



Влияние регионарной анестезии на производительность левого и правого желудочков сердца после коронарного шунтирования на работающем сердце: рандомизированное контролируемое исследование

К. В. ПАРОМОВ¹, Д. А. СВИРСКИЙ², А. ХУССЕЙН^{1,2}, Л. А. НЕЛЕДОВА^{1,2}, М. Ю. КИРОВ^{1,2}

¹ Первая городская клиническая больница им. Е. Е. Волосевич, г. Архангельск, РФ

² Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, РФ

РЕЗЮМЕ

Введение. Новые методики анестезии требуют доказательств безопасности их выполнения, при этом сохраняется мнение о негативном влиянии регионарной анестезии на производительность сердца и показатели центральной гемодинамики.

Цель – оценить влияние методик регионарной анестезии на систолическую и диастолическую функцию миокарда при аортокоронарном шунтировании (АКШ) на работающем сердце.

Материалы и методы. В проспективное рандомизированное контролируемое исследование включены 45 пациентов, перенесших плановое АКШ на работающем сердце, поровну разделенных на 3 группы – общая анестезия в комбинации с эпидуральной анестезией (ОА+ЭА), общая анестезия с блокадой нервов нейрораспального пространства мышц, выпрямляющих позвоночник (ОА+ЕСРВ), и общая анестезия без методик регионарной анестезии (ОА). С помощью эхокардиографии и термодилуции с использованием катетера Сван–Ганца оценивали систолическую функцию левого (ЛЖ) и правого желудочка (ПЖ), а также диастолическую функцию ЛЖ на 5 этапах периоперационного периода.

Результаты. Межгрупповых различий по показателям, характеризующим систолическую функцию ЛЖ и ПЖ, а также диастолическую функцию ЛЖ, в ходе исследования выявлено не было. В периоперационном периоде отмечали снижение конечно-диастолического объема в группах ОА+ЕСРВ ($p = 0,001$) и ОА ($p = 0,003$). К концу первых суток давление заклинивания легочной артерии уменьшалось в группах ОА+ЭА ($p = 0,003$) и ОА+ЕСРВ ($p = 0,008$), а время изгнания ($p = 0,003$) и временной интеграл скорости из ПЖ ($p = 0,005$) – только в группе ОА+ЕСРВ. В группе ОА+ЭА к концу первых суток после операции снижались резервуарный стрейн левого предсердия ($p = 0,022$) и время изоволюмического расслабления ($p = 0,006$).

Заключение. При АКШ на работающем сердце эпидуральная анестезия и ЕСРВ не приводят к ухудшению систолической и диастолической функции ЛЖ и не оказывают негативного эффекта на ПЖ.

Ключевые слова: эхокардиография, термодилуция, коронарное шунтирование, регионарная анестезия, эпидуральная анестезия

Для цитирования: Паромов К. В., СвиРСкий Д. А., Хуссейн А., Неледова Л. А., Киров М. Ю. Влияние регионарной анестезии на производительность левого и правого желудочков сердца после коронарного шунтирования на работающем сердце: рандомизированное контролируемое исследование // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2024. – Т. 21, № 4. – С. 19–31. DOI: 10.24884/2078-5658-2024-21-4-19-31.

Impact of regional anesthesia on left and right ventricular performance after off-pump coronary artery bypass grafting: randomized controlled study

K. V. PAROMOV¹, D. A. SVIRSKII², A. HUSSAIN^{1,2}, L. A. NELEDOVA^{1,2}, M. Yu. KIROV^{1,2}

¹ Volosevich First City Clinical Hospital, Arkhangelsk, Russia

² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. New anesthesia techniques require evidence of the safety of their implementation, however there is still the opinion about negative impact of regional anesthesia on heart performance and central hemodynamics.

The objective of our study was to evaluate effect of regional anesthesia on systolic and diastolic myocardial function in off-pump coronary artery bypass grafting (OPCAB).

Materials and methods. A prospective randomized controlled trial included 45 patients who underwent elective OPCAB, equally divided into 3 groups – general anesthesia in combination with epidural anesthesia (GA+EA), general anesthesia with erector spinae plane block (GA+ESPB) and general anesthesia without regional anesthesia (GA). The systolic function of the left (LV) and right ventricle (RV), as well as the diastolic function of the LV were evaluated during five stages perioperatively, using echocardiography and thermodilution via Swan-Ganz catheter.

Results. There were no intergroup differences in parameters of LV or RV systolic function and LV diastolic function during study stages. Perioperatively, there was a decrease in LV end-diastolic volume in the groups of OA+ESPB ($p = 0.001$) and OA ($p = 0.003$). At the end of the first postoperative day (POD), pulmonary artery wedge pressure decreased in the groups of OA+EA ($p = 0.003$) and OA+ESPB ($p = 0.008$); meanwhile, ejection time ($p = 0.003$) and velocity-time integral ($p = 0.005$) from RV reduced only in the OA+ESPB group. In the OA+EA group at the end of POD1, the reservoir strain of left atrium ($p = 0.022$) and isovolumic relaxation time ($p = 0.006$) decreased.

Conclusion. In OPCAB, epidural anesthesia and ESPB do not result in deterioration of LV systolic and diastolic function and do not have a negative impact on the RV.

Key words: echocardiography, thermodilution, coronary artery bypass grafting, regional anesthesia, epidural anesthesia

For citation: Paromov K. V., Svirsii D. A., Hussain A., Neledova L. A., Kirov M. Yu. Impact of regional anesthesia on left and right ventricular performance after off-pump coronary artery bypass grafting: randomized controlled study. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2024, Vol. 21, № 4, P. 19–31. (In Russ.) DOI: 10.24884/2078-5658-2024-21-4-19-31.

Для корреспонденции:
Константин Валентинович Паромов
E-mail: kp-82@mail.ru

Correspondence:
Konstantin V. Paromov
E-mail: kp-82@mail.ru

Введение

Применение методик регионарной анестезии, в том числе при кардиохирургических вмешательствах, в последние годы находит все больше сторонников [1, 13]. Этому способствовали разработка новых методик анестезии, а также внедрение и широкое распространение ультразвука для навигации, что, безусловно, повысило безопасность и эффективность используемых технологий [5].

Тем не менее, гемодинамические эффекты регионарных блокад остаются недостаточно изученными. Ряд авторов указывают на повышение потребности в вазопрессорной терапии при использовании регионарной анестезии, однако это опровергается другими исследователями [45]. Для верификации фенотипа сердечной недостаточности и патогенеза нарушений гемодинамики требуется адекватный мониторинг, однако даже калибруемые методики определения производительности сердца и сердечного выброса неспецифичны в оценке лево- и правожелудочковой недостаточности, поэтому необходимо рационально совмещать имеющиеся в арсенале опции мониторинга [20, 34, 39].

В настоящее время предложены достоверные методы неинвазивной оценки систолической функции левого и правого желудочка, а также параметров их наполнения с помощью эхокардиографических показателей [22, 40]. Хотя термодилуция остается золотым стандартом оценки производительности сердца, неинвазивные методы измерения сердечного выброса на основании доплеровских методов обладают достаточной согласованностью с этой технологией [48], однако не все авторы разделяют это мнение и не всегда считают эти методы взаимозаменяемыми [19, 25].

Цель работы – оценить с помощью эхокардиографии и термодилуции производительность сердца и функции левого и правого желудочка в условиях эпидуральной анестезии (ЭА) и блокады нервов нейрофасциального пространства мышц, выпрямляющих позвоночник (ESPB блок), в периоперационном периоде коронарного шунтирования на работающем сердце.

Материалы и методы

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

Дизайн: на базе ГБУЗ Архангельской области «Первая ГКБ им. Е. Е. Волосевич» (г. Архангельск) проведено рандомизированное контролируемое исследование пациентов после коронарной реваскуляризации без искусственного кровообращения. При рандомизации методом конвертов пациенты были разделены перед плановым аортокоронарным шунтированием (АКШ) в соотношении 1:1:1 соответственно методикам анестезии на следующие группы: 1 – комбинация общей анестезии севофлу-

раном с эпидуральной анестезией (ЭА) 0,75% ропивакаином 10–14 мл на уровне Th2-4 и последующей продленной инфузией 0,2% ропивакаина (группа ОА+ЭА, $n = 15$), 2 – комбинация общей анестезии севофлураном с блокадой нервов нейрофасциального пространства мышц, выпрямляющих позвоночник (ESPB), на уровне Th5 билатеральным введением 0,5% ропивакаина 20 мл в интраоперационном периоде и последующей продленной инфузией 0,2% ропивакаина после АКШ (группа ОА + ESPB, $n = 15$) и 3 – общая анестезия севофлураном без использования регионарной анестезии (группа ОА, $n = 15$).

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 невключения служили отказ от участия в исследовании, отказ от регионарной анестезии (ЭА или ESPB), перенесенный острый инфаркт миокарда в течение предшествующих 30 суток, наличие тяжелого течения хронической обструктивной болезни легких с дыхательной недостаточностью более 0 ст., хроническая болезнь почек IV и V стадии, неудовлетворительный контроль гликемии при диагностированном сахарном диабете, морбидное ожирение с индексом массы тела более 40 кг/м². Интраоперационная конверсия на искусственное кровообращение, интраоперационная необходимость резкого изменения инфузионной терапии (например, при кровотечении) или несостоятельная регионарная анестезия считались критериями исключения пациента из исследования.

Исследуемые группы. В группе ОА+ЭА до индукции анестезии выполняли катетеризацию эпидурального пространства (Perifix, BBraun, Германия) срединным доступом, на уровне Th2–Th3 или Th3–Th4. Анестезию формировали 0,75% раствором ропивакаина в объеме 10–14 мл. В интраоперационном периоде для поддержания анестезии применяли севофлуран. Послеоперационная анальгезия обеспечивалась постоянным введением ропивакаина 0,2% со скоростью 3–6 мл/ч и фентанила 4–10 мкг/ч.

В группе ОА+ESPB перед индукцией в анестезию в положении на боку при УЗИ-навигации (Philips CX-50, США) осуществляли билатеральную катетеризацию нейрофасциального пространства мышц, выпрямляющих позвоночник, на уровне поперечного отростка Th5 (Perifix, BBraun, Германия). Анестезию формировали 0,5% раствором ропивакаина по 20 мл на каждую сторону. В послеоперационном периоде анальгезию обеспечивали постоянным введением 0,2% ропивакаина со скоростью 5–12 мл/ч в зависимости от выраженности болевого синдрома до момента перевода пациента из отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ).

Контрольная группа. В группе ОА методики регионарной анестезии не применяли.

Интубацию трахеи во всех группах проводили после введения индукционных доз фентанила, пропофола и рокурония. Периоперационная искусственная вентиляция легких (ИВЛ) обеспечивала нормокапнию и нормоксию. Поддержание анестезии осуществляли севофлураном на уровне MAC 0,7–1,0. Рутинный мониторинг инвазивного артериального давления дополняли катетеризацией легочной артерии (Corodyn TDF7, B Braun, Германия). Поддержание анестезии интраоперационно обеспечивали севофлураном 0,7–1,5 MAC, анальгетический компонент анестезии поддерживали введением фентанила 2–3 мкг·кг⁻¹·ч⁻¹. Пробуждение проходило в палате ОРИТ.

Интраоперационная инфузионная программа была регламентирована и составила 1000 мл у всех пациентов. Для коррекции периоперационной гипотензии препаратом первой линии был норадреналин в дозе до 0,2–0,3 мкг·кг⁻¹·мин⁻¹. При недостаточном гемодинамическом эффекте (среднее артериальное давление (АДср) на фоне инфузии норадреналина менее 65 мм рт. ст.) рассматривали подключение добутамина 5–7 мкг·кг⁻¹·мин⁻¹ или изменение хирургической тактики, в частности конверсию на искусственное кровообращение. Оптимизация инфузионной терапии в послеоперационном периоде осуществлялась на усмотрение лечащего врача, исходя из состояния пациента.

Мониторинг. В дополнение к рутинному гемодинамическому мониторингу – частоте сердечных сокращений (ЧСС), среднему артериальному давлению (АДср) и центральному венозному давлению (ЦВД), интраоперационная катетеризация легочной артерии позволила мониторировать сердечный индекс (СИ), индекс ударного объема (ИУО), индекс системного сосудистого сопротивления (ИССС), среднее давление в легочной артерии (ДЛАср), легочное сосудистое сопротивление (ЛСС) и комплайнс легочной артерии. Накануне операции до назначения премедикации функцию левого и правого желудочков оценивали с помощью эхокардиографии (Philips CX-50, США) одним исследователем. Для оценки систолической функции левого желудочка определяли конечно-систолический объем (КСО ЛЖ), конечно-диастолический объем (КДО ЛЖ), измеряли фракцию выброса левого желудочка (ФВЛЖ), глобальную продольную деформацию (GLS ЛЖ); анализ видеопетель в режиме постпроцессинга проводили с применением пакета Qlab 10.0. Кроме того, оценивали время изгнания из левого желудочка (ЕТ ЛЖ), временной интеграл скорости в выходном тракте левого желудочка (VTI ВЛЖ), время открытия аортального клапана (АВО), пиковую тканевую скорость базального сегмента ЛЖ (s' ЛЖ) и индекс производительности миокарда ЛЖ (tei). Для оценки диастолической функции ЛЖ определяли соотношение скорости раннего наполнения ЛЖ к

скорости фронта трансмитрального потока (Е/Vp) или давление наполнения левого желудочка на основании тканевой доплерометрии. Для исследования диастолической функции ЛЖ измеряли время изоволемического расслабления (IVRT) и время спада быстрого трансмитрального наполнения ЛЖ (DT_Е).

Для оценки систолической функции правого желудочка (ПЖ) измеряли экскурсию кольца трикуспидального клапана (TAPSE), продольную деформацию свободной стенки правого желудочка (GLS ПЖ), пиковую систолическую скорость при тканевой доплерометрии (s' ПЖ), а также время изгнания (ЕТ ПЖ) и временной интеграл скорости в выходном тракте правого желудочка (VTI ПЖ).

В связи с невозможностью использования трансторакального исследования в интраоперационном периоде доступные параметры оценивали с помощью чреспищеводной эхокардиографии, синхронизируя их с термодилуционными измерениями.

Исследование межгрупповых различий проведено на 5 этапах: накануне операции (только эхокардиографически), в начале операции, по окончании операции, после транспортировки в ОРИТ и в конце первых послеоперационных суток. Одновременное применение термодилуции и эхокардиографии было доступно на этапах начала операции, в конце операции и при переводе из ОРИТ.

Статистический анализ выполняли с помощью пакета программ SPSS v 21.0 (SPSS Inc, США). Нормальность распределения данных оценена критерием Шапиро–Уилка. Для оценки межгрупповых множественных отличий применяли критерий Краскала–Уоллеса с последующей попарной проверкой тестом Манна–Уитни. Внутригрупповую динамику оценивали критерием Вилкоксона. Оценку корреляции проводилась с помощью критериев Пирсона и Спирмена. Данные представлены в виде M±SD или Me (IQR) в зависимости от правильности распределения. Значимыми различия считали при p < 0,05. При множественных сравнениях применяли поправку Бонферрони.

Результаты

В исследование включено 48 пациентов, которым в плановом порядке выполнено АКШ на работающем сердце в период с мая 2020 г. по февраль 2023 г. После исключения по одному пациенту из каждой группы в связи с отклонениями от протокола исследования в анализ включены 45 пациентов (37 мужчин и 8 женщин). В группах не выявлено отличий по демографическим и антропометрическим параметрам, а также по выраженности сердечной недостаточности и периоперационным показателям (табл. 1).

Интраоперационный гидробаланс ввиду регламентированной дизайном исследования интраоперационной инфузии не отличался между группами. Частота использования вазопрессор-

Таблица 1. Общая характеристика исследуемых групп

Table 1. General description of the study groups

Параметр	Значение			Р
	Группа ОА + ЭА	Группа ОА + ESPB	Группа ОА	
Возраст, лет	60,7±8,0	60,1±4,8	62,7±7,3	0,550
Доля мужчин, %	80	73	93	0,345
ИМТ, кг/м²	28,2±4,3	26,2±2,8	27,1±3,0	0,279
ХСН NYHA	2,0 (0)	2,0 (0)	2,0 (0)	0,799
NT-proBNP исходно, нг/мл	181,5 (389,0)	395,5±299,2	384,0 (469,0)	0,437
ТпТ исходно, пг/мл	10,7 (17,5)	12,6±7,7	15,4±9,8	0,780
Длительность операции, мин	179,7±41,0	174,7±18,8	195,0±34,8	0,223
Интраоперационный ГБ, мл	641,3±262,1	612,0±206,0	600,0 (250,0)	0,518
EuroSCORE, %	0,84 (0,42)	1,23±0,58	1,29±0,55	0,056
ГБ в 1-е сутки ПОП, мл	506,0±369,5	242,7±580,4	624,7±375,4	0,088
Частота использования вазопрессоров, %	53,3	66,7	66,7	0,685
NT-proBNP*, нг/мл в конце 1-х суток ПОП	735,0 (261,0)	814,9±504,9	887,0 (763,0)	0,691
ТпТ*, пг/мл в конце 1-х суток ПОП	199,8±110,9	127,5 (109,3)	180,5±71,1	0,263

Примечание: ИМТ – индекс массы тела, ХСН NYHA – функциональный класс сердечной недостаточности по классификации Нью-Йоркской ассоциации кардиологов, NT-proBNP – N-концевая терминаль предшественника мозгового натрийуретического пептида, ТпТ – тропонин Т, ГБ – гидробаланс, EuroSCORE – оценка прогнозируемой 28-дневной летальности по шкале EuroSCORE II, ПОП – послеоперационный период, * – $p < 0,05$ в сравнении со значением до операции.

ной поддержки в ходе операции была одинаковой, причем дозы используемого норадреналина после индукции в анестезию составляли 0 (0,14), 0 (0,1) и 0 (0) мкг·кг⁻¹·мин⁻¹ ($p = 0,283$), а после окончания операции – 0,09 (0,15), 0 (0,05) и 0,02 (0,1) мкг·кг⁻¹·мин⁻¹ ($p = 0,153$) соответственно для групп ОА+ЭА, ОА+ESPB и ОА. Ни абсолютные значения ТпТ и NT-proBNP (табл. 1), ни их периоперационная динамика не имели статистически значимых межгрупповых различий (выраж тропонина Т за периоперационные сутки для групп ОА+ЭА, ОА+ESPB и ОА составил 14,6 (13,5), 11,2 (12,9) и 17,5 (18,7) раз ($p = 0,701$) соответственно. Показатель NT-proBNP в группах увеличивался в 4,3±3,6, 2,6±1,2 и 1,8 (2,9) раз ($p = 0,342$) соответственно.

Межгрупповых отличий эхокардиографических показателей левожелудочковой недостаточности на всех этапах исследования не выявлено (табл. 2). Отмечено снижение VTИвлж относительно исходного значения в группе ОА в начале операции ($p = 0,003$), а в группе ОА+ESPB – к концу операции ($p = 0,008$). Время изгнания снижалось в группе ОА+ЭА к концу первых послеоперационных суток ($p = 0,004$), в группе ОА+ESPB в начале операции ($p = 0,002$) и к концу первых послеоперационных суток ($p = 0,001$), в группе ОА – на всех этапах исследования ($p = 0,002$, $p = 0,001$ и $p = 0,001$ соответственно). В группах ОА+ESPB и ОА отмечено повышение индекса te_i в начале операции ($p = 0,004$ и $p = 0,001$, соответственно) и в конце операции ($p = 0,003$ и $p = 0,001$ соответственно). При однонаправленном снижении показателя продольной деформации ($p = 0,001$ для всех групп), достоверное повышение рассчитанного на основании соотношения E/e' давления в левом предсердии выявлено только в группе ОА+ESPB ($p = 0,027$).

Показатель СИ в группе ОА+ESPB достоверно увеличился уже к концу операции ($p = 0,003$), других межгрупповых отличий гемодинамических показателей, характеризующих производительность ЛЖ, на этапах исследования не выявлено (рис. 1).

При корреляционном анализе VTИвлж показал взаимосвязь с ИУО только в конце операции в группе ОА+ESPB ($r = 0,695$, $p = 0,004$) и в группе ОА ($r = 0,555$, $p = 0,032$); в начале операции и в конце первых послеоперационных суток статистически значимой связи не выявлено. Перед операцией ФВ при автоматическом определении коррелировала с результатами традиционного бипланового измерения по методу Симпсона ($r = 0,299$, $p = 0,049$), при переводе из ОПИТ связь утрачивалась ($p = 0,066$).

Отмечена корреляция значений ФВ и GLS на двух этапах исследования (до операции: $r = -0,726$, $p = 0,001$; в конце первых послеоперационных суток: $r = -0,585$, $p = 0,001$). Кроме того, отмечена связь этих показателей в динамике – исходных значений и при переводе из ОПИТ ($r = 0,441$, $p = 0,003$ и $r = 0,677$, $p = 0,001$ соответственно для ФВ и GLS). Достоверных корреляций СИ с ФВ и с GLS не обнаружено.

Значения GLSлж и ФВ за первые сутки послеоперационного периода снижались, отличаясь от исходных значений ($p = 0,001$, $p = 0,001$, $p = 0,001$ для GLS и $p = 0,004$, $p = 0,001$, $p = 0,012$ для ФВ соответственно) (табл. 2). КДО статистически значимо уменьшался в группах ОА+ESPB и ОА ($p = 0,05$, $p = 0,001$, $p = 0,003$).

В группах ОА+ESPB и ОА отмечено снижение VTИвлж относительно исходного значения в начале операции ($p = 0,005$ и $p = 0,001$ соответственно), а в группе ОА+ESPB показатель VTИвлж оставался сниженным и в конце первых послеоперационных

Таблица 2. Эхокардиографические параметры, характеризующие систолическую функцию левого желудочка
Table 2. Parameters of left ventricular systolic function, assessed by echocardiography

Этап	Параметр	Значение			Р
		Группа ОА + ЭА	Группа ОА + ESPB	Группа ОА	
Накануне операции	ДЛП, мм рт. ст.	11,6 (2,4)	11,1±2,2	10,9±2,1	0,153
	GLS ЛЖ, %	-14,3±3,2	-15,6±2,1	-15,1±1,9	0,218
	КСО, мл	70,8±27,0	62,9 (20,0)	61,4±15,0	0,456
	КДО, мл	132,4±40,2	110,9±23,9	118,8±22,9	0,220
	ФВСимпсон, %	54,0 (10,0)	55,1±6,9	55,1±5,2	0,164
	ФВавто, %	47,5±7,8	48,6±4,5	49,5 (4,2)	0,678
	Время AVO, мс	66,3±19,0	76,0 (30,0)	62,2±20,7	0,362
	ЕТ ЛЖ, мс	298,5±37,3	309,6±25,7	318,7±26,9	0,239
	VTI ЛЖ, см	16,6±4,2	18,1±4,1	18,4±2,8	0,333
	S' ЛЖ, см/с	6,5±1,5	6,9±1,7	7,1 (2,0)	0,459
	Tei	0,57±0,18	0,53±0,14	0,41±0,13	0,027
В начале операции	VTI ЛЖ, см	13,9±3,5	12,6 (4,3)	13,9±3,1**	0,909
	ЕТ ЛЖ, мс	292,8±44,2	274,0 (22,0) **	283,8±31,2**	0,668
	ФВСимпсон, %	50,0 (4,7)	48,0 (4,6)	53,3±8,0	0,376
	Tei	0,73±0,24	0,79 (0,16) **	0,72±0,17**	0,555
В конце операции	VTI ЛЖ, см	12,7±5,0	15,1±3,2**	15,8±3,4	0,112
	ЕТ ЛЖ, мс	272,3±49,7	284,0±38,9	285,4±28,4**	0,505
	ФВСимпсон, %	51,0 (6,0)	55,0±9,7	53,2±8,2	0,738
	Tei	0,78±0,27	0,74±0,25**	0,62±0,15**	0,231
В конце 1-х суток ПОП	GLS ЛЖ, %	-11,0±2,3*	-12,6±2,2*	-12,1±1,7*	0,275
	ДЛП, мм рт. ст.	14,0±3,5	12,6±2,6*	12,5±3,0	0,278
	КСО, мл	68,8±26,1	56,2±16,5	54,1±17,9	0,233
	КДО, мл	113,1±37,7	90,4±28,0*	93,8±23,2*	0,206
	ФВСимпсон, %	52,0 (7,2)	55,0±9,7	53,2±8,0	0,320
	ФВавто, %	39,6±6,5*	41,6±6,4*	43,4±6,5*	0,278
	Время AVO, мс	67,0 (26,5)	72,0 (20,0)	68,9±24,3	0,856
	ЕТ ЛЖ, мс	255,6±30,1**	251,3±19,6**	264,8±31,8**	0,397
	VTI ЛЖ, см	15,4±3,5	14,5 (3,2)	15,9±3,8	0,757
	S' ЛЖ, см/с	6,4±2,0	6,4±1,8	6,6±1,6	0,907
	Tei	0,54±0,21	0,46±0,09	0,41 (0,15)	0,655

Примечание: ДЛП – давление в левом предсердии, GLS ЛЖ – глобальный продольный стрейн левого желудочка, КСО – конечно-систолический объем, КДО – конечно-диастолический объем, ФВСимпсон – фракция выброса, измеренная методом дисков в двух перпендикулярных плоскостях (метод Симпсона), ФВавто – фракция выброса, измеренная с использованием машинного интерфейса QLAB 10.0 при анализе трех видеопетель, AVO – открытие аортального клапана (задержка механической систолы), ЕТ ЛЖ – время изгнания из левого желудочка, VTI ЛЖ – временной интеграл скорости в выходном тракте левого желудочка, s' ЛЖ – пиковая систолическая скорость базального отдела левого желудочка в тканевом доплере, Tei – индекс производительности левого желудочка. * – $p < 0,05$ в сравнении со значением до операции, ** – $p < 0,008$ в сравнении со значением до операции.

суток ($p = 0,005$). Время изгнания из ПЖ через сутки после АКШ было меньше исходных значений ($p = 0,003$). Во всех группах отмечено снижение показателей систолической функции ПЖ – GLS ($p = 0,027$, $p = 0,003$ и $p = 0,008$), s' ($p = 0,001$, $p = 0,001$ и $p = 0,001$) и TAPSE ($p = 0,001$, $p = 0,001$ и $p = 0,002$) (табл. 3).

В конце первых суток послеоперационного периода отмечено снижение ДЗЛА в группах ОА+ЭА ($p = 0,003$) и ОА+ESPB ($p = 0,008$). Изменений ДЛАСр относительно его значения в начале операции не выявлено. В течение первых послеоперационных суток во всех группах отмечено снижение ЦВД, а в группе ОА – уже к моменту поступления в ОРИТ ($p = 0,007$). Комплаинс легочной артерии к

моменту перевода из ОРИТ снижался относительно исходного в группах ОА+ЭА ($p = 0,003$) и ОА ($p = 0,001$), при этом межгрупповой разницы не выявлено ($p = 0,439$) (рис. 2). Корреляции комплайнса легочной артерии и индекса Горовица также не обнаружили ($r = 0,202$, $p = 0,470$, $r = 0,209$, $p = 0,474$ и $r = 0,086$, $p = 0,761$).

Межгрупповых отличий показателей диастолической функции ЛЖ не выявлено (табл. 4). Время изоволемиического расслабления в группах ОА+ЭА и ОА+ESPB превышало исходное значение в начале операции ($p = 0,001$ и $p = 0,002$ соответственно); это повышение сохранялось до конца операции ($p = 0,005$ и $p = 0,006$). К концу первых суток послеоперационного периода показатель IVRT в группах

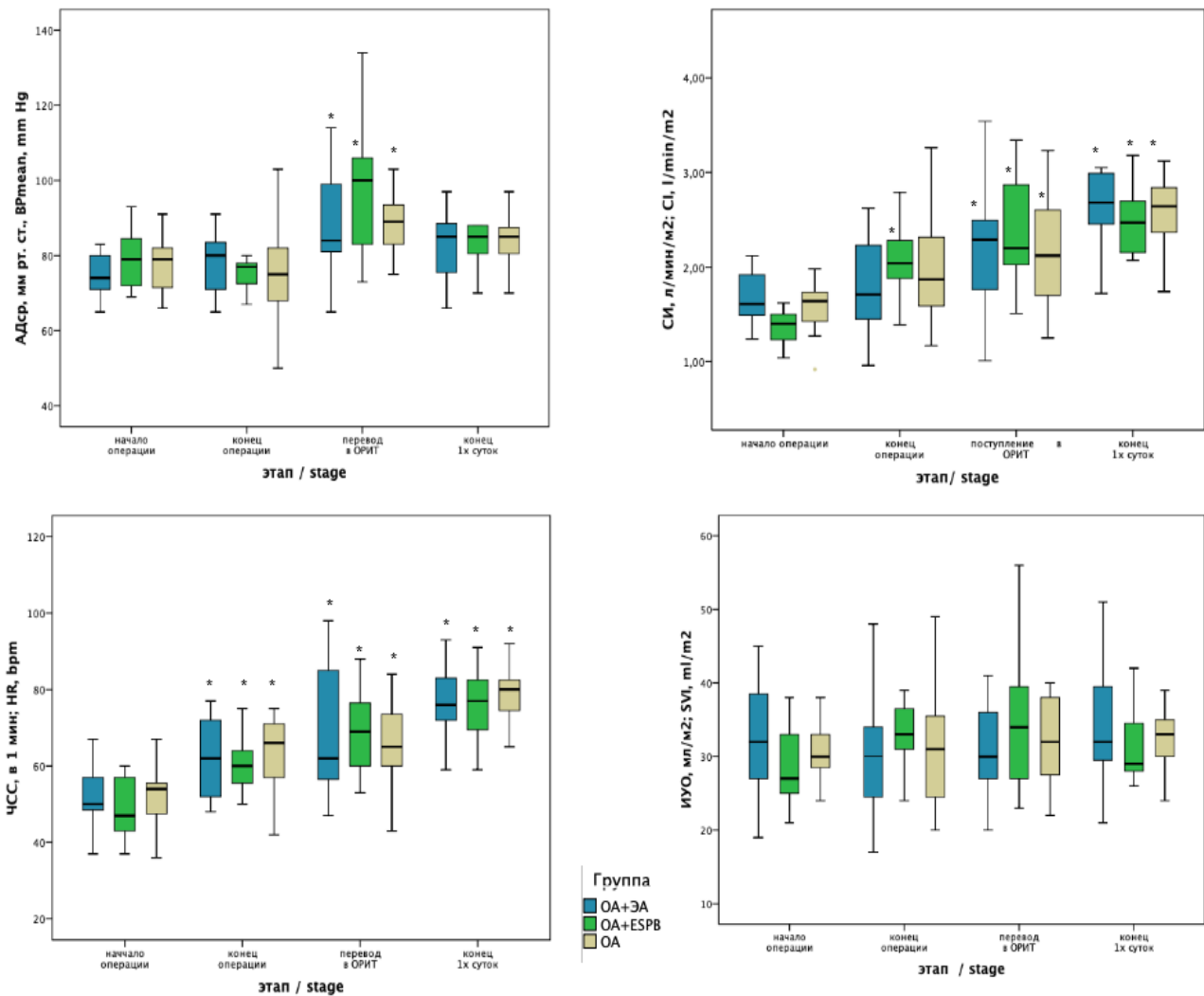


Рис. 1. Динамика гемодинамических показателей, характеризующих систолическую функцию левого желудочка на этапах исследования. * – внутригрупповая разница с исходным значением

Fig. 1. Changes of hemodynamic parameters characterizing left ventricular systolic function at the study stages. * – intra-group difference from the initial value

Таблица 3. Эхокардиографические параметры, характеризующие систолическую функцию правого желудочка

Table 3. Parameters of right ventricular systolic function, assessed by echocardiography

Этап	Параметр	Значение			P
		Группа OA + 3A	Группа OA + ESPB	Группа OA	
Накануне операции	GLS ПЖ, %	-13,1 (6,8)	-13,1±2,6	-14,9±2,8	0,290
	VTI ПЖ, см	13,8±5,2	14,9±3,2	14,9±3,1	0,675
	ЕТ ПЖ, мс	268,5±87,4	299,8±35,7	304,5±26,1	0,179
	s' ПЖ, см/с	13,4±2,6	11,6±1,9	13,5±1,9	0,026
	TAPSE, мм	24,0±5,2	21,1±3,5	25,5 (6,0)	0,032
В начале операции	VTI ПЖ, см	10,2±3,0	10,0±3,0**	10,2±2,5**	0,965
	ЕТ ПЖ, мс	307,1±43,0	313,8±41,5	296,3±52,2	0,578
В конце операции	VTI ПЖ, см	10,4±2,6	12,4±2,3	12,3±2,7	0,077
	ЕТ ПЖ, мс	295,7±56,1	314,0±33,3	307,8±33,3	0,488
В конце 1-х суток ПОП	GLS ПЖ, %	-11,3±3,7*	-9,6±2,8*	-12,0 (1,6)*	0,046
	VTI ПЖ, см	12,1±3,5	12,4±1,9**	13,1±2,5	0,626
	ЕТ ПЖ, мс	256,0 (45,0)	254,7±24,2**	274,6±40,5	0,249
	s' ПЖ, см/с	8,1±2,3*	7,7±1,3*	7,7±1,5*	0,894
	TAPSE, мм	12,6±3,1*	10,5 (3,9) *	10,8±3,1*	0,454
	PaO ₂ /FiO ₂	360,5±100,0	364,2±81,1	356,7±65,7	0,973

Примечание: GLS ПЖ – продольный стрейн свободной стенки правого желудочка, VTI ПЖ – временной интеграл скорости в выходном тракте правого желудочка, ЕТ ПЖ – время изгнания из правого желудочка, s' ПЖ – пиковая систолическая скорость базального отдела правого желудочка в тканевом доплере, TAPSE – систолическая экскурсия трикуспидального кольца. PaO₂/FiO₂ – индекс Горовица.

* – p < 0,05 в сравнении со значением до операции, ** – p < 0,0085 в сравнении со значением до операции.

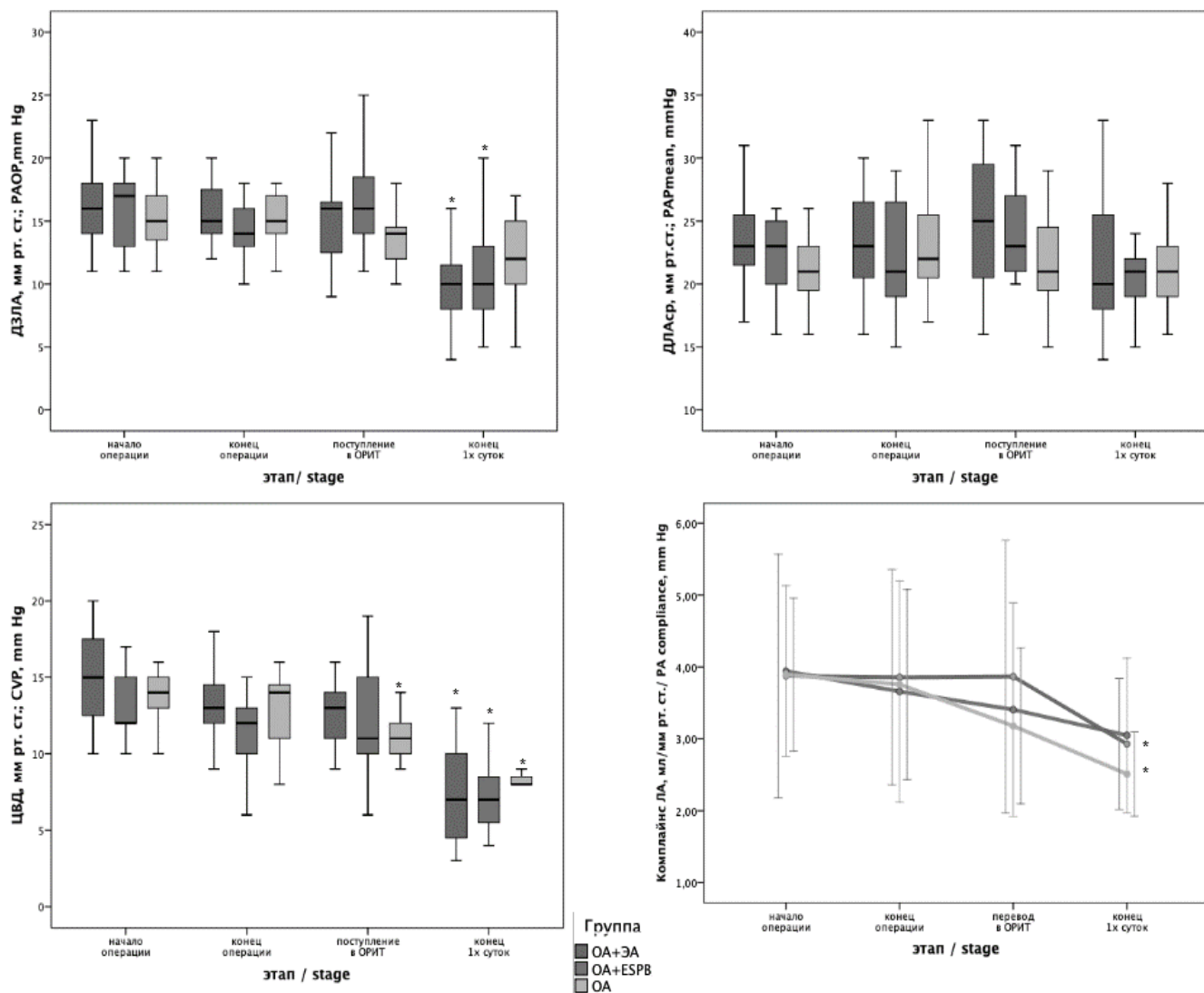


Рис. 2. Динамика показателей, оценивающих систолическую функцию правого желудочка на этапах исследования: ДЗЛА – давление заклинивания легочной артерии, ДЛА – среднее давление в легочной артерии, ЦВД – центральное венозное давление, ПЖ – правый желудочек, ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии. * – внутригрупповая разница с исходным значением

Fig. 2. Changes of parameters assessing right ventricular systolic function at the study stages: PAW – pulmonary artery wedge pressure, mPAP – mean pulmonary arterial pressure, CVP – central venous pressure, RV – right ventricle, ICU – intensive care unit. * – intra-group difference from the initial value

ОА и ОА+ЕСРВ постепенно восстанавливался до предоперационных значений, но оставался сниженным в группе ОА+ЭА ($p = 0,006$ по сравнению с исходным значением). Время спада скорости трансмитрального кровотока увеличивалось только в группе ОА на этапе начала операции ($p = 0,004$).

Значения ДЗЛА не продемонстрировали достоверных корреляций с эхокардиографическими показателями E/V_r и E/e' в начале операции, в конце операции и при переводе из ОРИТ. При этом одновременно измеренные значения E/V_r и E/e' при переводе из ОРИТ показали наличие взаимосвязи ($r = 0,337$, $p = 0,024$). Стрейн ЛП при переводе из ОРИТ статистически значимо не отличался между группами, при этом данный показатель снизился относительно исходного в группе ОА+ЭА ($p = 0,022$) и имел тенденцию к снижению в группе ОА+ЕСРВ ($p = 0,05$).

Обсуждение

Традиционно для фенотипирования пациентов с сердечной недостаточностью используется эхокардиографическая фракция выброса ЛЖ. Однако даже при правильном ее определении она остается оператор-зависимой и весьма неточной, в ряде случаев с ошибкой более 10% [14]. Существенные методологические неточности метода [29] не позволяют считать его золотым стандартом определения производительности сердца или его систолической функции, но использование новых методов оценки фракции выброса, в том числе на основании автоматической аппаратной оценки [31] или машинного обучения [7] дают возможность увеличить его точность. Помня о недостатках методики, неоспоримым преимуществом эхокардиографии является возможность оперативного прикроватного

Таблица 4. Эхокардиографические параметры, характеризующие диастолическую функцию левого желудочка

Table 4. Parameters of left ventricular diastolic function, assessed by echocardiography

Этап	Параметр	Значение			Р
		Группа ОА + ЭА	Группа ОА + ESPB	Группа ОА	
Накануне операции	E/Vp	1,9±0,9	1,9±1,1	2,3±1,1	0,440
	GLS ЛП, %	23,0 (10,0)	24,9±9,7	24,3±7,2	0,990
	IVRT, мс	89,1±18,7	90,1±39,1	95,3±24,0	0,818
	DT, мс	153,9±35,6	162,3±44,1	151,9±26,9	0,707
После индукции в анестезию	E/Vp	2,2±0,7	1,8±0,6	1,8±0,6	0,281
	IVRT, мс	124,5±28,0**	127,7 (29,6) **	130,0±38,0	0,905
	DT, мс	177,9±31,8	170,9±38,8	197,3±30,2**	0,099
В конце операции	E/Vp	1,9±0,7	1,9±0,8	1,6±0,6	0,485
	IVRT, мс	112,2±29,7**	119,1±34,2**	107,1±40,1	0,643
	DT, мс	153,0±35,4	173,9±28,0	159,3±34,2	0,214
В конце 1-х суток ПОП	E/Vp	1,9±0,8	2,3±1,1	1,9 (0,6)	0,679
	GLS ЛП, %	18,0±8,1*	19,9±5,1	19,8±7,9	0,714
	IVRT, мс	66,3±21,6**	68,7±24,3	72,0 (16,0)	0,530
	DT, мс	112,0 (51,5)	144,0 (31,5)	130,7±33,7	0,103

Примечание: E/Vp – отношение скорости быстрого диастолического наполнения к скорости фронта трансмитрального потока, GLS ЛП – пиковый продольный стрейн левого предсердия, IVRT – время изоволемиического расслабления левого желудочка, DT – время спада скорости раннего трансмитрального потока. * – $p < 0,05$ в сравнении со значением до операции, ** – $p < 0,0085$ в сравнении со значением до операции.

использования и огромный накопленный статистический материал по клиническому использованию фракции выброса для оценки функции сердца. Тем не менее, новые методики на основании анализа деформации миокарда позволяют дополнить и подтвердить имеющуюся систолическую дисфункцию ЛЖ, обладают большей чувствительностью и меньшей субъективностью [38]. В нашем исследовании также показана корреляция этих двух показателей фракции выброса на всех этапах исследования, тем самым подтвердив хорошую воспроизводимость метода и его пригодность для оценки систолической и сократительной функции ЛЖ. При этом не выявлено межгрупповых различий по показателям фракции выброса и стрейна ЛЖ, и нет оснований говорить о снижении сократительной функции ЛЖ при использовании эпидуральной анестезии или ESPB в тех схемах, которые применялись в нашей работе. Стоит также отметить разницу автоматически определяемой фракции выброса с помощью математической обработки трех кинопетель от традиционно измеряемой фракции выброса с помощью метода Симпсона, что подчеркивает субъективность и недостаточную воспроизводимость этого показателя, а также зависимость от метода ее определения [26].

Для прикроватной оценки ударного объема используется интеграл скорости кровотока в выходном тракте ЛЖ, а его динамика позволяет без оценки площади выходного тракта ЛЖ (именно в этом измерении кроется наиболее вероятная причина ошибки) судить о величине ударного объема [9]. В нашем исследовании отмечена лишь незначительная корреляция этих показателей в конце операции, далее эта взаимосвязь утрачивается. Вероятными причинами данных результатов являются изменение конфигурации выходного тракта ЛЖ, межжелу-

дочковые взаимоотношения и достаточно высокая встречаемость малого ударного объема и сердечного выброса при АКШ. Эти данные подтверждают исследования Н. Isogai et al. (2022), также показавшие слабую связь данных параметров у кардиохирургических пациентов [23].

С точки зрения изменения геометрии ЛЖ в ответ на периоперационный стресс в группе ОА+ESPB и ОА к концу первых суток послеоперационного периода отмечено снижение конечно-диастолического объема, что должно привести к сокращению ударного объема и, при несостоятельности механизмов хронотропной адаптации, сердечного выброса в этих группах, но этого эффекта не отмечено. Наше исследование подтверждает экспериментальные данные об отсутствии значимого влияния парасимпатической блокады на сердечный выброс [16], при этом незначительный отрицательный хронотропный эффект, отмеченный рядом исследователей [15], не подтвердился – не отмечено как межгрупповой разницы по ЧСС на этапах исследования, так и негативного влияния методик регионарной анестезии на систолическую функцию в целом [30]. Увеличение СИ относительно исходного значения в группе ESPB уже к концу операции, в отличие от других групп, вероятно обусловлено «эффектом низкой базы» за счет кумулятивного эффекта большей дозы ропивакаина при двусторонней ESPB и его системными эффектами на этапе начала операции на фоне индукционных доз анестетиков до успешной реваскуляризации миокарда, которые полностью нивелировались уже к концу операции. Кроме того, определенным негативным гемодинамическим эффектом на СИ в ходе операции может обладать ИВЛ [41], использования которой при кардиохирургических операциях практически невозможно избежать.

Современные исследования физиологии сердечного сокращения указывают, что при сокращении КДО (преднагрузки) сохранение ударного объема возможно или за счет повышения конечно-диастолического давления, или за счет повышения постнагрузки, но оба этих варианта ассоциируются с повышением ударной работы сердца [33]. Отсутствие межгрупповой разницы по СИ, TnT и NT-proBNP не позволяет сделать вывод о положительном эффекте эпидуральной анестезии на миокардиальное повреждение при АКШ, этот эффект требует дальнейшего изучения и интерпретации. Тем не менее, ряд исследователей обнаружили, что использование эпидуральной анестезии снижает после АКШ пиковые концентрации TnI на 72% и мозгового натрийуретического пептида на 43% [8].

Эпидуральная анестезия и десимпатизация снижают систолическую функцию правого и левого желудочков, но при этом сохраняется способность бивентрикулярной физиологической адаптации при физической нагрузке, что объясняется дополнительными механизмами регуляции работы сердца [46]. Однако есть экспериментальные данные, подтверждающие, что при использовании эпидуральной анестезии подавляется инотропизм ПЖ в условиях повышения постнагрузки, например, при гипоксии или левожелудочковой дисфункции [35]. Этот эффект не нашел подтверждения в клинических условиях [44], хотя авторы отметили снижение сократимости ПЖ при использовании эпидуральной анестезии.

Дисфункция ПЖ в послеоперационном периоде кардиохирургических операций является достоверным предиктором летальности [10], поэтому ее профилактика особенно актуальна. Тем не менее, традиционные показатели, оценивающие функцию ПЖ (TAPSE и s'), недостаточно эффективны в ее диагностике. Альтернативным современным способом эхокардиографической оценки функции ПЖ, в том числе у пациентов реанимационного профиля, служит оценка деформации и стрейна свободной стенки ПЖ [27]. При этом показатель GLS ПЖ обладает хорошей чувствительностью для выявления правожелудочковой дисфункции [43]. Это подтверждается и нашими данными – не отмечено связи GLS с TAPSE, s' , VTпж и ETпж.

В нашем исследовании отмечена конкордантная отрицательная динамика систолической функции ПЖ во всех группах в первые послеоперационные сутки АКШ. Изменения эхокардиографических характеристик производительности ПЖ, а именно VTпж и ET, на этапах исследования не сопровождались одновременным повышением ЦВД или снижением СИ, что, вероятно, объясняется изменением конфигурации ВПЖ и регуляторным действием автономной иннервации сердца. Хотя статистические показатели (ЦВД, ДЗЛА) не доказали своей состоятельности в протоколах целенаправленной терапии при ряде критических состояний [28, 39], они остаются ценными показателями преднагрузки, а отсутствие межгрупповой разницы по

данным параметрам в периоперационном периоде в нашей работе позволяет исключить влияние периферического вазоактивного эффекта десимпатизации при эпидуральной анестезии на систолическую функцию ПЖ.

Изучению функции ПЖ всегда уделялось меньшее внимание ввиду объективной сложности диагностики. Различные методы оценки его систолической функции неоднозначны для интерпретации. Так, выявлены отличия в оценке правожелудочковой дисфункции при трансторакальной и чреспищеводной эхокардиографии [36]. Наибольшую доказательную базу получили трехмерная оценка фракции выброса при эхокардиографии или его инвазивная оценка с помощью катетера Сван–Ганца с быстро реагирующим термистором [11, 22, 47], однако их применение в рутинной практике ограничено. Тем не менее, при ограниченной доступности МРТ или 3D-эхокардиографии на первый план в диагностике дисфункции ПЖ по-прежнему выходят катетеризация легочной артерии и трансторакальная/чреспищеводная эхокардиография [22].

С учетом неоднозначности в выявлении правожелудочковой дисфункции с помощью какого-то одного показателя предложен интегративный подход, в частности оценка комплайенса легочной артерии, определяемого как отношение ударного объема к пульсовому давлению в легочной артерии. Единичные исследования показывают, что при снижении комплайенса легочной артерии, особенно в условиях дисфункции левого желудочка, правожелудочковая недостаточность развивается стремительно, вне зависимости от статического уровня легочного сосудистого сопротивления [42], но прогностическую значимость этих данных еще предстоит доказать. Согласно актуальной в настоящее время модели Виндкесселя комплайнс легочной артерии вносит вклад в общую постнагрузку ПЖ не более чем на 15–20% за счет динамического компонента пульсирующего потока [37], но в послеоперационном периоде кардиохирургических вмешательств именно он играет значимую роль в ухудшении прогноза. Согласно нашим данным, использование ESPB позволяет минимизировать эффект снижения комплайенса легочной артерии в послеоперационном периоде коронарного шунтирования на работающем сердце. Примечательно, что в нашей работе не отмечено связи артериальной оксигенации (индекса Горовица) с комплайнсом легочной артерии, поэтому гипоксической вазоконстрикцией этот эффект не объясняется.

Оценка восприимчивости к инфузионной терапии и уровня миокардиального стресса без исследования диастолической функции ЛЖ невозможно. И, хотя эффективно повлиять на люзитропную функцию сердца практически невозможно [6], укорочение времени диастолического наполнения ЛЖ и перегрузка объемом при ее недооценке могут губительно сказаться на систолической функции ЛЖ и быть причиной повышения в нем

конечно-диастолического давления. Интегральным параметром, вносящим вклад в оценку диастолической дисфункции, является определение конечно-диастолического давления в полости ЛЖ. В настоящее время прямая манометрия для его мониторинга считается избыточно инвазивной опцией. В качестве альтернативы предлагается использовать определение ДЗЛА при катетеризации легочной артерии, а также эхокардиографический показатель давления в левом предсердии на основании соотношений E/e' или E/Vp [18]. Для повышения диагностической значимости рекомендован интегративный подход с использованием нескольких критериев диастолической дисфункции [24]. Интересные возможности появляются при определении деформации левого предсердия, но клиническая ценность этих данных пока неясна [12, 32]. Кроме того, для диагностики диастолической дисфункции используются такие традиционные показатели диастолической функции ЛЖ как время спада скорости быстрого диастолического наполнения (DT) или время изоволемиического расслабления (IVRT).

Диастолическая дисфункция ассоциируется с осложнениями послеоперационного периода в кардиохирургии и приводит к удлинению сроков госпитализации [3]. В нашем исследовании увеличение IVRT при использовании методик регионарной анестезии в ходе АКШ и более интенсивное снижение IVRT и GLS на фоне эпидуральной анестезии может свидетельствовать об ухудшении диастолической функции ЛЖ [2, 17]. Тем не менее, снижение ДЗЛА в группе ОА+ЭА не позволяет однозначно говорить об ухудшении диастолической функции ЛЖ при использовании регионарной анестезии. Такие же противоречия обнаружены М. Miro et al. (2017), которые показали, что ЭА незначительно ухудшала диастолическую функцию ЛЖ [30], но без значимых клинических эффектов.

Эпидуральная анестезия в эксперименте не оказывает большого влияния на формирование потенциала действия и процессы реполяризации, но при внешней симпатической стимуляции на фоне увеличения времени восстановления потенциала действия и чувствительности миокарда к симпатическому триггеру ЭА может уменьшить вегетативный дисбаланс [21]. Эти механизмы объясняют антиаритмический эффект ЭА и последующую кардиопротекцию в периоперационном периоде. В нашем исследовании не отмечено межгрупповых отличий индекса производительности миокарда ЛЖ (tei) и временных интервалов, характеризующих миокардиальный стресс и субклиническую дисфункцию ЛЖ – времени задержки механической систолы ЛЖ (AVO) и времени изгнания, что также подтверждает отсутствие негативного влияния методик регионарной анестезии на производительность сердца.

Заключение

У пациентов с АКШ на работающем сердце при использовании методик регионарной анестезии не отмечено ухудшения лизотропной и инотропной функции ЛЖ. Снижение СИ в начале операции при использовании ESPB обусловлено большей дозой местного анестетика для формирования блокады, носит транзиторный характер и не приводит к повышению потребности в вазопрессорах и выраженным гемодинамическим эффектам. Эпидуральная анестезия в периоперационном периоде АКШ оказывает протективный эффект на систолическую функцию ЛЖ. При общей анестезии без использования методик регионарной анестезии в конце первых суток после АКШ происходит снижение комплайенса легочной артерии без изменений параметров оксигенации и уменьшение КДО ЛЖ без усугубления периоперационного повреждения миокарда.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лахин Р.Е., Шаповалов П.А., ШегOLEV А.В., Стукалов А.В., Цветков В.Г., Уваров Д.Н. Эффективность использования erector spinae plane блокады при кардиохирургических операциях: системный обзор и мета-анализ // *Анестезиология и реаниматология*. – 2022. – Т. 6. – С. 29–43. DOI: 10.17116/anaesthesiology202206129.
2. Мазур Е.С., Мазур В.В., Баженов Н.Д., Нилова О.В., Николаева Т.О. Деформация левого предсердия в оценке сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса у больных артериальной гипертензией // *Российский кардиологический журнал*. – 2022. – Т. 27, № 8. – С. 56–64. DOI: 10.15829/1560-4071-2022-5099.
3. Паромов К.В., Киров М.Ю. Оценка предикторов осложнений при переводе из реанимационного отделения после кардиохирургических вмешательств // *Патология кровообращения и кардиохирургия*. – 2017. – Т. 21, № 3. – С. 65–75. DOI: 10.21688-1681-3472-2017-3-65-75.
4. Паромов К.В., Волков Д.А., Низовцев Н.В., Киров М.Ю. Функция миокарда после коронарного шунтирования на работающем сердце в условиях комбинированной эпидуральной и ингаляционной анестезии // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. – 2020. – Т. 17, № 5. – С. 6–14. DOI: 10.21292/2078-5658-2020-17-5-6-14.

REFERENCES

1. Lakhin R.E., Shapovalov P.A., Shchegolev A.V. et al. Effectiveness of erector spinae plane blockade in cardiac surgery: a systemic review and meta-analysis. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*, 2022, vol. 6, pp. 29–43. (In Russ.) DOI: 10.17116/anaesthesiology202206129.
2. Mazur E.S., Mazur V.V., Bazhenov N.D. et al. Left atrial strain in assessing heart failure with preserved ejection fraction in hypertensive patients. *Russian Journal of Cardiology*, 2022, vol. 27, no. 8, pp. 5099. (In Russ.) DOI: 10.15829/1560-4071-2022-5099.
3. Paromov K.V., Kirov M.Yu. Predictors of complications when transferring postoperative cardiac patients from the intensive care unit. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery*, 2017, vol. 21, no. 3, pp. 65–75. (In Russ.) DOI: 10.21688-1681-3472-2017-3-65-75.
4. Paromov K.V., Volkov D.A., Nizovtsev N.V., Kirov M.Yu. Myocardial function after off-pump coronary artery bypass grafting with combined epidural and inhalation anesthesia. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2020, vol. 17, no. 5, pp. 6–14. (In Russ.) DOI: 10.21292/2078-5658-2020-17-5-6-14.

5. Паромов К. В., Свирский Д. А., Киров М. Ю. Регионарные методики в практике кардиоанестезиолога: есть ли выбор? // Анестезиология и реаниматология. – 2021. – № 6. – С. 75–81. DOI: 10.17116/anaesthesiology202106175.
6. Aboonabi A., McCauley M. D. Myofilament dysfunction in diastolic heart failure // *Heart Fail Rev.* – 2024. – Vol. 29, № 1. – P. 79–93. DOI: 10.1007/s10741-023-10352-z.
7. Batool S., Taj I. A., Ghafoor M. Ejection fraction estimation from echocardiograms using optimal left ventricle feature extraction based on clinical methods // *Diagnostics (Basel)*. – 2023. – Vol. 13, № 13. – P. 2155. DOI: 10.3390/diagnostics13132155.
8. Berendes E., Schmidt C., Van Aken H. et al. Reversible cardiac sympathectomy by high thoracic epidural anesthesia improves regional left ventricular function in patients undergoing coronary artery bypass grafting: a randomized trial // *Arch Surg.* – 2003. – Vol. 138, № 12. – P. 1283–1290. DOI: 10.1001/archsurg.138.12.1283.
9. Blanco P. Rationale for using the velocity-time integral and the minute distance for assessing the stroke volume and cardiac output in point-of-care settings // *Ultrasound J.* – 2020. – Vol. 12, № 1. – P. 21. DOI: 10.1186/s13089-020-00170-x.
10. Bootsma I. T., de Lange F., Koopmans M. et al. Right ventricular function after cardiac surgery is a strong independent predictor for long-term mortality // *J Cardiothorac Vasc Anesth.* – 2017. – Vol. 31, № 5. – P. 1656–1662. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.02.008.
11. Bootsma I. T., Boerma E. C., Scheeren T. W. L. et al. The contemporary pulmonary artery catheter. Part 2: measurements, limitations, and clinical applications // *J Clin Monit Comput.* – 2022. – Vol. 36, № 1. – P. 17–31. DOI: 10.1007/s10877-021-00673-5.
12. Cicetti M., Bagate F., Lapenta C. et al. Effects of volume infusion on left atrial strain in acute circulatory failure // *Ann. Intensive Care.* – 2024. – Vol. 14, № 1. – P. 53. DOI: 10.1186/s13613-024-01274-6.
13. Fabris L. K., Biberić M., Zrna S. New concept of fusion technics in regional anesthesia // *Acta Clin Croat.* – 2022. – Vol. 61. – P. 135–144. DOI: 10.20471/acc.2022.61.s2.18.
14. Farsalinos K. E., Daraban A. M., Ünlü S. et al. Head-to-head comparison of global longitudinal strain measurements among nine different vendors: The EACVI/ASE inter-vendor comparison study // *J Am Soc Echocardiogr.* – 2015. – Vol. 28, № 10. – P. 1171–1181. DOI: 10.1016/j.echo.2015.06.011.
15. Fesenko U. A., Myhal I. Cardiac function during mini-invasive repair of pectus excavatum with the NUSS procedure // *Wiad Lek.* – 2021. – Vol. 74, № 8. – P. 1809–1815. PMID: 34537725.
16. Fontollet T., Bringard A., Adami A. et al. Vagal blockade suppresses the phase I heart rate response but not the phase I cardiac output response at exercise onset in humans // *Eur J Appl Physiol.* – 2021. – Vol. 121, № 11. – P. 3173–3187. DOI: 10.1007/s00421-021-04769-3.
17. Gan G. C. H., Bhat A., Chen H. H. L. et al. Left atrial reservoir strain by speckle tracking echocardiography: association with exercise capacity in chronic kidney disease // *Journal of American heart association.* – 2021. – Vol. 10. – P. e017840. DOI: 10.1161/JAHA.120.017840.
18. Gonzalez F. A., Santonocito C., Maybauer M. O. et al. Diastology in the intensive care unit: Challenges for the assessment and future directions // *Echocardiography.* – 2024. – Vol. 41, № 2. – P. e15773. DOI: 10.1111/echo.15773.
19. Graeser K., Zemtsovski M., Kofoed K. F. et al. Comparing methods for cardiac output: intraoperatively doppler-derived cardiac output measured with 3-dimensional echocardiography is not interchangeable with cardiac output by pulmonary catheter thermodilution // *Anesth Analg.* – 2018. – Vol. 127, № 2. – P. 399–407. DOI: 10.1213/ANE.0000000000002800.
20. Grant M. C., Salenger R., Lobdell K. W. Perioperative hemodynamic monitoring in cardiac surgery // *Curr Opin Anaesthesiol.* – 2024. – Vol. 37, № 1. – P. 1–9. DOI: 10.1097/ACO.0000000000001327.
21. Howard-Quijano K., Takamiya T., Dale E. A. et al. Effect of thoracic epidural anesthesia on ventricular excitability in a porcine model // *Anesthesiology.* – 2017. – Vol. 126, № 6. – P. 1096–1106. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001613.
22. Ibekwe O. S., Deschamps J., Grocott M. P. W. et al. Perioperative Quality Initiative (POQI) consensus statement on perioperative assessment of right ventricular function // *Perioper Med.* – 2023. – Vol. 12, № 1. – P. 66. DOI: 10.1186/s13741-023-00351-x.
23. Isogai H., Ogasawara O. Is there a correlation between left ventricular outflow tract velocity time integral and stroke volume index in patients undergoing cardiac surgery? // *Cureus.* – 2022. – Vol. 14, № 7. – P. e27257. DOI: 10.7759/cureus.27257.
24. Jones R., Varian F., Alabed S. et al. Meta-analysis of echocardiographic quantification of left ventricular filling pressure // *ESC Heart Fail.* – 2021. – Vol. 8, № 1. – P. 566–576. DOI: 10.1002/ehf2.13119.
5. Paromov K.V., Svirskiy D.A., Kirov M.Yu. Regional anesthesia in cardiac surgery: is there a choice? *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*, 2021, vol. 6, pp. 75–81. (In Russ.) DOI: 10.17116/anaesthesiology202106175.
6. Aboonabi A., McCauley M.D. Myofilament dysfunction in diastolic heart failure. *Heart Fail Rev*, 2024, vol. 29, no. 1, pp. 79–93. DOI: 10.1007/s10741-023-10352-z.
7. Batool S., Taj I.A., Ghafoor M. Ejection fraction estimation from echocardiograms using optimal left ventricle feature extraction based on clinical methods. *Diagnostics (Basel)*, 2023, vol. 13, no. 13, p. 2155. DOI: 10.3390/diagnostics13132155.
8. Berendes E., Schmidt C., Van Aken H. et al. Reversible cardiac sympathectomy by high thoracic epidural anesthesia improves regional left ventricular function in patients undergoing coronary artery bypass grafting: a randomized trial. *Arch Surg*, 2003, vol. 138, no. 12, pp. 1283–90. DOI: 10.1001/archsurg.138.12.1283.
9. Blanco P. Rationale for using the velocity-time integral and the minute distance for assessing the stroke volume and cardiac output in point-of-care settings. *Ultrasound J*, 2020, vol. 12, no. 1, p. 21. DOI: 10.1186/s13089-020-00170-x.
10. Bootsma I.T., de Lange F., Koopmans M. et al. Right ventricular function after cardiac surgery is a strong independent predictor for long-term mortality. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2017, vol. 31, no. 5, pp. 1656–1662. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.02.008.
11. Bootsma I.T., Boerma E.C., Scheeren T.W.L. et al. The contemporary pulmonary artery catheter. Part 2: measurements, limitations, and clinical applications. *J Clin Monit Comput*, 2022, vol. 36, no. 1, pp. 17–31. DOI: 10.1007/s10877-021-00673-5.
12. Cicetti M., Bagate F., Lapenta C. et al. Effects of volume infusion on left atrial strain in acute circulatory failure. *Ann. Intensive Care*, 2024, vol. 14, no. 1, p. 53. DOI: 10.1186/s13613-024-01274-6.
13. Fabris L.K., Biberić M., Zrna S. New concept of fusion technics in regional anesthesia. *Acta Clin Croat*, 2022, vol. 61, pp. 135–144. DOI: 10.20471/acc.2022.61.s2.18.
14. Farsalinos K.E., Daraban A.M., Ünlü S. et al. Head-to-Head Comparison of Global Longitudinal Strain Measurements among Nine Different Vendors: The EACVI/ASE Inter-Vendor Comparison Study. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, vol. 28, no. 10, pp. 1171–1181. DOI: 10.1016/j.echo.2015.06.011.
15. Fesenko U.A., Myhal I. Cardiac function during mini-invasive repair of pectus excavatum with the NUSS procedure. *Wiad Lek*, 2021, vol. 74, no. 8, pp. 1809–1815. PMID: 34537725.
16. Fontollet T., Bringard A., Adami A. et al. Vagal blockade suppresses the phase I heart rate response but not the phase I cardiac output response at exercise onset in humans. *Eur J Appl Physiol*, 2021, vol. 121, no. 11, pp. 3173–3187. DOI: 10.1007/s00421-021-04769-3.
17. Gan G.C.H., Bhat A., Chen H.H.L. et al. Left atrial reservoir strain by speckle tracking echocardiography: association with exercise capacity in chronic kidney disease. *Journal of American heart association*, 2021, vol. 10, p. e017840. DOI: 10.1161/JAHA.120.017840.
18. Gonzalez F.A., Santonocito C., Maybauer M.O. et al. Diastology in the intensive care unit: Challenges for the assessment and future directions. *Echocardiography*, 2024, vol. 41, no. 2, p. e15773. DOI: 10.1111/echo.15773.
19. Graeser K., Zemtsovski M., Kofoed K.F. et al. Comparing methods for cardiac output: intraoperatively doppler-derived cardiac output measured with 3-dimensional echocardiography is not interchangeable with cardiac output by pulmonary catheter thermodilution. *Anesth Analg*, 2018, vol. 127, no. 2, pp. 399–407. DOI: 10.1213/ANE.0000000000002800.
20. Grant M.C., Salenger R., Lobdell K.W. Perioperative hemodynamic monitoring in cardiac surgery. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2024, vol. 37, no. 1, pp. 1–9. DOI: 10.1097/ACO.0000000000001327.
21. Howard-Quijano K., Takamiya T. et al. Effect of thoracic epidural anesthesia on ventricular excitability in a porcine model. *Anesthesiology*, 2017, vol. 126, no. 6, pp. 1096–1106. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001613.
22. Ibekwe O.S., Deschamps J., Grocott M.P.W. et al. Perioperative Quality Initiative (POQI) consensus statement on perioperative assessment of right ventricular function. *Perioper Med*, 2023, vol. 12, no. 1, p. 66. DOI: 10.1186/s13741-023-00351-x.
23. Isogai H., Ogasawara O. Is there a correlation between left ventricular outflow tract velocity time integral and stroke volume index in patients undergoing cardiac surgery? *Cureus*, 2022, vol. 14, no. 7, p. e27257. DOI: 10.7759/cureus.27257.
24. Jones R., Varian F., Alabed S. et al. Meta-analysis of echocardiographic quantification of left ventricular filling pressure. *ESC Heart Fail*, 2021, vol. 8, no. 1, pp. 566–576. DOI: 10.1002/ehf2.13119.

25. Komanek T., Rabis M., Omer S. et al. Quantification of left ventricular ejection fraction and cardiac output using a novel semi-automated echocardiographic method: a prospective observational study in coronary artery bypass patients // *BMC Anesthesiol.* – 2023. – Vol. 23, № 1. – P. 65. DOI: 10.1186/s12871-023-02025-z.
26. Kouris N. T., Kostopoulos V. S., Psarrou G. A. et al. Left ventricle ejection fraction and global longitudinal strain variability between methodology and experience // *Echocardiography.* – 2021. – Vol. 38, № 4. – P. 582–589. DOI: 10.1111/echo.15025.
27. Lee J. H., Park J. H. Strain analysis of the right ventricle using two-dimensional echocardiography // *J Cardiovasc Imaging.* – 2018. – Vol. 26, № 3. – P. 111–124. DOI: 10.4250/jcvi.2018.26.e11.
28. Magder S. Understanding central venous pressure: not a preload index? // *Curr Opin Crit Care.* – 2015. – Vol. 21, № 5. – P. 369–375. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000238.
29. Marwick T. H. Ejection fraction pros and cons: jacc state-of-the-art review // *J Am Coll Cardiol.* – 2018. – Vol. 72, № 19. – P. 2360–2379. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.08.2162.
30. Miró M., Sanfilippo F., Pérez F. et al. Influence of the thoracic epidural anesthesia on the left ventricular function: an echocardiographic study // *Minerva Anestesiol.* – 2017. – Vol. 83, № 7. – P. 695–704. DOI: 10.23736/S0375-9393.16.11582-2.
31. Moal O., Roger E., Lamouroux A. et al. Explicit and automatic ejection fraction assessment on 2D cardiac ultrasound with a deep learning-based approach // *Comput Biol Med.* – 2022. – Vol. 146. – P. 105637. DOI: 10.1016/j.compbiomed.2022.105637.
32. Nagueh S. F., Khan S. U. Left atrial strain for assessment of left ventricular diastolic function: focus on populations with normal LVEF // *JACC Cardiovasc Imaging.* – 2023. – Vol. 16, № 5. – P. 691–707. DOI: 10.1016/j.jcmg.2022.10.011.
33. Protti L., van den Enden A., Van Mieghem N. M. et al. Looking back, going forward: understanding cardiac pathophysiology from pressure-volume loops // *Biology (Basel).* – 2024. – Vol. 13, № 1. – P. 55. DOI: 10.3390/biology13010055.
34. Raymond M., Gronlykke L., Couture E. J. et al. Perioperative Right ventricle pressure monitoring in cardiac surgery // *J Cardiothorac Vasc Anesth.* – 2019. – Vol. 33, № 4. – P. 1090–1104. DOI: 10.1053/j.jvca.2018.08.198.
35. Rex S., Missant C., Segers P. et al. Thoracic epidural anesthesia impairs the hemodynamic response to acute pulmonary hypertension by deteriorating right ventricular-pulmonary arterial coupling // *Crit Care Med.* – 2007. – Vol. 35, № 1. – P. 222–229. DOI: 10.1097/01.CCM.0000250357.35250.A2.
36. Roberts S. M., Klick J., Fischl A. et al. A comparison of transesophageal to transthoracic echocardiographic measures of right ventricular function // *J Cardiothorac Vasc Anesth.* – 2020. – Vol. 34, № 5. – P. 1252–1259. DOI: 10.1053/j.jvca.2019.11.039.
37. Saouti N., Westerhof N., Postmus P. E. et al. The arterial load in pulmonary hypertension // *Eur Respir Rev.* – 2010. – Vol. 19, № 117. – P. 197–203. DOI: 10.1183/09059180.00002210.
38. Sanna G. D., Canonico M. E., Santoro C. et al. Echocardiographic longitudinal strain analysis in heart failure: real usefulness for clinical management beyond diagnostic value and prognostic correlations? A comprehensive review // *Curr Heart Fail Rep.* – 2021. – Vol. 18, № 5. – P. 290–303. DOI: 10.1007/s11897-021-00530-1.
39. Schmidt C., Berggreen A. E., Heringlake M. Perioperative hemodynamic monitoring: Still a place for cardiac filling pressures? // *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* – 2019. – Vol. 33, № 2. – P. 155–163. DOI: 10.1016/j.bpa.2019.04.004.
40. Surkova E., Cosyns B., Gerber B. et al. The dysfunctional right ventricle: the importance of multi-modality imaging // *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* – 2022. – Vol. 23, № 7. – P. 885–897. DOI: 10.1093/ehjci/jeac037.
41. Tauber H., Streif W., Gebetsberger J. et al. Cardiac output and cerebral blood flow during carotid surgery in regional versus general anesthesia: A prospective randomized controlled study // *J Vasc Surg.* – 2021. – Vol. 74, № 3. – P. 930–937.e2. DOI: 10.1016/j.jvs.2021.03.042.
42. Thenappan T., Prins K. W., Pritzker M. R. et al. The critical role of pulmonary arterial compliance in pulmonary hypertension // *Ann Am Thorac Soc.* – 2016. – Vol. 13, № 2. – P. 276–84. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201509-599FR.
43. Vos M. E., Cox E. G. M., Schagen M. R. et al. SICS Study Group. Right ventricular strain measurements in critically ill patients: an observational SICS sub-study // *Ann Intensive Care.* – 2022. – Vol. 12, № 1. – P. 92. DOI: 10.1186/s13613-022-01064-y.
44. Wink J., de Wilde R. B., Wouters P. F. et al. Thoracic epidural anesthesia reduces right ventricular systolic function with maintained ventricular-pulmonary coupling // *Circulation.* – 2016. – Vol. 134, № 16. – P. 1163–1175. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.022415.
25. Komanek T., Rabis M., Omer S. et al. Quantification of left ventricular ejection fraction and cardiac output using a novel semi-automated echocardiographic method: a prospective observational study in coronary artery bypass patients. *BMC Anesthesiol.* 2023, vol. 23, no. 1, p. 65. DOI: 10.1186/s12871-023-02025-z.
26. Kouris N.T., Kostopoulos V.S., Psarrou G.A. et al. Left ventricle ejection fraction and global longitudinal strain variability between methodology and experience. *Echocardiography*, 2021, vol. 38, no. 4, pp. 582–589. DOI: 10.1111/echo.15025.
27. Lee J.H., Park J.H. Strain Analysis of the Right Ventricle Using Two-dimensional Echocardiography. *J Cardiovasc Imaging*, 2018, vol. 26, no. 3, pp. 111–124. DOI: 10.4250/jcvi.2018.26.e11.
28. Magder S. Understanding central venous pressure: not a preload index? *Curr Opin Crit Care*, 2015, vol. 21, no. 5, pp. 369–75. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000238.
29. Marwick T.H. Ejection Fraction Pros and Cons: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*, 2018, vol. 72, no. 19, pp. 2360–2379. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.08.2162.
30. Miró M., Sanfilippo F., Pérez F. et al. Influence of the thoracic epidural anesthesia on the left ventricular function: an echocardiographic study. *Minerva Anestesiol*, 2017, vol. 83, no. 7, pp. 695–704. DOI: 10.23736/S0375-9393.16.11582-2.
31. Moal O., Roger E., Lamouroux A. et al. Explicit and automatic ejection fraction assessment on 2D cardiac ultrasound with a deep learning-based approach. *Comput Biol Med*, 2022, vol. 146, p. 105637. DOI: 10.1016/j.compbiomed.2022.105637.
32. Nagueh S.F., Khan S.U. Left atrial strain for assessment of left ventricular diastolic function: focus on populations with normal LVEF. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2023, vol. 16, no. 5, pp. 691–707. DOI: 10.1016/j.jcmg.2022.10.011.
33. Protti L., van den Enden A., Van Mieghem N.M. et al. Looking back, going forward: understanding cardiac pathophysiology from pressure-volume loops. *Biology (Basel)*, 2024, vol. 13, no. 1, p. 55. DOI: 10.3390/biology13010055.
34. Raymond M., Gronlykke L., Couture E.J. et al. Perioperative Right ventricle pressure monitoring in cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2019, vol. 33, no. 4, pp. 1090–1104. DOI: 10.1053/j.jvca.2018.08.198.
35. Rex S., Missant C., Segers P., Wouters P.F. Thoracic epidural anesthesia impairs the hemodynamic response to acute pulmonary hypertension by deteriorating right ventricular-pulmonary arterial coupling. *Crit Care Med*, 2007, vol. 35, no. 1, pp. 222–9. DOI: 10.1097/01.CCM.0000250357.35250.A2.
36. Roberts S.M., Klick J., Fischl A. et al. A comparison of transesophageal to transthoracic echocardiographic measures of right ventricular function. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2020, vol. 34, no. 5, pp. 1252–1259. DOI: 10.1053/j.jvca.2019.11.039.
37. Saouti N., Westerhof N., Postmus P.E., Vonk-Noordegraaf A. The arterial load in pulmonary hypertension. *Eur Respir Rev*, 2010, vol. 19, no. 117, pp. 197–203. DOI: 10.1183/09059180.00002210.
38. Sanna G.D., Canonico M.E., Santoro C. et al. Echocardiographic longitudinal strain analysis in heart failure: real usefulness for clinical management beyond diagnostic value and prognostic correlations? A Comprehensive Review. *Curr Heart Fail Rep*, 2021, vol. 18, no. 5, pp. 290–303. DOI: 10.1007/s11897-021-00530-1.
39. Schmidt C., Berggreen A.E., Heringlake M. Perioperative hemodynamic monitoring: Still a place for cardiac filling pressures? *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 2019, vol. 33, no. 2, pp. 155–163. DOI: 10.1016/j.bpa.2019.04.004.
40. Surkova E., Cosyns B., Gerber B. et al. The dysfunctional right ventricle: the importance of multi-modality imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2022, vol. 23, no. 7, pp. 885–897. DOI: 10.1093/ehjci/jeac037.
41. Tauber H., Streif W., Gebetsberger J. et al. Cardiac output and cerebral blood flow during carotid surgery in regional versus general anesthesia: A prospective randomized controlled study. *J Vasc Surg*, 2021, vol. 74, no. 3, pp. 930–937. DOI: 10.1016/j.jvs.2021.03.042.
42. Thenappan T., Prins K.W., Pritzker M.R. et al. The critical role of pulmonary arterial compliance in pulmonary hypertension. *Ann Am Thorac Soc*, 2016, vol. 13, no. 2, pp. 276–84. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201509-599FR.
43. Vos M.E., Cox E.G.M., Schagen M.R. et al. Right ventricular strain measurements in critically ill patients: an observational SICS sub-study. *Ann Intensive Care*, 2022, vol. 12, no. 1, p. 92. DOI: 10.1186/s13613-022-01064-y.
44. Wink J., de Wilde R.B., Wouters P.F. et al. Thoracic epidural anesthesia reduces right ventricular systolic function with maintained ventricular-pulmonary coupling. *Circulation*, 2016, vol. 134, no. 16, pp. 1163–1175. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.022415.

45. Wink J., Veering B. T., Aarts L. P. H. J. et al. Effects of thoracic epidural anesthesia on neuronal cardiac regulation and cardiac function // *Anesthesiology*. – 2019. – Vol. 130, № 3. – P. 472–491. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002558.
46. Wink J., Steendijk P., Tsonaka R. et al. Biventricular function in exercise during autonomic (thoracic epidural) block // *Eur J Appl Physiol*. – 2021. – Vol. 121, № 5. – P. 1405–1418. DOI: 10.1007/s00421-021-04631-6.
47. Yano K., Toyama Y., Iida T. et al. Comparison of right ventricular function between three-dimensional transesophageal echocardiography and pulmonary artery catheter // *J Cardiothorac Vasc Anesth*. – 2021. – Vol. 35, № 6. – P. 1663–1669. DOI: 10.1053/j.jvca.2020.11.012.
48. Zhang Y., Wang Y., Shi J. et al. Cardiac output measurements via echocardiography versus thermodilution: A systematic review and meta-analysis // *PLoS One*. – 2019. – Vol. 14, № 10. – P. e0222105. DOI: 10.1371/journal.pone.0222105.
45. Wink J., Veering B. T., Aarts L. P. H. J. et al. Effects of thoracic epidural anesthesia on neuronal cardiac regulation and cardiac function. *Anesthesiology*, 2019, vol. 130, no. 3, pp. 472–491. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002558.
46. Wink J., Steendijk P., Tsonaka R. et al. Biventricular function in exercise during autonomic (thoracic epidural) block. *Eur J Appl Physiol*, 2021, vol. 121, no. 5, pp. 1405–1418. DOI: 10.1007/s00421-021-04631-6.
47. Yano K., Toyama Y., Iida T. et al. Comparison of right ventricular function between three-dimensional transesophageal echocardiography and pulmonary artery catheter. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2021, vol. 35, no. 6, pp. 1663–1669. DOI: 10.1053/j.jvca.2020.11.012.
48. Zhang Y., Wang Y., Shi J. et al. Cardiac output measurements via echocardiography versus thermodilution: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 2019, vol. 14, no. 10, p. e0222105. DOI: 10.1371/journal.pone.0222105.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ГБУЗ Архангельской области «Первая городская клиническая больница им. Е. Е. Воловевич»,
163000, Россия, г. Архангельск, ул. Суворова, д. 1.

ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России,
163000, Россия, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51.

Паромов Константин Валентинович

канд. мед. наук, врач – анестезиолог-реаниматолог,
Первая ГКБ им. Е. Е. Воловевич.
E-mail: kp-82@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5138-3617,
eLibrary SPIN: 9673-1896

Свирский Дмитрий Алексеевич

канд. мед. наук, доцент кафедры анестезиологии
и реаниматологии, Северный государственный
медицинский университет.
E-mail: dsvirskiy@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5798-9209,
eLibrary SPIN: 9740-9109

Хуссейн Айяз

канд. мед. наук, доцент кафедры анестезиологии
и реаниматологии, Северный государственный
медицинский университет.
E-mail: ayyaz@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1476-3693,
eLibrary SPIN: 9966-9690.

Неледова Людмила Александровна

канд. мед. наук, ассистент института хирургии,
Северный государственный медицинский университет.
E-mail: neluda85@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3432-2951,
eLibrary SPIN: 7065-7467

Киров Михаил Юрьевич

д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН,
зав. кафедрой анестезиологии и реаниматологии,
Северный государственный медицинский университет.
E-mail: mikhail_kirov@hotmail.com,
ORCID: 0000-0002-4375-3374, eLibrary SPIN: 6813-2450

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Volosevich First City Clinical hospital,
1, Suvorova str., Arkhangelsk, 163000, Russia.

Northern State Medical University,
51, Troitzky str., Arkhangelsk, 163000, Russia.

Paromov Konstantin V.

Cand. of Sci. (Med.), Anesthesiologist and Intensivist,
Volosevich First City Clinical hospital.
E-mail: kp-82@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5138-3617,
eLibrary SPIN: 9673-1896

Svirskii Dmitrii A.

Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Anesthesiology and
Intensive Care Department, Northern State Medical University.
E-mail: dsvirskiy@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5798-9209,
eLibrary SPIN: 9740-9109

Hussain Ayyaz

Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Anesthesiology and
Intensive Care Department, Northern State Medical University.
E-mail: ayyaz@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1476-3693,
eLibrary SPIN: 9966-9690

Neledova Lyudmila A.

Cand. of Sci. (Med.), Assistant at the Institute of Surgery,
Northern State Medical University.
E-mail: neluda85@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3432-2951,
eLibrary SPIN: 7065-7467

Kirov Mikhail Yu.

Dr. of Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the
Russian Academy of Sciences, Head of Anesthesiology and
Intensive Care Department, Northern State Medical University.
E-mail: mikhail_kirov@hotmail.com,
ORCID: 0000-0002-4375-3374, eLibrary SPIN: 6813-2450