

Восприимчивость к инфузионной нагрузке на фоне регионарной анестезии после коронарного шунтирования на работающем сердце

К. В. Паромов^{1*}, Д. А. Волков^{1,2}, М. Ю. Киров^{1,2}

¹ Первая городская клиническая больница им. Е. Е. Воловевич,
Россия, 163001, Архангельская область, г. Архангельск, ул. Суворова, д. 1
² Северный государственный медицинский университет Минздрава России,
Россия, 163069, Архангельская область, г. Архангельск, Троицкий пр-т, д. 51

Для цитирования: К. В. Паромов, Д. А. Волков, М. Ю. Киров. Восприимчивость к инфузионной нагрузке на фоне регионарной анестезии после коронарного шунтирования на работающем сердце. *Общая реаниматология*. 2023; 19 (5): 31–38. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2023-5-2352> [На русск. и англ.]

*Адрес для корреспонденции: Константин Валентинович Паромов, kp-82@mail.ru

Резюме

Цель. Оценить влияние блокады нервов фасциального пространства мышц, выпрямляющих позвоночник (ESPB), и эпидуральной анестезии на восприимчивость к инфузионной нагрузке после коронарного шунтирования на работающем сердце.

Материалы и методы. В проспективное рандомизированное одноцентровое исследование включили 45 пациентов, поровну распределенных на 3 группы соответственно методикам анестезии: общей анестезии в комбинации с ESPB (OA+ESPB), общей анестезии и эпидуральной анестезии (OA+ЭА) и анестезии без использования регионарных методик (OA). После транспортировки пациента из операционной и в конце первых послеоперационных суток оценивали восприимчивость к инфузионной нагрузке с помощью динамических и ортостатических проб. На первом этапе проводили тесты с пассивным подъемом ног (PLR) и стандартным инфузионным болюсом, на втором этапе — дополнительно оценивали изменения параметров гемодинамики при вертикализации. К респондерам относили пациентов с приростом сердечного индекса (СИ) >10% после PLR-теста и >15% после теста с инфузионным болюсом.

Результаты. Согласованность результатов в тестах PLR и с инфузионным болюсом для групп OA+ESPB, OA+ ЭА и OA на первом этапе составила 0,53 (95% ДИ 0,12–0,94), 0,68 (95% ДИ 0,30–1,00) и 0,61 (ДИ 0,24–0,99), на втором этапе — 0,70 (0,32–1,00), 0,84 (95% ДИ 0,55–1,00) и 0,82 (95% ДИ 0,47–1,00), соответственно. Распределение респондеров не имело межгрупповых различий. При вертикализации динамика СИ не отличалась между группами, ассоциации изменений СИ при вертикализации с предшествующим PLR тестом не выявили. Динамика тропонина Т и NT-proBNP не отличалась между группами.

Заключение. Методики регионарной анестезии (ESPB или ЭА) значимо не влияют на восприимчивость к инфузионной терапии в послеоперационном периоде коронарного шунтирования на работающем сердце.

Ключевые слова: регионарная анестезия; эпидуральная анестезия; коронарное шунтирование; восприимчивость к инфузионной терапии; ортостатические реакции

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Responsiveness to Infusion Load under Regional Anesthesia after Off-Pump Coronary Artery Bypass Graft Surgery

Konstantin V. Paromov^{1*}, Dmitry A. Volkov^{1,2}, Mikhail Y. Kirov^{1,2}

¹ Volosevich City Clinical Hospital No.1,
1 Suvorova Str., 163001 Arkhangelsk, Arkhangelsk region, Russia
² Northern State Medical University, Ministry of Health of Russia,
51 Troitsky prospect, 163069 Arkhangelsk, Russia

Summary

Objective. To evaluate the effect of erector spinae plane block (ESPB) and epidural anesthesia on responsiveness to infusion load after coronary bypass surgery on a beating heart.

Materials and methods. A prospective randomized single-center study included 45 patients who were grouped into 3 equal arms based on anesthesia techniques: general anesthesia in combination with ESPB (GA+ESPB), general anesthesia and epidural anesthesia (GA+EA) and general anesthesia without regional techniques (GA). Patient's response to volume loading was assessed using dynamic and orthostatic tests after transfer from the operating room and at the end of the first postoperative day. Passive leg raise (PLR) and standard bolus injection tests were done at the first stage; changes in hemodynamic parameters during verticalization were additionally evaluated at the second stage. Patients with >10% cardiac index (CI) increase after PLR test and >15% increase after bolus injection test were categorized as responders.

Results. The concordance of obtained results in PLR and bolus injection tests for the GA+ESPB, GA+ EA and GA groups at the first stage was 0.53 (95% CI 0.12–0.94), 0.68 (95% CI 0.30–1.00) and 0.61 (CI 0.24–0.99), at the second stage — 0.70 (0.32–1.00), 0.84 (95% CI 0.55–1.00) and 0.82 (95% CI 0.47–1.00), respectively. There were no differences in distribution of responders between the groups. CI dynamics did not differ between the groups during verticalization, and there were no associations of CI changes during verticalization with the preceding PLR test results. The dynamics of troponin T and NT-proBNP did not differ between the groups.

Conclusion. Methods of regional anesthesia (SPB or EA) do not significantly affect the responsiveness to infusion therapy in the postoperative period after coronary bypass surgery on a beating heart.

Keywords: regional anesthesia; epidural anesthesia; coronary bypass surgery; responsiveness to infusion therapy; orthostatic reactions

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Read the full-text English version at www.reanimatology.com

Введение

Оценка восприимчивости к инфузионной нагрузке долгое время остается краеугольным камнем реаниматологии, поскольку инфузионная терапия является ключевым методом оптимизации гемодинамики и перфузии и должна проводиться по показаниям, с адекватной оценкой эффективности [1]. Традиционно для оценки эффектов инфузионной терапии используются динамические тесты. Один из них — тест со стандартным инфузионным болюсом (7 мл/кг) [2, 3], однако его особенностью является необратимость, что повышает риск гипергидратации и тканевого отека [4]. Достойной альтернативой данному тесту служит тест с пассивным подъемом ног (PLR-тест), гемодинамический эффект которого эквивалентен инфузии 300–500 мл кристаллоидного раствора. Помимо обратимости, у PLR-теста высокие показатели чувствительности и специфичности, что обеспечивает хорошую прогностическую значимость восприимчивости к инфузионной терапии [5]. Другие динамические тесты, включая мини-инфузионный болюс, конечно-экспираторный окклюзионный тест и оценку вариабельности плетизмограммы, недостаточно точны, особенно при наличии спонтанного дыхания пациента [6].

Кроме динамических тестов для оценки эффектов инфузионной терапии могут использоваться статические и динамические показатели преднагрузки. В отличие от динамических показателей, включающих вариации ударного объема, пульсового давления и плетизмограммы, статические показатели не показали себя надежными критериями оценки волемического статуса, однако центральное венозное давление (ЦВД) остается ценным критерием наполнения правого желудочка [7]. При этом следует помнить, что правожелудочковая недостаточность является ограничивающим фактором, влияющим на точность динамических методов оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке, и должна учитываться при их проведении [8].

Скорость адаптации сердечно-сосудистой системы к изменению положения тела в основном определяется активностью вегетативной нервной системы. Так, при нарушении хронот-

ропного или вазомоторного ответа на активацию барорецепторов изменение положения тела проявляется ортостатическими реакциями [9]. Вместе с тем, в настоящее время не предложено единого метода диагностики ортостатической гипотензии. Для ее косвенной оценки предложены тест с поднятием головного конца кровати или активное вставание [10]. Гемодинамические эффекты вертикализации эквивалентны снижению преднагрузки на 500–1000 мл за счет депонирования крови в нижних конечностях, отделах спланхической и легочной циркуляции [11]. В кардиохирургии использование методов регионарной анестезии, которые могут влиять на целый ряд показателей гемодинамики, увеличивает частоту ортостатических реакций до 33% [12]. Тем не менее, степень влияния регионарных методик анестезии, включая блокаду нервов фасциального пространства мышц, выпрямляющих позвоночник (ESPB), на восприимчивость к инфузии после операций на сердце остается предметом дискуссий [13].

Цель работы — оценить влияние блокады нервов фасциального пространства мышц, выпрямляющих позвоночник (ESPB), и эпидуральной анестезии на восприимчивость к инфузионной нагрузке после коронарного шунтирования на работающем сердце.

Материал и методы

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава РФ (г. Архангельск) — протокол № 03/04-20 от 29.04.2020.

Одноцентровое пилотное проспективное рандомизированное контролируемое исследование пациентов с плановым аортокоронарным шунтированием (АКШ) на работающем сердце в условиях анестезии севофлураном выполняли на базе Первой городской клинической больницы им. Е. Е. Волосевич Архангельской области. «Ослепления» пациента или исследователя не проводили. Рандомизацию пациентов методом конвертов с соотношением 1:1:1 осуществляли по следующим группам:

1) комбинация общей анестезии (ОА) севофлураном с блокадой нервов нейрофасциального пространства мышц, выпрямляющих позвоночник (ESPB), на уровне Th5 введением 0,5% ропивакаина

20 мл в интраоперационном периоде и последующей продленной инфузией 0,2% ропивакаина после АКШ (группа ОА+ESPB);

2) комбинация общей анестезии севофлураном с эпидуральной анестезией (ЭА) 0,75% ропивакаином 10–14 мл на уровне Th2–4 и последующей продленной инфузией 0,2% ропивакаина (группа ОА+ЭА);

3) общая анестезия севофлураном без использования регионарной анестезии (группа ОА).

Критериями включения были наличие добровольного информированного согласия на участие в исследовании, возраст старше 18 и не более 70 лет, планируемое изолированное АКШ на работающем сердце, фракция выброса более 40% и устойчивый синусовый ритм.

Критериями исключения служили отказ от участия в исследовании, отказ от регионарной анестезии (ЭА или ESPB), инфаркт миокарда в течение предшествующих 30 сут, тяжелое течение хронической обструктивной болезни легких (>II стадии GOLD, необходимость постоянной терапии ингаляционными кортикостероидами), хроническая болезнь почек IV и V стадии, неудовлетворительный контроль течения сахарного диабета (фракция гликированного гемоглобина более 8%), ожирение с индексом массы тела более 40 кг/м². Интраоперационную конверсию на искусственное кровообращение или несостоятельную регионарную анестезию рассценивали как критерии пострандомизационного исключения пациента из исследования.

При поступлении в операционную пациентам группы ОА+ESPB выполняли катетеризацию периферической вены (Vasofix Braunule, BBraun, Германия) и лучевой артерии (Arteriofix, BBraun, Германия). В положении на боку при УЗИ-навигации (Philips CX-50, США) осуществляли катетеризацию нейрофасциального пространства мышц, выпрямляющих позвоночник, на уровне поперечного отростка Th5 (Perifix, BBraun, Германия), с двух сторон, катетер проводили краниально на расстояние 4–5 см от кончика иглы. Через установленный катетер болюсно вводили 0,5% раствор ропивакаина из расчета 20 мл на каждую сторону. После индукции анестезии (пропофол 1–2 мг/кг, фентанил 2–3 мкг/кг, пипекурония бромид 0,08 мкг/кг) проводили интубацию трахеи и ИВЛ (Datex Ohmeda Aespire View, GE Carestation 650, GE Healthcare technologies, США) с дыхательным объемом 6 мл/кг и параметрами, необходимыми для поддержания сатурации более 96% и нормокапнии. В условиях анестезии пациентам выполняли катетеризацию правой внутренней яремной вены (Intradyn F8, BBraun, Германия) с последующей катетеризацией легочной артерии (Corodyn TDF7, BBraun, Германия). Поддержание анестезии осуществляли севофлураном

на уровне MAC 0,7–1,5. В послеоперационном периоде анальгезию обеспечивали постоянным введением 0,2% ропивакаина со скоростью 5–12 мл/ч до момента перевода пациента из отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ).

В группе ОА+ЭА до индукции анестезии выполняли катетеризацию эпидурального пространства (Perifix, BBraun, Германия) срединным доступом, на уровне Th2–Th3 или Th3–Th4. Поддержание анестезии в интраоперационном периоде обеспечивали севофлураном 0,7–1,5 MAC. Формирование анальгетического компонента анестезии осуществляли дробным введением ропивакаина 0,75% в объеме 10–14 мл. Послеоперационную анальгезию обеспечивали постоянным введением ропивакаина 0,2% со скоростью 3–6 мл/ч и фентанила 4–10 мкг/ч.

В группе ОА индукцию анестезии и интубацию трахеи проводили по той же схеме. Поддержание анестезии интраоперационно обеспечивали севофлураном 0,7–1,5 MAC, анальгетический компонент анестезии поддерживали введением фентанила 2–3 мкг/кг/ч.

Интраоперационная инфузия включала сбалансированные растворы в объеме 1000 мл у всех пациентов. Препаратом первой линии для коррекции периоперационной гипотензии был норадреналин в дозе до 0,2–0,3 мкг/кг/мин. При недостаточном гемодинамическом эффекте (среднее артериальное давление (АДср) менее 65 мм рт. ст.) рассматривали подключение добутина 5–7 мкг/кг/мин или изменение хирургической тактики, в частности — конверсию на искусственное кровообращение. Первые двое суток послеоперационного периода проходили в ОРИТ. Оптимизация инфузионной терапии при этом осуществлялась на усмотрение лечащего врача, исходя из состояния пациента.

В исследование включили 48 пациентов, которым в плановом порядке выполнили АКШ на работающем сердце в период с мая 2020 г. по февраль 2023 г. (рис. 1). После исключения по одному пациенту



Рис. 1. Блок-схема организации исследования.

Примечание. ОА — общая анестезия; ЭА — эпидуральная анестезия; ESPB (erector spinae plane block) — блокада нервов нейрофасциального пространства мышц, выпрямляющих позвоночник.

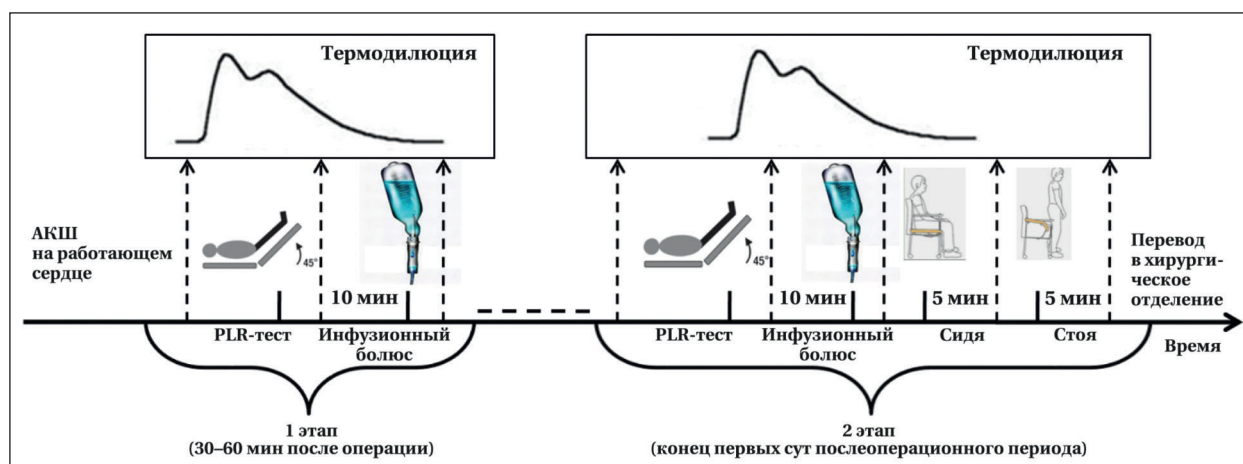


Рис. 2 Последовательность термодиллюционных измерений в тестах на восприимчивость к инфузионной нагрузке и при вертикализации.

Примечание. АКШ — аортокоронарное шунтирование; PLR — тест с пассивным подъемом ног.

из каждой группы в анализ включили 45 пациентов (37 мужчин и 8 женщин).

Показатели АДср, частоты сердечных сокращений (ЧСС), ЦВД, среднего давления в легочной артерии (ДЛАср), давления заклинивания легочной артерии (ДЗЛА), сердечного индекса (СИ), индекса ударного объема (ИУО), индекса системного сосудистого сопротивления (ИССС), легочного сосудистого сопротивления (ЛСС) (мониторы Nihon Kohden, Япония) оценивали сразу после транспортировки пациента из операционной в ОРИТ и на следующий послеоперационный день при переводе пациента в кардиохирургическое отделение. На обоих этапах исследования определяли показатели газового состава артериальной и венозной крови, а также динамику тропонина Т и NT-proBNP в первые сутки послеоперационного периода в сравнении с предоперационным значением.

После транспортировки в ОРИТ на фоне продолжения седации пропофолом в дозе 1–2 мг/кг/час для достижения синхронизации с аппаратом ИВЛ при уровне седации по шкале RASS — 2–3 балла всем пациентам выполняли тесты оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке: в первую очередь — PLR-тест и через 10 мин после него — тест со стандартным инфузионным болюсом (500 мл сбалансированного кристаллоидного раствора в течение 5 мин). В конце первых послеоперационных сут, перед переводом пациента из ОРИТ, повторяли эти тесты с последующей оценкой гемодинамических эффектов при вертикализации пациента, для чего измеряли СИ, ЧСС и ИУО в положении сидя в кровати, а затем — в положении стоя. Термодиллюционные измерения проводили после 5-минутного периода стабилизации положения при постоянной оценке субъективного комфорта на фоне мониторинга витальных функций (рис. 2).

Пациентов считали респондерами к инфузионной нагрузке при увеличении СИ более чем на 10%

от исходного значения при выполнении PLR-теста и более 15% — при тесте с инфузионным болюсом.

Статистический анализ выполняли с помощью пакета программ SPSS v 21.0 (SPSS Inc, США) и Python 3.11.0 (Пакеты: Numpy 1.24.1, Pandas 1.5.2, Matplotlib 3.6.2). Нормальность распределения данных оценивали критерием Шапиро–Уилка. При нормально распределенных данных для межгруппового сравнения использовали дисперсионный анализ, при смещенном распределении — тест Краскела–Уоллиса. Внутригрупповые изменения оценивали с помощью теста Вилкоксона с поправкой Бонферрони при множественном сравнении. Взаимосвязь категориальных переменных оценивали с помощью теста χ^2 Пирсона. Согласованность между динамическими тестами определяли с помощью коэффициента каппы-Коэна. Применяли двусторонние критерии уровней значимости. Данные представили в виде «среднее значение (стандартное отклонение)» ($M (SD)$) в случае нормального распределения или «медиана (межквартильный интервал)» ($Me (IQR)$) для смещенного распределения. Категориальные переменные представили в виде частот. Значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Среднее значение возраста пациентов составило 61,2 (6,7) лет, индекса массы тела — (27,3 (0,4) кг/м²), функционального класса сердечной недостаточности — (2,0 (0,4)), предоперационного риска по шкале Euroscore II — (1,1 (0,6)%). Все показатели не отличались между группами. Индекс реваскуляризации составил в среднем 2,4. Интраоперационная инфузия была регламентирована заранее, в послеоперационном периоде различий по объему инфузии и гидробалансу не выявили (табл. 1).

При поступлении в ОРИТ, после выполнения тестов оценки восприимчивости к инфу-

Таблица 1. Периоперационные характеристики пациентов.

Показатели	Значения показателей в группах			p
	ОА+ЕСРВ	ОА+ЭА	ОА	
Предоперационный статус				
Возраст, лет	60,1 (4,8)	60,7 (8,0)	62,7 (7,3)	0,53
Доля мужчин, %	73	80	93	0,35
Индекс массы тела, кг/м²	26,2 (2,8)	28,2 (4,3)	27,1 (3,0)	0,41
Euroscore II, %	1,07 (0,73)	0,85 (0,43)	1,34 (0,77)	0,06
ФК СН (NYHA)	2,0 (0,2)	2,0 (0,3)	2,0 (0,1)	0,47
Интраоперационный период				
Длительность операции, мин	174,3 (18,2)	178,3 (31,8)	179,8 (28,8)	0,85
Интраоперационныйгидробаланс, мл	612,0 (206,0)	641,3 (262,1)	648,0 (159,9)	0,89
Послеоперационный период				
Гидробаланс в первые сутки, мл	336,0 (615,6)	599,3 (570,9)	630,7 (382,5)	0,26
Инфузия за первые сутки ПОП, мл	1700 (25)	1700 (200)	1700 (500)	0,72
NT-proBNP, нг/мл	398,9 (275,4)	642,0 (1183,0)	725,4 (1121,8)	0,65
Тропонин Т, пг/мл	179,6 (161,0)	199,2 (109,6)	243,5 (250,3)	0,62

Примечание. ПОП — послеоперационный период, NT-proBNP — концевой фрагмент мозгового натрийуретического пептида. ФК СН (NYHA) — функциональный класс сердечной недостаточности по классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца.

Таблица 2. Изменения сердечного индекса в ходе тестов на восприимчивость к инфузионной терапии и ортостатических проб.

Период	Показатель	Значения показателей в группах			p
		ОА+ЕСРВ	ОА+ЭА	ОА	
Поступление в ОРИТ	СИ _{покой}	2,40 (0,54)	2,22 (0,67)	2,16 (0,58)	0,521
	СИ _{PLR}	2,53 (0,58)	2,44 (0,70)	2,44 (0,66)	0,914
	p*	0,048	0,012	0,001	
	СИ _{ИБ}	2,82 (0,70)	2,59 (0,83)	2,35 (0,47)	0,203
	p*	0,005	0,011	0,055	
Конец первых суток	СИ _{покой}	2,47 (0,34)	2,78 (0,65)	2,58 (0,44)	0,243
	СИ _{PLR}	2,61 (0,47)	2,94 (0,71)	2,83 (0,59)	0,291
	p*	0,169	0,026	0,026	
	СИ _{ИБ}	2,73 (0,45)	2,97 (0,62)	2,64 (0,41)	0,193
	p*	0,007	0,064	0,277	
	СИ _{сидя}	2,75 (0,50)	3,20 (0,83)	2,83 (0,53)	0,152
	p*	0,029	0,172	0,035	
	СИ _{стоя}	2,24 (0,41)	2,59 (0,61)	2,62 (0,65)	0,151
	p*	0,173	0,391	0,934	

Примечание. СИ — сердечный индекс; PLR — тест с пассивным подъемом ног; ИБ — тест с инфузионным болюсом.

* — при сравнении с показателем в покое.

зионной терапии, отмечали значимое увеличение СИ: после PLR-теста рост СИ наблюдали в группах ОА+ЭА и ОА, после инфузионного болюса — в группах ОА+ЕСРВ и ОА+ЭА (табл. 2). К концу первых сут СИ значимо повышался только при проведении теста с инфузионным болюсом в группе ОА+ЕСРВ за счет прироста ИУО ($p=0,004$), (рис. 3). Это может быть объяснено как разной степенью выраженности гемодинамических эффектов у различных регионарных методик, так и различиями в гемодинамических эффектах методов оценки восприимчивости к инфузионной терапии.

При анализе параметров, которые определяют СИ, в группе ОА+ЕСРВ отметили прирост ЧСС при вертикализации ($p=0,001$) (рис. 3). Это может указывать на состоятельность барорецепторного рефлекса на фоне использования ЕСПВ [21]. Godfrey et al. также обнаружили большую значимость повышения ЧСС по сравнению с ударным объемом при проведении PLR-теста [6].

Значимой межгрупповой разницы как при PLR-тесте, так и при проведении теста с инфу-

зионным болюсом, при анализе восприимчивости к инфузионной нагрузке не получили. Так, на основании PLR-теста сразу после операции, респондерами в группах ОА+ЕСРВ, ОА+ЭА и ОА оказались соответственно 7 (47%), 10 (67%) и 9 (60%) пациентов ($p=0,53$), а на основании теста с инфузионным болюсом — 4 (27%), 7 (47%) и 7 (47%) пациентов ($p=0,43$). Отсутствие межгрупповых различий в восприимчивости к инфузионной терапии подтверждает ранее полученные данные [14]. Кроме того, не наблюдали значимых различий показателей ДЛАСр, ДЗЛА, ИССС и ЛСС в группах.

Согласованность тестов PLR и с инфузионным болюсом в группах ОА+ЕСРВ, ОА+ЭА и ОА составила, соответственно 0,53 (95% ДИ 0,12–0,94), 0,68 (95% ДИ 0,30–1,00) и 0,61 (ДИ 0,24–0,99). Одинаковую восприимчивость к инфузионной нагрузке на основании двух тестов встречали у 9–11 пациентов из каждой группы, что составило 80 % в общей когорте. Это говорит об ограниченной согласованности тестов PLR и тестов с инфузионным болюсом сразу после АКШ и необходимости осторожной интерпре-

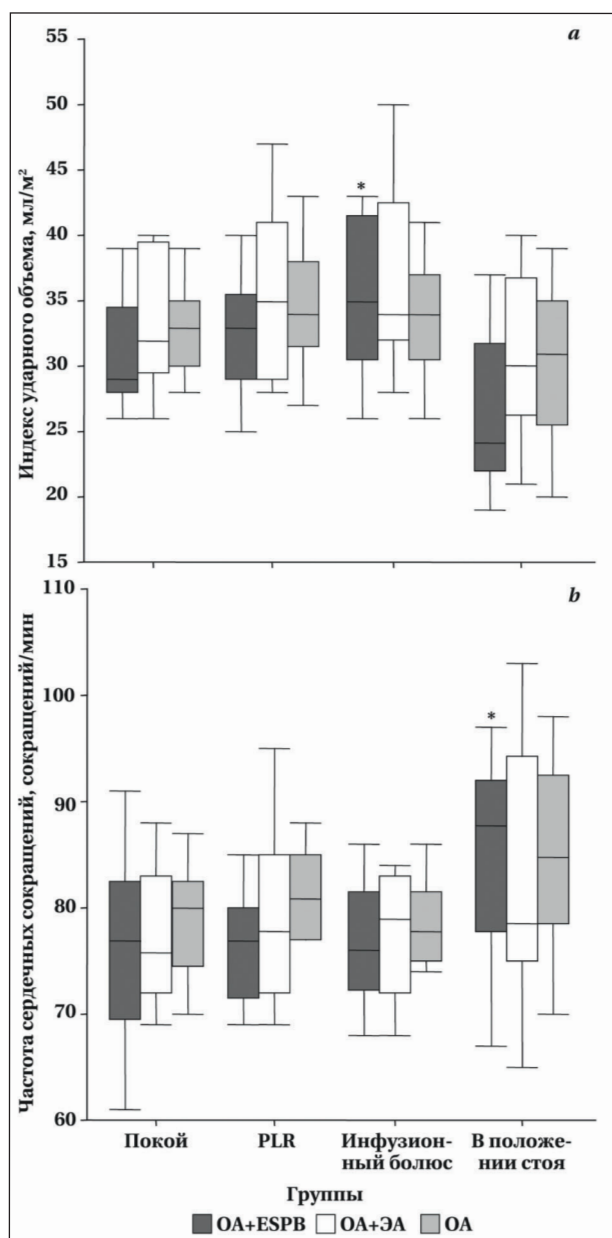


Рис. 3. Индекс ударного объема (а) и частота сердечных сокращений (б) в конце первых послеоперационных суток. Примечание. Здесь и на рис. 4: * — $p < 0,05$ в сравнении со значением в покое внутри группы.

тации их результатов на данном этапе. На основании различных методов оценки СИ рядом исследователей показана умеренная корреляция изменений СИ при выполнении тестов PLR и с инфузионным болюсом [15]. В нашем исследовании в конце первых послеоперационных суток согласованность тестов возросла и составила в группах OA+ESPB, OA+ЭА и OA, соответственно, 0,70 (0,32–1,00), 0,84 (95% ДИ 0,55–1,00) и 0,82 (95% ДИ 0,47–1,00). Количество респондеров к инфузионной терапии в группах при этом составило 6 (40%), 4 (27%) и 5 (33%) при тесте с пассивным подъемом ног ($p=0,74$) и 4 (27%), 3 (20%) и 4 (27%) при тесте с инфузионным бо-

люсом ($p=0,89$). Одинаковую восприимчивость к инфузионной нагрузке в двух тестах встречали у 14 пациентов группы OA+ESPB, 14 пациентов группы OA+ЭА и 14 пациентов группы OA, т. е. у 95% пациентов общей когорты.

Сокращение числа респондеров к первым суткам после АКШ может быть закономерным следствием положительного послеоперационного баланса. Так, при анализе внутригрупповой динамики число респондеров в тесте с инфузионным болюсом за первые послеоперационные сутки сократилось с 18 до 3 без межгрупповых различий. С другой стороны, оказалось, что из 27 нереспондеров сразу после операции, несмотря на положительный послеоперационный баланс, 8 пациентов (18%) стали респондерами к инфузионной терапии к концу первых послеоперационных суток. Вероятно, это обусловлено эффектом реваскуляризации миокарда и оптимизацией инотропной и лизитропной функции левого желудочка, переводом на спонтанное дыхание и регрессом правожелудочковой дисфункции [16], а также улучшением тканевой перфузии на фоне инфузионной терапии [17]. Вместе с тем, гемодинамические эффекты инфузионной терапии, которую проводили всем пациентам в послеоперационном периоде, зачастую носят преходящий характер [18]. Так, отмечено, что даже у респондеров СИ начинает снижаться уже через 60 минут после проведения инфузионного болюса [19], а через 120 мин волемический эффект инфузии кристаллоидного раствора нивелируется полностью [20]. При этом гемодинамические эффекты инфузионной терапии могут быть пролонгированы на фоне вазопрессорной поддержки, которая уменьшает емкость венозной системы [21].

Хотя статические показатели, в частности ЦВД, не показали себя в качестве надежного критерия преднагрузки [3], динамика ЦВД может отражать выраженность правожелудочковой дисфункции [7]. Так, Vlahakes et al. продемонстрировали, что после сведения перикарда и изменения преднагрузки при операциях на сердце, повышение давления в левом и правом желудочке перестает иметь линейную зависимость, что снижает потенциал оптимизации преднагрузки правого желудочка для увеличения производительности левых отделов сердца [22]. При конкордантных изменениях на фоне теста с пассивным подъемом ног во всех группах последующий инфузионный болюс привел к повышению ЦВД только в группах с использованием ЭА и ESPB (рис. 4). Ряд авторов действительно указывают на снижение систолической функции правого желудочка при использовании методик регионарной анестезии, в частности, ЭА [23], в то же время эти результаты неодно-

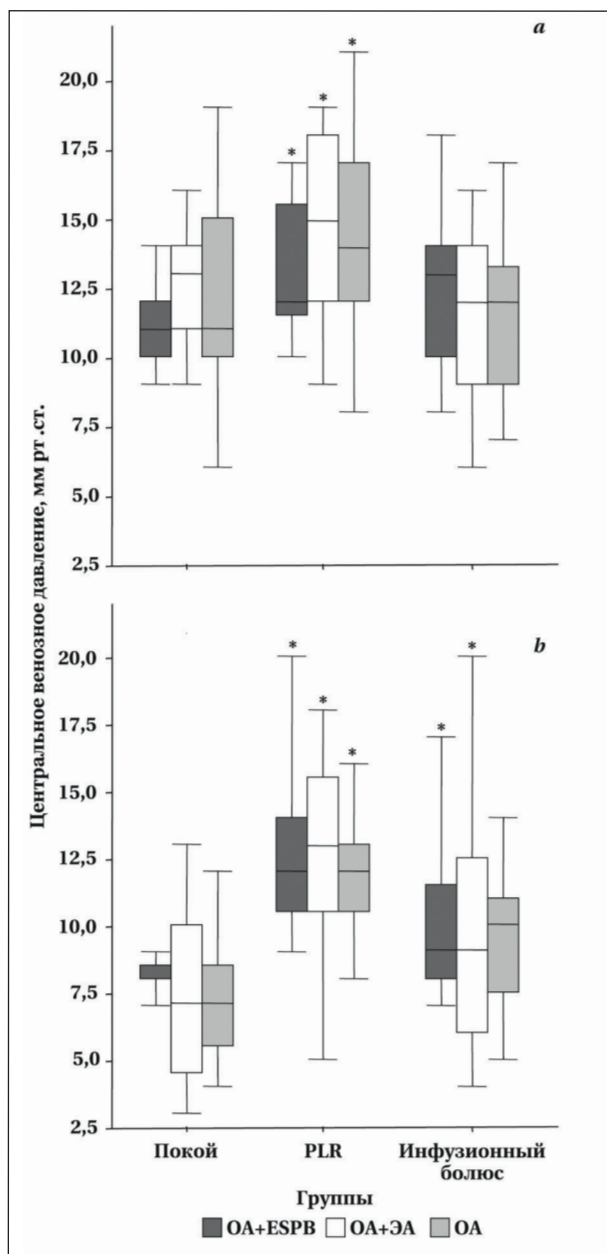


Рис. 4. Значения центрального венозного давления в группах при поступлении в ОРИТ (а) и в конце первых послеоперационных суток (б).

значны [24]. Так, Cooke et al. обнаружили, что гемодинамический эффект инфузии будет максимальным именно у тех пациентов, у кого после инфузионного болюса не нарастает ЦВД при повышении АДср и СИ [25]. При этом следует отметить возможное ограничение PLR-теста, повышающего ЦВД. Актуально и то, что среди нереспондеров к динамическим тестам могут встречаться пациенты, у которых в ответ на инфузионный болюс происходит снижение производительности сердца более, чем на 15% [25], это особенно нежелательно в кардиохирургии.

Отсутствие межгрупповой разницы значений СИ к концу первых суток послеоперационного периода при вертикализации пациентов

свидетельствует о незначительном вкладе исследуемых методик регионарной анестезии на грудном уровне, в частности ЭА и ESPB, на степень дизавтономии [26]. Дискомфорт при вертикализации возникал у 15 пациентов также без межгрупповых различий, при этом два пациента (по одному из групп ОА и ОА+ESPB) отказались от проведения ортостатической пробы ввиду низкой толерантности. Хотя эффект вертикализации эквивалентен дегидратации 500–1000 мл [24], мы не зафиксировали значимых изменений СИ и ИУО, отметив лишь увеличение ЧСС в положении сидя ($p=0,004$) и стоя ($p=0,001$); это подчеркивает сложность механизмов адаптации к изменению объема циркулирующей крови, которые сложно предсказать.

К ограничениям оценки динамики СИ в тестах PLR и при вертикализации стоит отнести то, что между этими тестами проводили тест с инфузионным болюсом, обладающий необратимым самостоятельным эффектом на волевический статус, а кумулятивный гемодинамический эффект трех тестов малопредсказуем.

При оценке динамики газового состава крови и тропонина Т межгрупповых различий не получили, «вираж» тропонина составил 14,6 (10,3), 14,3 (11,5) и 11,2 (12,1) раз, соответственно, для групп ОА+ЭА, ОА и ОА+ESPB ($p=0,92$). Концентрация NT-proBNP в конце первых послеоперационных суток превышала предоперационные значения, соответственно, в 4,3 (3,6), 2,9 (2,3) и 2,9 (1,8) раз ($p=0,27$), при этом параметры послеоперационного гидробаланса не различались между группами. Таким образом, использование эпидуральной анестезии и ESPB не приводит к избыточному миокардиальному повреждению, а нейрогуморальные маркеры систолической или диастолической дисфункции показали конкордантную динамику, обусловленную периоперационным хирургическим стрессом.

Следует отметить, что ограничением исследования являлся его пилотный характер без предварительного расчета статистической мощности. Это требует проведения дополнительных исследований с расширением объема выборки пациентов.

Заключение

Использование ЭА и ESPB при АКШ на работающем сердце приводит к повышению ЦВД при выполнении теста с инфузионным болюсом в конце первых суток послеоперационного периода. Различий в степени выраженности ортостатических реакций между группами не выявили. При вертикализации на фоне использования ESPB повышается ЧСС, при этом не отмечается изменений сердечного выброса и ударного объема.

Таким образом, применение методик регионарной анестезии значимо не влияет на восприимчивость к инфузионной терапии после коронарного шунтирования и не приводит к усугублению периоперационного миокардиального повреждения или дисфункции. В послеоперационном периоде коронарного шунтирования отмечается умеренная согласованность

PLR-теста и теста с инфузионным болюсом, с последующим увеличением согласованности к концу первых послеоперационных суток, что свидетельствует о возможности оценки восприимчивости к инфузионной нагрузке при поступлении в ОРИТ лишь с помощью теста с инфузионным болюсом.

Литература

- Cecconi M., Hofer C., Teboul J.L., Pettila V., Wilkman E., Molnar Z., Rocca G.D., et al., FENICE Investigators; ESICM Trial Group. Fluid challenges in intensive care: the FENICE study: a global inception cohort study. *Intensive Care Med.* 2015; 41 (9): 1529–1537. DOI: 10.1007/s00134-015-3850-x. PMID: 26162676.
- Saleh A.S. Is the concept of fluid responsiveness evidence-based? *Intensive Care Med.* 2016; 42 (7): 1187–1188. DOI: 10.1007/s00134-016-4306-7. PMID: 27143023.
- Carsetti A., Cecconi M., Rhodes A. Fluid bolus therapy: monitoring and predicting fluid responsiveness. *Curr Opin Crit Care.* 2015; 21 (5): 388–394. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000240. PMID: 26348418.
- Messina A., Calabrò L., Pugliese L., Lulija A., Sopuch A., Rosalba D., Morengi E., et al. Fluid challenge in critically ill patients receiving haemodynamic monitoring: a systematic review and comparison of two decades. *Crit Care.* 2022; 26 (1): 186. DOI: 10.1186/s13054-022-04056-3. PMID: 35729632.
- Monnet X., Teboul J.-L. Prediction of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients. *Ann Transl Med.* 2020; 8 (12): 790. DOI: 10.21037/atm-2020-hdm-18. PMID: 32647715.
- Волков Д.А., Киров М.Ю. Физиологические основы целенаправленной инфузионной терапии в кардиохирургии (обзор). *Журн. мед-биол. исследований.* 2023. 11 (1): 108–121. [Volkov D.A., Kirov M.Yu. Physiological bases of goal-directed fluid therapy in cardiac surgery (Review). *J. Med. Biol. Res. [Zhurnal Med Biol Issledovaniy].* 2023. 11 (1): 108–121 (In Russ.)]. DOI: 10.37482/2687-1491-Z133.
- Monteagudo-Vela M., Tindale A., Monguió-Santín E., Reyes-Copa G., Panoulas V. Right ventricular failure: current strategies and future development. *Front Cardiovasc Med.* 2023; 10: 998382. DOI: 10.3389/fcvm.2023.998382. PMID: 37187786.
- Ranucci M., Pazzaglia A., Tritapepe L., Guarracino F., Lupo M., Salandín V., Del Sarto P., et al. Fluid responsiveness and right ventricular function in cardiac surgical patients. A multicenter study. *HSR Proc. Intensive Care Cardiovasc. Anesth.* 2009; 1 (1): 21–29. PMID: 23439246.
- Дороговцев В.Н., Янкевич Д.С., Парфенов А.Л., Скворцов А.Е., Котельникова А.В. Чувствительность барорецепторов и состояние автономной нервной системы у пациентов с хроническими нарушениями сознания. *Общая Реаниматология.* 2019; 15 (5): 61–73. [Dorogovtsev V.N., Yankevich D.S., Parfenov A.L., Skvortsov A.E., Kotelnikova A.V. Sensitivity of the baroreceptors and the state of the autonomic nervous system in patients with chronic impairment of consciousness due to severe brain damage. *General Reanimatology/Obshchaya Reanimatologiya.* 2019; 15 (5): 61–73. (In Russ.)]. DOI: 10.15360/1813-9779-2019-5-61-73.
- Ali A., Ali N.S., Waqas N., Bhan C., Iftikhar W., Sapna E., Jitidhar E., et al. Management of orthostatic hypotension: a literature review. *Cureus.* 2018; 10 (8): e3166. DOI: 10.7759/cureus.3166. PMID: 30357001.
- Hale G.M., Valdes J., Brenner M. The Treatment of primary orthostatic hypotension. *Ann Pharmacother.* 2017; 51 (5): 417–428. DOI: 10.1177/1060028016689264. 2017. PMID: 28092986.
- Hanada M., Tawara Y., Miyazaki T., Sato S., Morimoto Y., Oikawa M., Niwa H., et al. Incidence of orthostatic hypotension and cardiovascular response to postoperative early mobilization in patients undergoing cardiothoracic and abdominal surgery. *BMC Surg.* 2017; 17 (1): 111. DOI: 10.1186/s12893-017-0314-y. PMID: 29183368.
- Jo Y.Y., Jung W.S., Kim H.S., Chang Y.J., Kwak H.J. Prediction of hypotension in the beach chair position during shoulder arthroscopy using pre-operative hemodynamic variables. *J Clin Monit Comput.* 2014; 28 (2): 173–178. DOI: 10.1007/s10877-013-9512-z. PMID: 24048688.
- Волков Д.А., Паромов К.В., Киров М.Ю. Влияние высокой торакальной эпидуральной анестезии на чувствительность пациентов к инфузионной терапии в коронарной хирургии: проспективное
- рандомизированное контролируемое исследование. *Анестезиология и реаниматология.* 2021; (6): 35–42. [Volkov D.A., Paromov K.V., Kirov M.Yu. Influence of high thoracic epidural anesthesia on response to infusion therapy in coronary artery bypass surgery: a prospective randomized controlled trial. *Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology/ Anesteziologiya i Reanimatologiya.* 2021; (6): 35–42. (In Russ., In Engl.)]. DOI: 10.17116/anaesthesiology202106135.
- Elwan M.H., Roshdy A., Elsharkawy E.M., Eltahan S.M., Coats T.J. Can passive leg raise predict the response to fluid resuscitation in ED? *BMC Emerg Med.* 2022; 22 (1): 172. DOI: 10.1186/s12873-022-00721-6. PMID: 36289475.
- Slobod D., Assanangkornchai N., Alhazza M., Mettasittigorn P., Magder S. Right ventricular loading by lung inflation during controlled mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 2022; 205 (11): 1311–1319. DOI: 10.1164/rccm.202111-2483OC. PMID: 35213296.
- Pranskunas A., Koopmans M., Koetsier P.M., Pilvinis V., Boerma E.C. Microcirculatory blood flow as a tool to select ICU patients eligible for fluid therapy. *Intensive Care Med.* 2013; 39 (4): 612–619. DOI: 10.1007/s00134-012-2793-8. PMID: 23263029.
- McIlroy D.R., Kharasch E.D. Acute intravascular volume expansion with rapidly administered crystalloid or colloid in the setting of moderate hypovolemia. *Anesth Analg.* 2003; 96 (6): 1572–1577. DOI: 10.1213/01.ANE.0000061460.59320.B0. PMID: 12760977.
- Nunes T.S.O., Ladeira R.T., Bafi A.T., de Azevedo L.C.P., Machado F.R., Freitas E.G.R. Duration of hemodynamic effects of crystalloids in patients with circulatory shock after initial resuscitation. *Ann Intensive Care.* 2014; 4: 25. DOI: 10.1186/s13613-014-0025-9. PMID: 25593742.
- Gondos T., Marjanek Z., Ulakcsai Z., Szabó Z., Bogár L., Károlyi M., Gartner B., et al. Short-term effectiveness of different volume replacement therapies in postoperative hypovolaemic patients. *Eur J Anaesthesiol.* 2010; 27 (9): 794–800. DOI: 10.1097/EJA.0b013e32833b3504. PMID: 20520555.
- Adda I., Lai C., Teboul J.-L., Guerin L., Gavelli F., Monnet X. Norepinephrine potentiates the efficacy of volume expansion on mean systemic pressure in septic shock. *Crit Care.* 2021; 25 (1): 302. DOI: 10.1186/s13054-021-03711-5. PMID: 34419120.
- Vlahakes G.J. Right ventricular failure after cardiac surgery. *Cardiol Clin.* 2012; 30 (2): 283–289. DOI: 10.1016/j.ccl.2012.03.010. PMID: 22548818.
- Wink J., Steendijk P., Tsonaka R., de Wilde R.B.P., Friederich H.J., Braun J., Veering B.T., et al. Biventricular function in exercise during autonomic (thoracic epidural) block. *Eur J Appl Physiol.* 2021; 121 (5): 1405–1418. DOI: 10.1007/s00421-021-04631-6. PMID: 33615388.
- Волков Д.А., Паромов К.В., Еремеев А.В., Киров М.Ю. Применение эпидуральной анестезии в коронарной хирургии: за и против. *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова.* 2020; 2: 86–95. [Volkov D.A., Paromov K.V., Eremeev A.V., Kirov M.Yu. The use of epidural anesthesia in coronary surgery: pro and contra. Review. *Ann Crit Care /Vestnik Intensivnoy Terapii im AI Saltanova.* 2020; 2: 86–95. (In Russ.)]. DOI: 10.21320/1818-474X-2020-2-86-95.
- Cooke K., Sharvill R., Sondergaard S., Aneman A. Volume responsiveness assessed by passive leg raising and a fluid challenge: a critical review focused on mean systemic filling pressure. *Anaesthesia.* 2018; 73 (3): 313–322. DOI: 10.1111/anae.14162. PMID: 29171669.
- Mathias C.J., Owens A., Iodice V., Hakim A. Dysautonomia in the Ehlers-Danlos syndromes and hypermobility spectrum disorders - with a focus on the postural tachycardia syndrome. *Am J Med Genet C Semin Med Genet.* 2021; 187 (4): 510–519. DOI: 10.1002/ajmg.c.31951. PMID: 34766441.

Поступила 15.06.2023
Принята 29.09.2023