случаев определялся гепатопетальный монофазный кровоток (см. рис. 2). “Пульсирующий” кровоток, который является одним из аномальных видов [9, 10], в начале операции регистрировался в ПВВВ у 4 (20,0%) больных первой группы, у 2 (8,3%) – второй и 7 (31,8%) – третьей. В конце операции “пульсирующий” кровоток был отмечен у большего числа больных: у 10 (50,0%) больных первой группы, 13 (54,2%) – второй и 17 (77,3%) – третьей. Средняя скорость кровотока в ПВВВ соответствовала ранее опубликованным данным [9–11]. Средняя скорость кровотока в норме, по данным В.В. Митькова и соавт. [11], составляет $23,0 \pm 4,0$ см/с.

В начале операции в ППВ в большинстве случаев регистрировался кровоток с двумя антеградными (S и D) и одним ретроград-

ным (A) пиками (см. рис. 3). Пик S связан с быстрым наполнением правого предсердия в диастолу (соответствует систоле желудочков), пик D – с уменьшением давления в правом предсердии из-за открытия трикуспидального клапана (соответствует диастоле желудочков), пик A – систоле предсердий (соответствует концу диастолы желудочков) [12].

В конце операции регистрировались изменения спектра кровотока в ППВ (см. рис. 3). Отмечалось увеличение амплитуды волны A, соответствующей систоле предсердий. Появление выраженного ретроградного пика V (результат повышения давления в правом предсердии в конце систолы желудочков) говорит об увеличении центрального венозного давления и повышении давления в правом предсердии в результате увеличения объема циркулирующей крови и наличия трикуспидальной недостаточности [1, 2, 13]. Пик S снижает свою амплитуду, находится на изолинии или происходит его инверсия, что говорит о снижении или отсутствии градиента давления между нижней поллой веной и правым предсердием в момент систолы желудочков. Регистрируемая трикуспидальная недостаточность в конце операции скорее всего связана с гиперволемией (разведение объемом первичного заполнения аппарата ИК, инфузия препаратов, том числе крове-замещающая терапия). Это приводит к увеличению пика D в период диастолы желудочков. Такие изменения были выявлены у 16 (80,0%) больных первой группы,

Таблица 5. Достоверность изменения скоростных параметров в исследуемых сосудах на различных этапах ультразвукового мониторинга

Параметры	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₁₋₄	P ₂₋₃	P ₂₋₄	P ₃₋₄
Первая группа (n = 20)						
Vmean ППА, см/с	0,0009	0,06	0,006	0,0001	0,001	0,59
Vmean ПВВВ, см/с	0,001	0,11	0,005	0,006	0,02	0,55
Вторая группа (n = 24)						
Vmean ППА, см/с	0,001	0,72	0,002	0,001	0,003	0,049
Vmean ПВВВ, см/с	0,0003	0,09	0,0004	0,0004	0,023	0,06
Третья группа (n = 22)						
Vmean ППА, см/с	0,001	0,15	0,91	0,003	0,001	0,17
Vmean ПВВВ, см/с	0,0004	0,31	0,004	0,002	0,003	0,13

Примечание: указана достоверность различия между периодами исследования. 1 – исследование до стернотомии (в начале операции), 2 – за 10 мин до отключения аппарата ИК (на этапе ИК), 3 – после отключения аппарата ИК после сведения грудины (в конце операции), 4 – в раннем послеоперационном периоде (через 9 ч после операции). Жирным шрифтом выделены достоверные различия.

17 (70,8%) – второй и 20 (90,9%) – третьей. Т. Nomura et al. [14] связывают данные изменения с нарушениями функции правых отделов сердца в связи с неадекватной их защитой.

Рассматривая изменения кровотока в печеночных сосудах, мы обратили особое внимание на изменение средней скорости кровотока в ППА и ПВВВ во время ИК по отношению к остальным этапам (табл. 5).

Во время ИК спектр кровотока изменялся. В аппарате ИК один из насосов нагнетает кровь по артериальной канюле в аорту. Роликовый насос – это механическое устройство, в котором вращение ротора электродвигателя передается на горизонтальную штангу, на концах которой располагаются два движущихся по радиусу ролика. При вращении ротора насоса ролик прижимает сегмент трубки и толкает вперед себя кровь, выдавливая ее [15]. Тем самым в артериальном спектре при непульсирующем режиме возможны незначительные модуляции, свидетельствующие о работе насоса аппарата ИК (см. рис. 16).

Средняя скорость по ППА в начале операции достоверно не отличалась между группами (см. табл. 1). На этапе ИК происходило значительное достоверное увеличение данной скорости во всех трех группах (см. табл. 5). Аналогичная ситуация наблюдается и по данным средней скорости кровотока в ПВВВ (см. табл. 5). Во время ИК кровотоков в ПВВВ был монофазный (см. рис. 26). На завершающем этапе операции средняя скорость достоверно снижалась относительно данных, полученных во время ИК, возвращаясь практически к исходным значениям как в ППА, так и в ПВВВ (см. табл. 5). Также было отмечено, что средняя скорость кровотока по ППА в первой группе достоверно ниже по сравнению с третьей группой (см. табл. 3). На последнем этапе исследования (через 9 ч после операции) средняя скорость кровотока по ППА и ПВВВ недостоверно отличалась от данных, полученных в конце операции.

В ППВ во время ИК кровоток был монофазный (см. рис. 36). Скорость кровотока была непосредственно связана с забором крови через венозные канюли аппарата ИК, установленные в полых венах. Для адекватной перфузии при ИК важно поддержание адекватно низкого центрального ве-

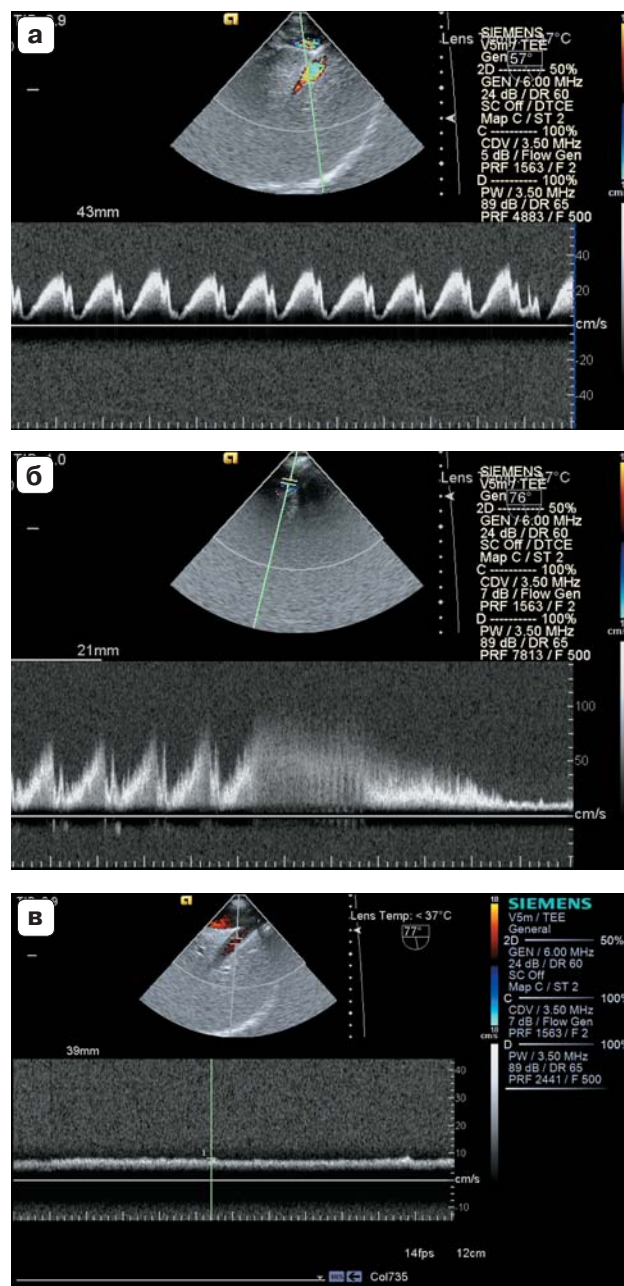


Рис. 4. Кровоток в ППВ при чреспищеводной эхокардиографии во время ИК. а – неподжатая венозная канюля (центральное венозное давление – –3 мм рт. ст.). б – момент поджатия венозной канюли (возрастание центрального венозного давления). в – поджатая венозная канюля (центральное венозное давление – 7 мм рт. ст.).

нозного давления [16]. Для достижения данной цели используют маневр поджатия венозного контура. Нами было отмечено, что это напрямую отражается на скорости кровотока и форме доплеровской кривой в системе нижней поллой вены (рис. 4).

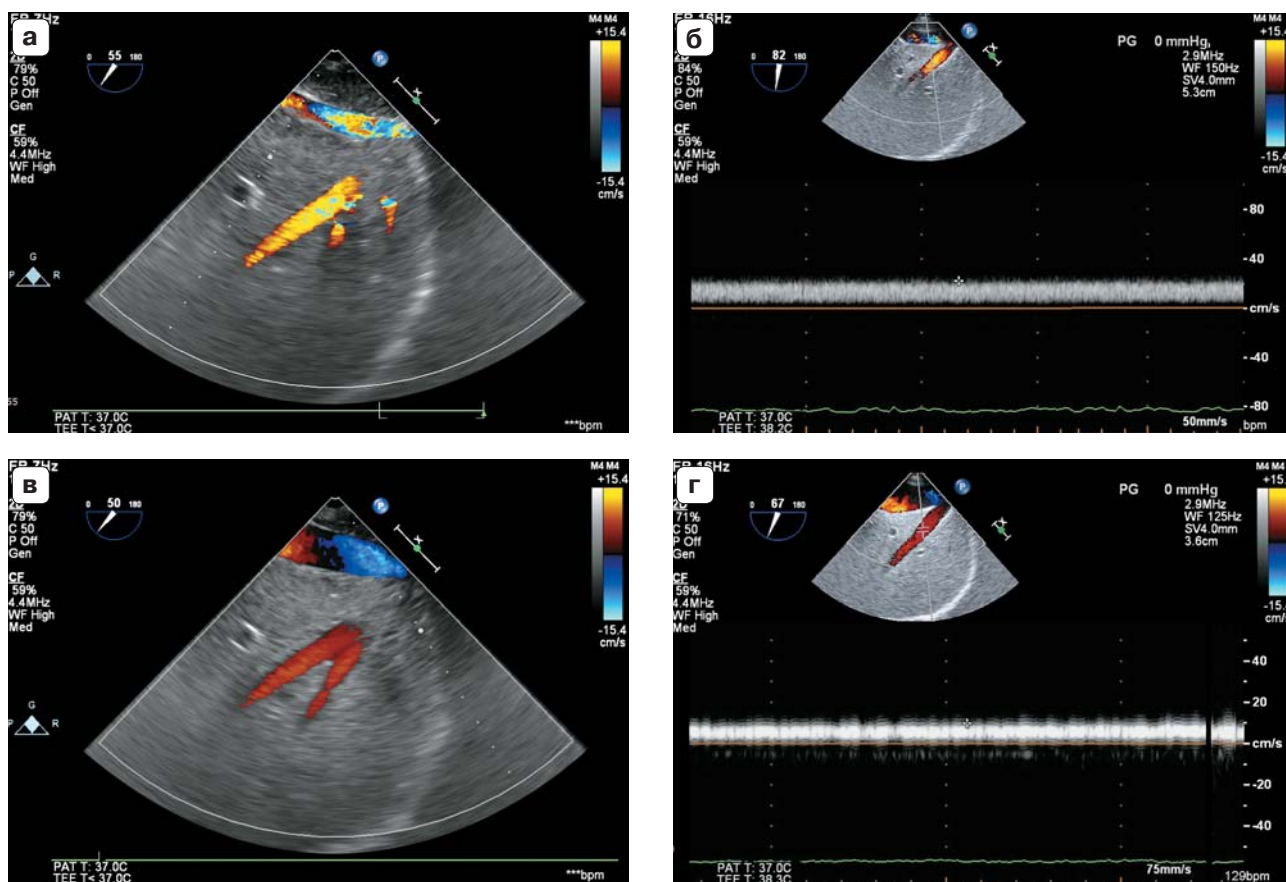


Рис. 5. Кровоток в ППВ при чреспищеводной эхокардиографии. а – высокоскоростной кровоток при цветовом доплеровском картировании при распушенной венозной канюле (центральное венозное давление – 5 мм рт. ст.). б – монофазный кровоток при импульсно-волновой доплерографии при распушенной венозной канюле (центральное венозное давление – 5 мм рт. ст.). в – низкоскоростной кровоток при цветовом доплеровском картировании при поджатой венозной канюле (центральное венозное давление – 5 мм рт. ст.). г – монофазный поток при импульсно-волновой доплерографии при поджатой венозной канюле (центральное венозное давление – 5 мм рт. ст.).

Так, при распушенной венозной канюле у 4 пациентов из разных групп определялся в начале ИК высокоскоростной кровоток в нижней полой вене и ППВ. Отмечался эффект подсасывания, который регистрировался на доплеровской кривой двухфазным высокоскоростным потоком и сопровождался отрицательными значениями центрального венозного давления. При поджатии венозной магистрали значения центрального венозного давления повышались, и можно было наблюдать изменения скорости кровотока в нижней полой вене и ППВ. Так, отрицательные значения центрального венозного давления становятся положительными, а кровоток в вене принимает вновь монофазный характер. У данных больных был использован этот маневр. У остальных 62 пациентов наблюдались

нормальные значения центрального венозного давления во время ИК и монофазный тип кровотока в ППВ.

В ситуациях, когда при распушенной венозной магистрали значения центрального венозного давления были положительными в пределах нормы и равные 0, изменения кровотока при поджатии магистрали имеют свое отражение на скорости кровотока в венах (рис. 5). В момент поджатия венозного контура происходит кратковременное повышение центрального венозного давления, но в течение нескольких минут после данной манипуляции значение возвращается к исходным значениям. Кровоток в нижней полой вене и ППВ снижается относительно скоростных параметров, полученных при распушенной канюле, и остается на данных низких значениях.

Это может быть объяснено тем, что измерение центрального венозного давления производится путем измерения давления при помощи катетеризации центральной вены, относящейся к системе верхней поллой вены, тем самым мы не получаем достоверных изменений давления в нижней поллой вене. Из этого следует предположение, что значение центрального венозного давления не может в полной мере давать информацию о венозном оттоке по системе нижней поллой вены.

Нами был введен коэффициент K , который отражает отношение между суммой средних скоростных показателей притока и среднего скоростного показателя оттока во время ИК.

$$\text{Коэффициент } K = \frac{(V_{\text{mean ППА}} + V_{\text{mean ПБВВ}})}{V_{\text{mean ППВ}}}.$$

При проведении корреляционного анализа скоростей кровотока в сосудах печени во время ИК и лабораторных показателей в послеоперационном периоде значимых связей выявлено не было. Однако на этапе ИК была выявлена сильная прямая корреляция между коэффициентом K и наличием застойных явлений в печени по оценке лабораторных данных в раннем послеоперационном периоде ($r = 0,789$, $P = 0,00012$). В нашем исследовании значения показателей общего билирубина >21 ммоль/л, щелочной фосфатазы >270 мкмоль/л и гамма-глутамилтрансферазы >50 Ед/л определяли наличие застойных явлений.

Следует также отметить, что в третьей группе доля пациентов с застойными явлениями в печени (6 человек – 27,3%) была больше, чем в первой (2 человека – 10,0%) и второй (4 человека – 16,7%) группах, однако различия недостоверны.

С помощью ROC-анализа было определено пороговое значение для коэффициента K , равное 3,5, с чувствительностью 95%, специфичностью 82%, AUC 0,940 (“золотой стандарт” – лабораторные данные в раннем послеоперационном периоде). Таким образом, оценивая скоростные показатели в печеночных сосудах во время ИК с расчетом коэффициента K , можно с высокой точностью и надежностью прогнозировать развитие печеночной дисфункции в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических больных.

У пациентов в трех группах с коэффициентом $K \geq 3,5$ по биохимическим показателям отмечалось повышение значений общего билирубина практически в 2 раза. Значения щелочной фосфатазы и гамма-глутамилтрансферазы у данных пациентов после операции также были выше нормы с тенденцией к снижению в момент выписки (табл. 6).

Анализ биохимических показателей функции печени выявил статистически значимое повышение показателей аспартатаминотрансферазы на 1-е сутки по сравнению с данными до операции ($P_1 = 0,002$, $P_2 = 0,0003$, $P_3 = 0,0009$), а также достоверное снижение к 8-м суткам после операции по сравнению с 4-ми сутками ($P_1 = 0,003$, $P_2 = 0,047$, $P_3 = 0,004$). Показатели аланинаминотрансферазы статистически значимо повышались к 4-м суткам после операции по сравнению с дооперационными данными ($P_1 = 0,002$, $P_2 = 0,0005$, $P_3 = 0,003$), но достоверно не снижались к 8-м суткам после операции по сравнению с 4-ми сутками. Однако данные показатели повышались не более чем в 2 раза от нормальных значений, что не дает возможности строить предположения о возможном ишемическом поражении органа.

По литературным данным, подобные исследования были проведены в основном в эксперименте и основывались на биохимических тестах и реографии [17]. Клинические наблюдения по оценке кровотока в артериальной и венозной системе и биохимических показателей во время выполнения операций на сердце в условиях ИК в литературе практически отсутствуют. В 1991 г. F.J. Pinto et al. [18] посредством ЧПЭхоКГ впервые визуализировали магистральные сосуды печени, но дать подробное описание анатомии печеночных сосудов не представлялось возможным при использовании монопланового датчика. В 2001 г. R. Meierhenrich et al. [19] провели работу по использованию ЧПЭхоКГ с многоплановым датчиком для визуализации печеночных вен у больных во время наркоза при операциях на брюшной полости. Результатом их исследования стало то, что при помощи ЧПЭхоКГ возможна визуализация печеночных вен (порой даже лучшего качества, нежели при абдоминальной технике) в связи с близким анатомическим расположе-

Таблица 6. Динамика биохимических показателей функции печени до операции, в 1, 4 и 8-е сутки после операции с разделением больных внутри группы по коэффициенту К

Группы	Коэффициент К	Общий билирубин, ммоль/л				Щелочная фосфатаза, мкмоль/л				Гамма-глутамилтрансфераза, Ед/л			
		до операции	1-е сутки	4-е сутки	8-е сутки	до операции	1-е сутки	4-е сутки	8-е сутки	до операции	1-е сутки	4-е сутки	8-е сутки
Первая группа	≥3,5	10,5 ± 0,3	27,0 ± 2,8	12,2 ± 0,2	12,3 ± 2,7	274,5 ± 6,4	317,5 ± 3,5	306,0 ± 11,3	210,0 ± 28,3	46,6 ± 3,3	146,0 ± 16,9	97,5 ± 3,5	95,0 ± 4,2
		10,3–10,7	25,0–29,0	12,0–12,3	10,4–14,2	270,0–279,0	315,0–320,0	298,0–314,0	190,0–230,0	44,3–49,0	134,0–158,0	95,0–100,0	92,0–98,0
		17,4 ± 4,6	12,4 ± 3,2	12,1 ± 5,6	10,4 ± 5,4	206,8 ± 50,9	202,8 ± 56,1	237,0 ± 42,4	239,2 ± 73,4	44,1 ± 6,9	41,3 ± 12,4	61,6 ± 21,5	57,7 ± 19,3
		10,8–25,0	9,0–18,0	6,7–23,3	7,0–25,0	120,0–250,0	126,0–277,0	150,0–275,0	157,0–397,0	40,0–50,0	28,0–68,0	27,0–91,0	28,0–80,0
Вторая группа	≥3,5	10,6 ± 3,9	26,9 ± 4,3	14,1 ± 0,7	11,7 ± 4,5	241,7 ± 31,6	336,3 ± 13,8	313,0 ± 28,1	277,5 ± 32,0	45,7 ± 10,3	134,7 ± 25,1	133,5 ± 40,6	106,2 ± 11,1
		7,7–16,4	20,5–30,0	13,1–14,7	6,9–17,8	198,0–270,0	320,0–350,0	289,0–353,0	230,0–300,0	31,0–55,0	100,0–160,0	96,0–183,0	95,0–120,0
		15,8 ± 5,6	10,2 ± 3,9	12,6 ± 4,2	9,5 ± 3,2	190,0 ± 33,6	236,0 ± 20,1	201,3 ± 44,8	221,4 ± 34,1	45,5 ± 16,6	44,4 ± 18,4	61,6 ± 30,7	60,6 ± 33,1
		6,6–28,3	4,1–15,3	6,4–19,4	3,6–14,2	145,0–245,0	198,0–260,0	118,0–270,0	156,0–265,0	21,0–89,0	25,0–100,0	22,0–130,0	21,0–130,0
Третья группа	≥3,5	14,5 ± 5,6	31,4 ± 3,1	17,1 ± 7,9	12,4 ± 4,8	214,2 ± 22,0	388,6 ± 53,8	355,3 ± 49,9	319,1 ± 52,4	40,3 ± 10,9	186,8 ± 34,8	150,5 ± 39,0	82,8 ± 27,4
		8,7–21,0	28,0–36,8	10,4–22,0	7,1–17,2	179,0–238,0	340,0–490,0	320,0–442,0	260,0–398,0	25,0–53,0	150,0–240,0	100,0–195,0	54,0–131,0
		11,5 ± 5,3	10,3 ± 5,4	11,0 ± 5,5	10,5 ± 3,9	177,4 ± 37,7	165,9 ± 42,2	141,4 ± 35,8	222,6 ± 32,1	46,4 ± 5,8	57,9 ± 19,6	71,0 ± 26,0	65,3 ± 35,4
		7,0–19,8	5,0–20,1	5,4–18,1	7,3–18,6	132,0–254,0	120,0–220,0	101,0–198,0	169,0–258,0	33,0–51,0	27,0–89,0	41,0–106,0	35,0–110,0

нием датчика в пищеводе относительно ворот печени.

Таким образом, исследование кровотока в печеночных сосудах интраоперационно во время ИК позволяет оценить изменения органной гемодинамики. Оценка кровотока во время ИК представляет возможность ранней диагностики застойных явлений в печени, которые проявляются различными биохимическими сдвигами в послеоперационном периоде. При проведении корреляционного анализа скоростей кровотока в сосудах печени во время ИК и лабораторных показателей в послеоперационном периоде значимых связей выявлено не было. Однако на этапе ИК была выявлена сильная прямая корреляция между коэффициентом К и наличием застойных явлений в печени по оценке лабораторных данных в раннем послеоперационном периоде ($r = 0,789$, $P = 0,00012$). Можно предположить, что такая взаимосвязь может характеризовать начало развития недостаточности функции печени в первые часы наблюдения. С помощью ROC-анализа было определено пороговое значение для коэффициента К, равное 3,5, с чувствительностью 95%, специфичностью 82%, AUC 0,94. Оценивая средние скоростные показатели в печеночных сосудах во время ИК, при значении коэффициента К $\geq 3,5$ можно с высокой точностью и надежностью прогнозировать развитие печеночной дисфункции в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических больных, нуждающихся в коррекции терапии в операционном и ближайшем послеоперационном периодах. Динамическое наблюдение за печеночным кровотоком применено для ранней диагностики формирующихся органных нарушений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Соколова О.В., Тюрин В.П. Дисфункция печени у кардиохирургических больных в раннем послеоперационном периоде // Архив внутренней медицины. 2014. Т. 15. № 1. С. 50–54.
- Шевченко Ю.Л., Гороховатский Ю.И., Азизова О.А., Замятин М.Н. Системный воспалительный ответ при экстремальной хирургической агрессии. Издание РАЕН, 2009. 273 с.
- Морган Д.Э., Мэгид С.М. Клиническая анестезиология. Т. 3. М.: Бином, 2003. 304 с.
- Di Tomasso N., Monaco F., Landoni G. Hepatic and renal effects of cardiopulmonary bypass // Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol. 2015. V. 29. No. 2. P. 151–161.
- Черешнева Ю.Н., Митьков В.В. Возможности визуализирующих методов в исследовании гемодинамики печени // Ультразвуковая диагностика. 2000. № 3. С. 103–111.
- Сандриков В.А., Федулова С.В., Локшин Л.С., Каршиева А.Р., Кулагина Т.Ю. Чреспищеводная эхокардиография в оценке функции печени при операциях на сердце в условиях искусственного кровообращения // Анестезиология и реаниматология. 2016. Т. 61. № 1. С. 4–7.
- Плотников Г.П., Шукевич Д.Л., Григорьев Е.В. Абдоминальные осложнения при операциях на сердце с искусственным кровообращением // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2014. № 1. С. 75–86.
- Akhlagh S.H., Vaziri M.T., Nemati M.H., Ashraf H. Changes in liver enzymes and bilirubin after coronary artery bypass grafting using acute normovolemic hemodilution // Acta Anaesthesiol. Belg. 2011. V. 62. No. 1. P. 11–14.
- Берестень Н.Ф. Допплерэхография в комплексной оценке нарушений печеночной и сердечной гемодинамики: Автореф. дис. ... докт. мед. наук. М., 2000. 36 с.
- Камалов Ю.Р., Сандриков В.А. Руководство по абдоминальной ультразвуковой диагностике при заболеваниях печени. М.: Миклош, 2010. 176 с.
- Митьков В.В., Черешнева Ю.Н., Федотов И.Г., Митькова М.Д., Серебренников В.А. Влияние дыхания, физической и пищевой нагрузки на характер кровотока в воротной и печеночных венах // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2000. № 3. С. 78–83.
- Митьков В.В. Допплерография в диагностике заболеваний печени, желчного пузыря, поджелудочной железы и их сосудов. М.: Видар, 2000. 152 с.
- Carden D.L., Granger D.N. Pathophysiology of ischaemia-perfusion injury // J. Pathol. 2000. V. 190. No. 3. P. 255–266.
- Nomura T., Lebowitz L., Koide Y. et al. Evaluation of hepatic venous flow using transesophageal echocardiography in coronary artery bypass surgery: an index of right ventricular function // J. Cardiothorac. Vasc. Anesth. 1995. V. 9. No. 1. P. 9–17.
- Локшин Л.С., Лурье Г.О., Дементьева И.И. Искусственное и вспомогательное кровообращение в сердечно-сосудистой хирургии. М.: Пресса, 1998. 93 с.
- Аверина Т.Б., Самуилова Д.Ш. Что необходимо знать кардиологу об искусственном кровообращении? // Креативная кардиология. 2007. №№ 1–2. С. 102–118.
- Берестень Н.Ф. Изучение взаимосвязи венозного кровообращения печени и центральной гемодинамики по данным двумерной доплерэхографии: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 1991. 25 с.
- Pinto F.J., Wranne B., St. Goar F.G. et al. Hepatic venous flow assessed by transesophageal echocardiography // J. Am. Coll. Cardiol. 1991. V. 17. No. 7. P. 1493–1498.
- Meierhenrich R., Gauss A., Georgieff M., Schutz W. Use of multi-plane transoesophageal echocardiography in visualization of the main hepatic veins and acquisition of Doppler sonography curves. Comparison with the transabdominal approach // Br. J. Anaesth. 2001. V. 87. No. 5. P. 711–717.

Intraoperative Transesophageal Echocardiography in Liver Blood Flow Assessment during Cardiopulmonary Bypass Surgeries

***A.N. Dzeranova, V.A. Sandrikov, S.V. Fedulova, L.S. Lokshin,
A.R. Karshieva, A.V. Goncharova***

B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow

A.N. Dzeranova – M.D., Ph.D. fellow, Department of Clinical Physiology, Instrumental and Radiology Diagnostics, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow. V.A. Sandrikov – M.D., Ph.D., Professor, Academician, Russian Academy of Sciences; Director, Department of Clinical Physiology, Instrumental and Radiology Diagnostics, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow. S.V. Fedulova – M.D., Ph.D., Senior Researcher, Head of Intraoperative Diagnostics Laboratory, Department of Clinical Physiology, Instrumental and Radiology Diagnostics, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow. L.S. Lokshin – M.D., Ph.D., Professor, Director, Department of Anaesthesiology, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow. A.R. Karshieva – M.D., Ph.D. fellow, Department of Clinical Physiology, Instrumental and Radiology Diagnostics, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow. A.V. Goncharova – M.D., Clinical Laboratory, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow.

Results of liver blood flow assessment using the transesophageal echocardiography at cardiac reconstructive surgeries with cardiopulmonary bypass are presented. 66 patients aged from 35 up to 71 years old were examined. There was not any evidence of liver failure according to the laboratory examination before the surgery. According to the cardiopulmonary bypass duration, all patients were divided into 3 groups: 20 (30%) patients – less than 80 min duration, 24 (36.4%) – 80–110 min, 22 (33.3%) – 110 min and more. Blood flow parameters in the right hepatic vein, right portal vein, and right hepatic artery before the sternotomy, 10 min before switching off cardiopulmonary bypass machine, and after switching off cardiopulmonary bypass machine were assessed. Blood flow was also assessed during the transabdominal examination in early postoperative period (in 9 hours after the surgery). There was not any correlation between the blood flow velocities in hepatic vessels during cardiopulmonary bypass and laboratory characteristics at postoperative period. K-coefficient was introduced to demonstrate the ratio between the sum of input average velocity values and output average velocity value during the cardiopulmonary bypass. Significant correlation was revealed between the K-coefficient and laboratory data of liver congestion at early postoperative period ($r = 0.789$, $P = 0.00012$). ROC-analysis determined the cut-off value for K-coefficient equal to 3.5 with sensitivity 95%, specificity 82%, AUC 0.94. K-coefficient equal to 3.5 or more can help to predict the liver failure in early postoperative period in patients undergoing cardiac surgery.

Key words: intraoperative transesophageal echocardiography, transabdominal approach, hepatic blood flow, cardiopulmonary bypass.