

¹К. О. КРОТКОВ, ¹В. Н. ВАЛЕНТЮКЕВИЧ, ²Р. Э. ЯКУБЦЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИНВАЗИВНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЙ АУТОГЕМОМАГНИТОТЕРАПИИ В ИНТРАОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

¹Гродненский областной клинический кардиологический центр, Гродно, Беларусь²Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь

Цель исследования. Изучить параметры инвазивной гемодинамики, исследуемые при помощи технологий PiCCO, Flow-Track у пациентов с ишемической болезнью сердца в интраоперационном периоде при проведении коронарного шунтирования (КШ) в условиях искусственного кровообращения (ИК) на фоне применения экстракорпоральной аутогемомагнитотерапии (ЭАГМТ).

Материал и методы. Все пациенты были разделены на две группы. Группа 1 (17 пациентов) включала стандартное анестезиологическое пособие при КШ в условиях ИК без применения ЭАГМТ. Группа 2 (17 пациентов) включала стандартное анестезиологическое пособие при КШ в условиях ИК с применением ЭАГМТ. У пациентов двух групп оценивали показатели среднего артериального давления (СрАД), дозы вазопрессорной поддержки. У пациентов группы 2 изучали параметры сердечного индекса (СИ), сердечного выброса (СВ), индекс ударного объема (ИУО), вариабельность ударного объема (ВУО). Для каждого пациента индивидуально рассчитывали относительное изменение данных параметров. Далее при помощи программного обеспечения Statistica 10 (Statsoft Inc., USA) проводили дескриптивный анализ полученных данных (Me [25 %; 75 %]). Значимость результатов оценивали методом зависимых признаков с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (Wilcoxon test). При сравнении независимых групп с отличным от нормального распределением значений одного или двух количественных признаков использовали непараметрический метод — U-критерий Манна — Уитни (Mann — Whitney U-test).

Результаты. При использовании ЭАГМТ в дополнение к стандартному анестезиологическому пособию наблюдали статистически значимое увеличение СрАД, СИ, СВ, ИУО, ВУО, а также относительное изменение данных параметров. Статистически отмечено уменьшение вазопрессорной поддержки в группе 2. В группе 1 выявлено статистически значимое увеличение длительности операции.

Выводы. Применение ЭАГМТ способствует улучшению ключевых гемодинамических параметров и доказывает свою эффективность и безопасность в интраоперационном периоде при проведении реваскуляризации миокарда в условиях ИК. Стоит отметить статистически значимое снижение вазопрессорной поддержки.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, искусственное кровообращение, магнитная обработка крови, экстракорпоральная аутогемомагнитотерапия, инвазивная гемодинамика.

Objective. To study the parameters of invasive hemodynamics, investigated using PiCCO, Flow-Track technologies in patients with ischemic heart disease in the intraoperative period during coronary artery bypass grafting (CABG) under artificial circulation (AC) with extracorporeal autohemomagnetic therapy (EAHMT).

Materials and methods. All patients were divided into two groups. Group 1 (17 patients) included standard anesthesia for CABG under AC without the use of EAHMT. Group 2 (17 patients) included standard anesthesia for CABG under AC with the use of EAHMT. In patients of the two groups, the parameters of mean arterial pressure (MAP), dose of vasopressor support were assessed. In patients of group 2, the parameters of cardiac index (CI), cardiac output (CO), stroke volume index (SVI), stroke volume variability (SVV) were studied. The relative change in these parameters was calculated individually for each patient. Then, using Statistica 10 software (Statsoft Inc., USA), a descriptive analysis of the obtained data was performed (Me [25 %; 75 %]). The significance of the results was assessed using the dependent variables method with the nonparametric Wilcoxon test. When comparing independent groups with non-normal distribution of one or two quantitative variables, a nonparametric method was used — the Mann — Whitney U-test.

Results. When using EAHMT in addition to standard anesthesia, a statistically significant increase in MAP, CI, CO, SVI, SVV, as well as a relative change in these parameters were observed. A statistically significant decrease in vasopressor support was noted in group 2. A statistically significant increase in the duration of the operation was revealed in group 1.

Conclusions. The use of EAHMT improves key hemodynamic parameters and proves its effectiveness and safety in the intraoperative period during myocardial revascularization under AC conditions. It is worth noting a statistically significant decrease in vasopressor support.

Key words: ischemic heart disease, artificial blood circulation, magnetic blood treatment, extracorporeal autohemomagnetic therapy, invasive hemodynamics.

HEALTHCARE. 2024; 10: 14—19
STUDY OF INVASIVE HEMODYNAMICS DURING THE USE OF EXTRACORPOREAL AUTOHEMOMAGNETOTHERAPY IN THE INTRAOPERATIVE PERIOD DURING CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING UNDER ARTIFICIAL CIRCULATION
K. O. Kratkou, V. N. Valentyukevich, R. E. Yakubtsevich

В настоящее время для коррекции нестабильной гемодинамики в кардиоанестезиологии применяют множество лекарственных средств различных групп (инотропы, вазопрессоры, антиаритмики). Эти препараты, являясь медикаментозным методом коррекции гемодинамических нарушений, не лишены различного рода побочных эффектов. Но интересен тот факт, что практически все кардиохирургические операции требуют вазопрессорной поддержки. Одним из таких препаратов является «Норадреналин». Данный вазопрессор может потребоваться как сразу после индукции в наркоз, так и после этапа искусственного кровообращения (ИК). Таким образом, существует проблема в увеличении дозы норадреналина после этапа ИК. В настоящем исследовании авторы ставят перед собой задачу в поиске возможных методов коррекции данного феномена. Предполагаем, что метод экстракорпоральной аутогемомангнитотерапии (ЭАГМТ) может снизить дозу норадреналина. В последнее время существуют данные о применении ЭАГМТ как вспомогательного метода поддержки параметров гемодинамики [1; 2], несмотря на имеющиеся данные о коррекции инвазивно измеренного артериального давления (АД), представляет большой интерес детально изучить параметры инвазивной гемодинамики на фоне ЭАГМТ.

Материал и методы

Дизайн исследования соответствовал проспективному рандомизированному исследованию. Были исследованы длительность операции, время ИК, время ишемии миокарда, интраоперационный баланс жидкости, а также следующие параметры инвазивной гемодинамики: среднее АД (СрАД), сердечный индекс (СИ), сердечный выброс (СВ), индекс ударного объема (ИУО), вариабельность ударного объема (ВУО) у 34 пациентов с ишемической болезнью сердца, находившихся на стационарном лечении в отделении анестезиологии и реанимации № 1 УЗ «Гродненский областной клинический кардиологический центр», которым проводили оперативное вмешательство по реваскуляризации миокарда (коронарное шунтирование (КШ) в условиях ИК). Всех пациентов разделили на две группы. Группа 1 (17 пациентов) включала стандартное анестезиологическое пособие при КШ в условиях ИК без применения ЭАГМТ. Группа 2 (17 пациентов) включала стандартное анестезиологическое пособие при КШ в условиях ИК с применением ЭАГМТ. По полу, возрасту, показателю ИМТ пациенты были сопоставимы (табл. 1). По структурному, функциональному состоянию левого желудочка, дооперационному, интраоперационному применению препаратов пациенты также были сопоставимы.

Таблица 1

Клинико-демографическая характеристика пациентов

Показатель	Группа 1 Me [25 %; 75 %]	Группа 2 Me [25 %; 75 %]	p
Возраст, лет	64,0 [50,0; 68,0]	63,0 [58,0; 71,0]	+0,375281
Рост, см	172,0 [170,0; 175,0]	174,0 [170,0; 179,0]	+0,339392
Вес, кг	80,0 [80,0; 90,0]	92,0 [80,0; 101,0]	+0,2054
ИМТ, кг/м ²	27,68 [25,3; 30,45]	30,19 [26,39; 32,32]	+0,3223

Примечание: + — уровень p по отношению к аналогичному этапу лечения в группе МОК (критерий Манна — Уитни).

Воздействие магнитного поля на кровь осуществляли с помощью аппарата NemoSPOK (ОДО «Магномед», Беларусь). Процедура ЭАГМТ была выполнена 17 пациентам по следующей методике: во время этапа ИК после введения первого кардиоплегического раствора в зазор излучателя индуктора аппарата магнитного воздействия помещали «артериальную красную» (магистраль сброса с артериального фильтра) линию магистралей экстракорпорального контура (в данном случае — контура ИК). На этапе циркуляции крови через артериальную линию аппарата ИК на 30 мин включали аппарат магнитной обработки крови (МОК) в рабочий режим с заранее заданными характеристиками магнитного поля (режим — Н8, Lev — 100 %). Кровь обрабатывалась в момент ее циркуляции по системе, объемная скорость составляла от 0,3 до 0,7 л/мин. В это время на индуктор аппарата МОК подавался пульсирующий ток с частотой 10 Гц. Каждый импульс характеризуется изменением тока по частоте от 60 до 200 Гц. Магнитная индукция, создаваемая аппаратом МОК между полюсами индуктора, составляла 140 ± 10 мТл.

В группе 1 при помощи систем мониторинга Draeger Infinity Delta (Германия), Mindray Benevision (Китай) после катетеризации *a. radialis dextra/sinistra*, *v. jugularis interna dextra/sinistra* изучали показатели СрАД. Данный параметр изучали на двух этапах проведения оперативного вмешательства: через 10 мин после введения расчетной дозы протамина (0,8—1,0 мг протамин сульфата на каждые 100 ЕД (1 мг) гепарина, средняя скорость введения протамин сульфата составляла 1000 мг/ч); далее вычисляли по формуле: $\text{СрАД} = \text{ДАД} + 1/3 (\text{САД} - \text{ДАД})$ (ДАД — диастолическое АД; САД — систолическое АД) [3; 4]. Индивидуальное относительное изменение СрАД рассчитывали по формуле: $\text{СрАД} (\%) = (\text{СрАД через 10 мин после введения расчетной дозы протамин} - \text{СрАД через 10 мин после ин-$

дукции в наркоз)/СрАД через 10 мин после индукции в наркоз $\times 100$ %.

В группе 2 при помощи систем мониторинга Mindray Benevision (Китай), EV 1000 (США) после катетеризации *a. radialis dextra* или *sinistra*, *a. femoralis dextra* или *sinistra*, *v. jugularis interna dextra* или *sinistra* и проведения транспульмональной термодилуции изучали показатели инвазивной гемодинамики: СрАД, СИ, СВ, ИУО, ВУО на двух этапах проведения оперативного вмешательства: через 10 мин после введения расчетной дозы протамин (0,8—1,0 мг протамин сульфата на каждые 100 ЕД (1 мг) гепарина, средняя скорость введения протамин сульфата составляла 1000 мг/ч) [4]. Для каждого пациента группы 2 индивидуально рассчитывали относительное изменение сердечного индекса по формуле: $\text{СИ} (\%) = (\text{СИ через 10 мин после введения расчетной дозы протамин} - \text{СИ через 10 мин после индукции в наркоз})/\text{СИ через 10 мин после индукции в наркоз} \times 100$ %. Относительное изменение СВ каждого пациента вычисляли по формуле: $\text{СВ} (\%) = (\text{СВ через 10 мин после введения расчетной дозы протамин} - \text{СВ через 10 мин после индукции в наркоз})/\text{СВ через 10 мин после индукции в наркоз} \times 100$ %. Относительное изменение ИУО каждого пациента вычисляли по формуле: $\text{ИУО} (\%) = (\text{ИУО через 10 мин после введения расчетной дозы протамин} - \text{ИУО через 10 мин после индукции в наркоз})/\text{ИУО через 10 мин после индукции в наркоз} \times 100$ %. Относительное изменение ВУО каждого пациента вычисляли по формуле: $\text{ВУО} (\%) = (\text{ВУО через 10 мин после введения расчетной дозы протамин} - \text{ВУО через 10 мин после индукции в наркоз})/\text{ВУО через 10 мин после индукции в наркоз} \times 100$ %. Статистическую обработку полученного материала проводили с помощью лицензионной программы Statistica 10 (Statsoft Inc., США). Медианами (Me) и интерквартильными размахами (значения 25-го и 75-го процентов) выражали величины, распределение которых было отличным от нормального.

Для проверки нормальности численных данных использовали критерий Шапиро — Уилка. Значимость результатов оценивали методом зависимых признаков с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (Wilcoxon test). При сравнении независимых групп с отличным от нормального распределением значений одного или двух количественных признаков использовали непараметрический метод — U-критерий Манна — Уитни. Критический уровень статистической значимости принимали за $p < 0,05$.

Представленное исследование проводилось с разрешения этической комиссии УЗ «Гродненский областной клинический кардиологический центр».

Результаты и обсуждение

В группе 2 наблюдалось статистически значимое снижение длительности операции по сравнению с группой 1 (табл. 2). По остальным показателям статистической разницы не выявлено.

При исследовании потребности в норадреналине в группе 1 статистически зна-

чимого увеличения дозы норадреналина не отмечалось. На первом этапе исследования норадреналин потребовался 9 пациентам, на втором этапе — 13 пациентам. В группе 2 наблюдали потребность в норадреналине у 9 пациентов как на первом этапе исследования, так и на втором. Статистически наблюдалось снижение дозы норадреналина на втором этапе исследования с 0,05 до 0,03 мкг/кг/мин по сравнению с группой 1 (табл. 3). Инотропную поддержку в интраоперационном периоде у исследуемых пациентов не применяли.

В группе 2 при изучении параметров инвазивной гемодинамики наблюдалось статистически значимое увеличение СИ, СВ, ИУО, ВУО. Стоит отметить, что произошло увеличение относительных изменений практически всех исследуемых параметров, за исключением ВУО (табл. 4).

При анализе СрАД в группе 1 выявлено статистически значимое снижение не только данного показателя, но и его относительного изменения на втором этапе

Таблица 2

Характеристика этапа искусственного кровообращения

Показатель	Группа 1 Me [25 %; 75 %]	Группа 2 Me [25 %; 75 %]	p
Время ишемии миокарда, мин	71 [53,0; 80,0]	59 [51,0; 68,0]	+0,274293
Время ИК, мин	107 [85,0; 121,0]	91 [83,0; 107,0]	+0,245085
Длительность операции, мин	325 [300,0; 380,0]	285 [270,0; 300,0]	+0,013071
Баланс, мл	+1700 [+1400; +2350]	+1800 [+1300; +2000]	+0,453574

П р и м е ч а н и я. 1. + — уровень p по отношению к аналогичному этапу лечения в группе МОК (критерий Манна — Уитни).
2. Выделенное жирным шрифтом значение p — различие достоверно.

Таблица 3

Применение норадреналина (мкг/кг/мин) в интраоперационном периоде

Этап исследования	Группа 1 Me [25 %; 75 %]	p	Группа 2 Me [25 %; 75 %]	p
Через 10 мин после индукции в наркоз	0,05 [0,05; 0,05] n = 9	—	0,05 [0,05; 0,05] n = 9	+0,113492
Через 10 мин после введения расчетной дозы протамина	0,05 [0,05; 0,1] n = 13	0,074736*	0,03 [0,02; 0,05] n = 9	0,043115* +0,020767

П р и м е ч а н и я. 1. * — уровень p по отношению к началу лечения (критерий Вилкоксона).
2. + — уровень p по отношению к аналогичному этапу лечения в группе МОК (критерий Манна — Уитни).
3. Выделенные жирным шрифтом значения p — различие достоверно.

исследования. В группе 2 показатель СрАД и его относительное изменение статистически не увеличились по сравнению с первым этапом исследования, но они статистически больше, чем в группе 1 на втором этапе исследования (табл. 5).

Таким образом, вышеизложенные результаты демонстрируют, что ЭАГМТ может применяться как дополнительный метод поддержки интраоперационной гемодинамики после этапа ИК при проведении реваскуляризации миокарда, как вспомо-

гательный метод коррекции гемодинамических осложнений, в том числе снижения и коррекции доз вазопрессорной поддержки. Гемодинамических осложнений при проведении методики ЭАГМТ в процессе исследования зафиксировано не было. Одной из основной задач кардиоанестезиолога интраоперационно является поддержание и оптимизация стабильной гемодинамики. Согласно данному и предыдущим исследованиям авторами было доказано, что в качестве дополнительного

Таблица 4

Динамика изменения показателей центральной гемодинамики у пациентов с ишемической болезнью сердца

Показатель	Этап исследования	Me [25 %; 75 %]	p
СИ, л/мин/м ²	через 10 мин после индукции в наркоз	2,20 [2,01; 2,56]	—
	через 10 мин после введения расчетной дозы протамина	2,97 [2,55; 3,40]	0,000846*
Относительное изменение СИ, %	по окончании операции	+26,87 [13,6; 35,8]	—
СВ, л/мин	через 10 мин после индукции в наркоз	4,62 [4,1; 4,9]	—
	через 10 мин после введения расчетной дозы протамина	5,94 [4,7; 6,7]	0,000713*
Относительное изменение СВ, %	по окончании операции	+26,84 [14,63; 35,61]	—
ИУО, мл/м ²	через 10 мин после индукции в наркоз	34,0 [32,0; 39,0]	—
	через 10 мин после введения расчетной дозы протамина	38,0 [35,0; 46,0]	0,015086*
Относительное изменение ИУО, %	по окончании операции	+11,76 [1,75; 39,39]	—
ВУО, %	через 10 мин после индукции в наркоз	12,50 [10,5; 14,5]	—
	через 10 мин после введения расчетной дозы протамина	10,0 [7,0; 12,0]	0,009182*
Относительное изменение ВУО, %	по окончании операции	-31,67 [-41,05; -9,40]	—

П р и м е ч а н и я. 1. * — уровень p по отношению к первому этапу исследования (критерий Вилкоксона).
2. Выделенные жирным шрифтом значения p — различие достоверно.

Таблица 5

Изменение среднего артериального давления

Показатель	Этап исследования	Группа 1 Me [25 %; 75 %]	p	Группа 2 Me [25 %; 75 %]	p
СрАД, мм рт. ст	через 10 мин после индукции в наркоз	72,3 [65,67; 76,0]	—	67,0 [63,0; 77,0]	+0,495846
	через 10 мин после введения расчетной дозы протамина	64,33 [60,33; 69,33]	0,004456*	70,0 [66,0; 76,0]	0,652918* +0,037590
Относительное изменение СрАД, %	по окончании операции	-9,64 [-20,28; -1,851]	—	+1,85185 [-9,589; 22,03]	+0,031423

П р и м е ч а н и я. 1. * — уровень p по отношению к началу лечения (критерий Вилкоксона).
2. + — уровень p по отношению к аналогичному этапу лечения в группе МОК (критерий Манна — Уитни).
3. Выделенные жирным шрифтом значения p — различие достоверно.

метода профилактики гемодинамических нарушений может применяться метод ЭАГМТ. По результатам настоящего исследования можно утверждать о положительном влиянии данной методики на СрАД, СИ, СВ, ИУО, ВУО.

В ы в о д ы

1. Применение ЭАГМТ позволило улучшить основные параметры центральной гемодинамики (СрАД, СИ, СВ, ИУО, ВУО), а также относительные изменения данных показателей.

2. На фоне проведения стандартного анестезиологического пособия с применением ЭАГМТ отмечено статистически значимое снижение вазопресорной поддержки в виде уменьшения дозы норадреналина.

3. ЭАГМТ не влияет отрицательно на время ишемии миокарда, время ИК.

4. ЭАГМТ может являться дополнительным фактором уменьшения длительности оперативного вмешательства.

5. Применение ЭАГМТ в комплексе со стандартным анестезиологическим протоколом проведения анестезии показало свою безопасность при оперативных вмешательствах по реваскуляризации миокарда.

Контактная информация:

Кротков Кирилл Олегович — врач — анестезиолог-реаниматолог. Гродненский областной клинический кардиологический центр. Ул. Болдина, 9, 230030, г. Гродно. Сл. тел. +375 29 843-02-45.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: К. О. К., В. Н. В., Р. Э. Я.
Сбор информации и обработка материала: К. О. К.
Статистическая обработка данных К. О. К.
Написание текста: К. О. К.
Редактирование: Р. Э. Я.

Конфликт интересов отсутствует.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кротков, К. О. Применение метода экстракорпоральной аутогемомагнитотерапии с целью коррекции гемодинамических нарушений в интраоперационном периоде при проведении коронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения / К. О. Кротков, В. Н. Валентюкевич // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. — 2024. — Т. 22, № 1. — С. 51—55.

2. Изменение среднего артериального давления, частоты сердечных сокращений у пациентов с ишемической болезнью сердца при выполнении коронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения при наличии полиморфизмов как потенциальных факторов гемодинамических нарушений / К. О. Кротков [и др.] // Здравоохранение. — 2024. — № 7. — С. 4—13.

3. DeMers, D. Physiology, Mean Arterial Pressure / D. DeMers, D. Wachs // StatPearls. Treasure Island (FL). — 2023. — Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538226/>. — Date of access: 06.09.2024.

4. Островский, Ю. П. Кардиохирургия. Справочник / Ю. П. Островский, А. В. Валентюкевич, А. С. Жигалкович. — М. : Мед. лит., 2014. — 512 с.

Поступила 09.09.2024

Принята к печати 12.09.2024