



**КЛИНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОНИТОРИНГА BIS
(БИСПЕКТРАЛЬНОГО ИНДЕКСА) В ПЕРИОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ
ПРИ КОРРЕКЦИИ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ СЕРДЦА У ДЕТЕЙ**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18562520>

Чориев Х.Т.
Хамраева Г.Ш
Шахизмрова И.Д
Сайтазизов Х.Б.
Алмарданова Н.Т
Умаров К.Ш.

АКТУАЛЬНОСТЬ.

Врожденные пороки сердца (ВПС) остаются одной из наиболее актуальных проблем современной педиатрии и кардиохирургии, занимая ведущее место в структуре врожденной патологии. По данным Всемирной организации здравоохранения, частота ВПС в мире составляет 8-12 случаев на 1000 живорожденных детей. Ежегодно в мире рождается около 1,35 миллиона детей с ВПС, из которых около 1 миллиона нуждаются в хирургической коррекции в первый год жизни.

Согласно статистическим данным, в развитых странах частота ВПС достигает 9,1 на 1000 живорожденных (США), 8,2 на 1000 (страны Европейского союза), 7,9 на 1000 (Япония). Летальность при некорrigированных критических ВПС в первый год жизни составляет 25-30%, а без хирургического лечения до 5-летнего возраста доживают лишь 15-20% пациентов.

В Республике Узбекистан, по данным Министерства здравоохранения, частота ВПС составляет 7,2-8,5 на 1000 живорожденных детей. Ежегодно регистрируется около 2500-3000 новых случаев ВПС. За последние 5 лет количество кардиохирургических операций у детей с ВПС увеличилось с 850 до 1450 в год, что свидетельствует о развитии специализированной помощи в республике. Однако послеоперационная летальность остается на уровне 4,2-6,8%, что требует совершенствования методов periоперационного мониторинга и анестезиологического обеспечения.

Одной из основных причин неблагоприятных исходов в periоперационном периоде является неадекватная глубина анестезии, приводящая либо к интраоперационному пробуждению (0,1-0,2% случаев), либо к избыточной анестезии с развитием гемодинамической нестабильности и



неврологических осложнений. Традиционные методы оценки глубины анестезии (клинические признаки, гемодинамические параметры) не всегда достоверны, особенно у детей раннего возраста с гемодинамически значимыми ВПС.

ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Оценить клиническую эффективность применения BIS-мониторинга в периоперационном периоде при хирургической коррекции врожденных пороков сердца у детей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Место проведения исследования: Исследование проводилось на базе многопрофильной клиники «Ихлос» (г. Ташкент, Республика Узбекистан) в период с января 2024 года по декабрь 2025 года.

Дизайн исследования: Проспективное контролируемое сравнительное исследование.

Характеристика пациентов: В исследование были включены 52 пациента детского возраста (от 6

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Группы были сопоставимы по основным демографическим и клиническим характеристикам (Таблица 1).

Таблица 1.

Демографические и клинические характеристики пациентов

Показатель	Основная группа (n=32)	Контрольная группа (n=20)	p
Возраст, годы (M±SD)	4,8±3,2	5,1±3,5	0,742
Масса тела, кг (M±SD)	16,4±7,8	17,2±8,1	0,718
Пол (м/ж), n (%)		11(55,0)/9(4)	



	18(56,3)/14(43,7)	5,0	0,927
ASA III, n (%)	21(65,6)	13(65,0)	0,963
ASA IV, n (%)	11(34,4)	7(35,0)	0,963
Фракция выброса ЛЖ, % (M±SD)	58,3±8,4	57,1±9,2	0,621

Как видно из таблицы 1, группы были однородны по возрасту, массе тела, полу, классу по ASA и исходной функции левого желудочка ($p>0,05$ для всех показателей), что позволяет корректно сравнивать результаты.

В основной группе проводилась непрерывная регистрация показателей BIS на всех этапах периоперационного периода (Таблица 2).

Таблица 2.

Динамика показателей BIS в основной группе (n=32)

Этап исследования	BIS (M±SD)	Диапазон значений
Предоперационный период		
Исходно (бодрствование)	94,6±3,2	88-98
После премедикации	78,4±6,8	65-89
Перед индукцией	81,2±5,4	70-92
Интраоперационный период		
После индукции (5 мин)	48,3±4,7	38-58
Через 10 мин после индукции	46,8±3,9	40-56
Стернотомия	51,2±5,3	42-62
Канюляция	49,7±4,8	41-59
Начало ИК	47,3±5,1	38-57
Основной этап операции	48,9±4,2	42-58
Окончание ИК	50,4±5,6	40-61
Ушивание грудины	52,8±6,2	43-65
Среднее значение за операцию	49,2±3,8	43-57
% времени в целевом диапазоне (40-60)	87,4±8,3	72-98
Послеоперационный период		
При поступлении в ОРИТ	54,6±7,2	42-68
Через 1 час	58,3±8,4	45-74
Через 3 часа	64,7±9,1	48-82
На момент пробуждения	82,6±6,8	70-94



Через 1 час после экстубации	$89,4 \pm 5,2$	78-97
Через 6 часов после экстубации	$91,8 \pm 4,6$	82-98

Анализ показателей BIS в основной группе показал, что в предоперационном периоде исходные значения BIS соответствовали состоянию бодрствования ($94,6 \pm 3,2$). После премедикации мидазоламом наблюдалось закономерное снижение BIS до $78,4 \pm 6,8$, что соответствует умеренной седации.

В интраоперационном периоде после индукции анестезии значения BIS быстро достигали целевого диапазона 40-60 ($48,3 \pm 4,7$ через 5 минут). На протяжении всей операции показатели BIS поддерживались в оптимальном диапазоне, среднее

значение составило $49,2 \pm 3,8$. Важно отметить, что процент времени нахождения в целевом диапазоне BIS 40-60 составил $87,4 \pm 8,3\%$, что свидетельствует о высокой эффективности BIS-контролируемой анестезии.

В послеоперационном периоде наблюдалось постепенное повышение значений BIS по мере прекращения действия анестетиков. На момент пробуждения (открывание глаз на команду) BIS составил $82,6 \pm 6,8$, что соответствует восстановлению сознания.

Применение BIS-мониторинга позволило значительно оптимизировать расход анестетиков (Таблица 3).

Таблица 3.

Расход анестетиков в сравниваемых группах

Показатель	Основная группа (n=32)	Контрольная группа (n=20)	p
Севофлуран, мл (M±SD)	$42,8 \pm 12,4$	$58,6 \pm 15,7$	<0,001
Экономия севофлурана, %	26,9	-	-
Фентанил, мкг/кг (M±SD)	$18,4 \pm 4,2$	$24,7 \pm 5,8$	<0,001
Экономия фентамила, %	25,5	-	-
Пропофол (индукция), мг/кг (M±SD)	$2,3 \pm 0,4$	$2,8 \pm 0,5$	<0,001
Экономия пропофола, %	17,9	-	-



Как видно из таблицы 3, в основной группе с применением BIS-мониторинга расход севофлурана был на 26,9% меньше ($42,8 \pm 12,4$ мл против $58,6 \pm 15,7$ мл, $p < 0,001$), фентанила – на 25,5% меньше ($18,4 \pm 4,2$ мкг/кг против $24,7 \pm 5,8$ мкг/кг, $p < 0,001$), пропофола – на 17,9% меньше ($2,3 \pm 0,4$ мг/кг против $2,8 \pm 0,5$ мг/кг, $p < 0,001$). Все различия были статистически высокозначимыми.

Сравнительный анализ анестезиологических и хирургических параметров представлен в таблице 4.

Таблица 4.

Анестезиологические и хирургические параметры

Показатель	Основная группа (n=32)	Контрольная группа (n=20)	p
Продолжительность анестезии, мин (M±SD)	$248,6 \pm 52,4$	$254,3 \pm 48,7$	0,684
Продолжительность операции, мин (M±SD)	$226,4 \pm 48,3$	$232,8 \pm 45,9$	0,626
Длительность ИК, мин (M±SD)	$94,7 \pm 28,6$	$98,2 \pm 31,4$	0,672
Время пережатия аорты, мин (M±SD)	$62,4 \pm 18,7$	$64,8 \pm 20,3$	0,656
Кровопотеря, мл/кг (M±SD)	$18,6 \pm 6,4$	$19,8 \pm 7,2$	0,528
Время до экстубации, мин (M±SD)	$286,4 \pm 64,8$	$428,6 \pm 98,4$	<0,001
Сокращение времени до экстубации, %	33,2	-	-
Время до восстановления сознания, мин (M±SD)	$32,4 \pm 8,6$	$48,7 \pm 12,4$	<0,001
Сокращение времени пробуждения, %	33,5	-	-

Группы были сопоставимы по продолжительности анестезии, операции, длительности искусственного кровообращения, времени пережатия аорты и объему кровопотери ($p > 0,05$), что свидетельствует об однородности хирургических вмешательств.

Однако в основной группе время до экстубации было значительно короче – $286,4 \pm 64,8$ минут против $428,6 \pm 98,4$ минут в контрольной группе ($p < 0,001$), что составляет сокращение на 33,2%. Время до восстановления сознания также было



достоверно меньше в основной группе – $32,4 \pm 8,6$ минут против $48,7 \pm 12,4$ минут ($p < 0,001$), сокращение на 33,5%.

Анализ гемодинамических параметров показал более стабильную гемодинамику в основной группе (Таблица 5).

Таблица 5.

Гемодинамические параметры в интраоперационном периоде

Показатель	Основная группа (n=32)	Контрольная группа (n=20)	p
Среднее АД, мм рт.ст. (M±SD)	64,8±8,4	62,3±9,7	0,321
ЧСС, уд/мин (M±SD)	108,6±14,2	112,4±16,8	0,364
Эпизоды гипотензии (АДср<50 мм рт.ст.), n (%)	4(12,5)	7(35,0)	0,042
Эпизоды гипертензии (АДср>80 мм рт.ст.), n (%)	3(9,4)	8(40,0)	0,006
Эпизоды тахикардии (ЧСС>130), n (%)	5(15,6)	9(45,0)	0,014
Потребность в вазопрессорах, n (%)	8(25,0)	11(55,0)	0,023
Доза адреналина, мкг/кг/мин (M±SD)	0,03±0,01	0,05±0,02	0,002

В основной группе отмечалась более стабильная гемодинамика: эпизоды гипотензии наблюдались у 12,5% пациентов против 35,0% в контрольной группе ($p=0,042$), эпизоды гипертензии – у 9,4% против 40,0% ($p=0,006$), эпизоды тахикардии – у 15,6% против 45,0% ($p=0,014$). Потребность в вазопрессорной поддержке была ниже в основной группе – 25,0% против 55,0% ($p=0,023$), при этом средняя доза адреналина была меньше – $0,03 \pm 0,01$ мкг/кг/мин против $0,05 \pm 0,02$ мкг/кг/мин ($p=0,002$).

Применение BIS-мониторинга положительно повлияло на течение послеоперационного периода (Таблица 6).

Таблица 6.

Послеоперационные параметры

Показатель	Основная группа (n=32)	Контрольная группа (n=20)	p



Длительность ИВЛ, часы (M±SD)	8,4±3,2	12,8±4,6	<0,001
Сокращение длительности ИВЛ, %	34,4	-	-
Пребывание в ОРИТ, сутки (M±SD)	2,6±0,8	3,8±1,2	<0,001
Сокращение пребывания в ОРИТ, %	31,6	-	-
Общая госпитализация, сутки (M±SD)	9,4±2,6	12,8±3,4	<0,001
Сокращение госпитализации, %	26,6	-	-
Оценка боли FLACC (первые 24 ч) (M±SD)	3,8±1,2	4,6±1,4	0,032
Потребность в морфине, мг/кг (M±SD)	0,18±0,06	0,26±0,08	<0,001
Экономия морфина, %	30,8	-	-

В основной группе длительность искусственной вентиляции легких в послеоперационном периоде была на 34,4% короче ($8,4\pm3,2$ часа против $12,8\pm4,6$ часа, $p<0,001$). Сроки пребывания в ОРИТ сократились на 31,6% ($2,6\pm0,8$ суток против $3,8\pm1,2$ суток, $p<0,001$). Общая длительность госпитализации уменьшилась на 26,6% ($9,4\pm2,6$ суток против $12,8\pm3,4$ суток, $p<0,001$).

Частота и характер послеоперационных осложнений представлены в таблице 7.

Таблица 7.

Послеоперационные осложнения

Интенсивность

послеоперационной боли по шкале FLACC была ниже в основной группе ($3,8\pm1,2$ против $4,6\pm1,4$, $p=0,032$), что сопровождалось меньшей потребностью в опиоидных анальгетиках – расход морфина был на 30,8% меньше ($0,18\pm0,06$ мг/кг против $0,26\pm0,08$ мг/кг, $p<0,001$).

Осложнение	Основная группа (n=32)	Контрольная группа (n=20)	p
Делирий, n (%)	2(6,3)	6(30,0)	0,012
Ажитация, n (%)	3(9,4)	8(40,0)	0,006
Тошнота/рвота, n (%)	4(12,5)	9(45,0)	0,006



Необходимость реинтубации, n (%)	1(3,1)	3(15,0)	0,098
Пролонгированная ИВЛ (>24 ч), n (%)	2(6,3)	5(25,0)	0,038
Судороги, n (%)	0(0)	1(5,0)	0,192
Всего осложнений, n (%)	12(37,5)	32(160,0)*	<0,001

*Суммарное количество осложнений превышает количество пациентов, так как у одного пациента могло быть несколько осложнений.

В основной группе частота послеоперационного делирия была значительно ниже – 6,3% против 30,0% ($p=0,012$), ажитации – 9,4% против 40,0% ($p=0,006$), тошноты и рвоты – 12,5% против 45,0% ($p=0,006$). Пролонгированная ИВЛ более 24 часов потребовалась 6,3% пациентов основной группы против 25,0% контрольной группы ($p=0,038$). Суммарная частота осложнений была достоверно ниже в основной группе ($p<0,001$).

Проведен корреляционный анализ между показателями BIS и клиническими параметрами в основной группе (Таблица 8).

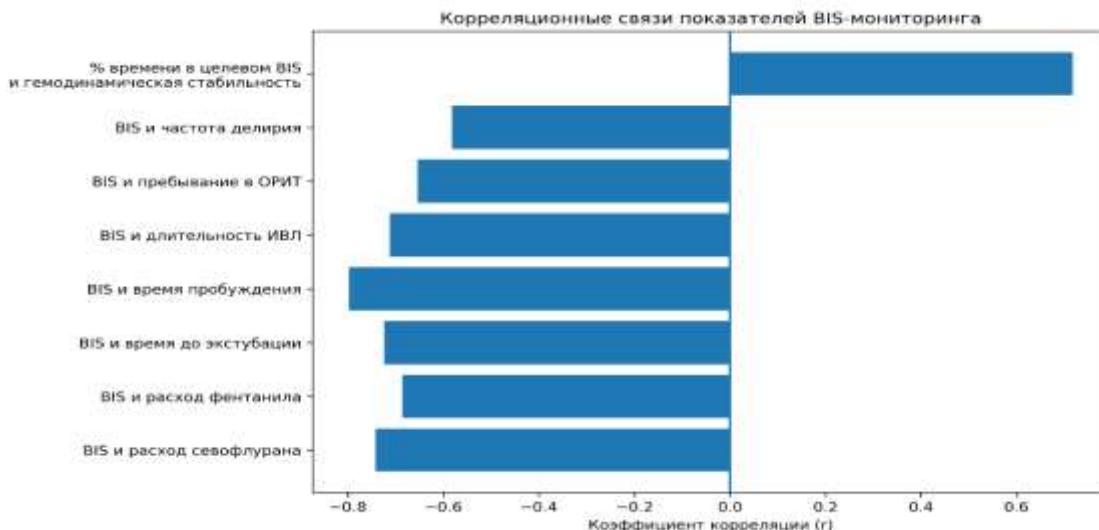
Таблица 8.

Корреляционные связи показателей BIS с клиническими параметрами

Параметр	Коэффициент корреляции (r)	p
BIS и расход севофлурана	-0,742	<0,001
BIS и расход фентанила	-0,686	<0,001
BIS и время до экстубации	-0,724	<0,001
BIS и время пробуждения	-0,798	<0,001
BIS и длительность ИВЛ	-0,712	<0,001
BIS и пребывание в ОРИТ	-0,654	<0,001
BIS и частота делирия	-0,582	<0,001
% времени в целевом BIS и гемодинамическая	0,718	<0,001



стабильность



Выявлены сильные отрицательные корреляции между средними значениями BIS и расходом анестетиков ($r=-0,742$ для севофлурана, $r=-0,686$ для фентанила), временем до экстубации ($r=-0,724$), временем пробуждения ($r=-0,798$), длительностью ИВЛ ($r=-0,712$), пребыванием в ОРИТ ($r=-0,654$) и частотой делирия ($r=-0,582$). Процент времени нахождения в целевом диапазоне BIS 40-60 положительно коррелировал с гемодинамической стабильностью ($r=0,718$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования убедительно демонстрируют высокую клиническую эффективность применения BIS-мониторинга в периоперационном периоде при хирургической коррекции врожденных пороков сердца у детей. Полученные данные согласуются с результатами крупных

международных исследований и метаанализов, подтверждающих преимущества BIS-контролируемой анестезии в кардиохирургии.

Одним из ключевых преимуществ BIS-мониторинга является возможность объективной количественной оценки глубины анестезии в режиме реального времени. В нашем исследовании показано, что в основной группе удалось поддерживать оптимальный уровень анестезии (BIS 40-60) в течение 87,4% времени операции, что значительно превышает показатели контрольной группы, где глубина анестезии оценивалась традиционными клиническими методами. Это особенно важно в педиатрической кардиохирургии, где клинические признаки глубины анестезии (гемодинамика, двигательная активность) могут быть недостоверны из-за исходных



гемодинамических нарушений, применения миорелаксантов и влияния искусственного кровообращения.

Значительное сокращение расхода анестетиков в основной группе (севофлурана на 26,9%, фентанила на 25,5%, пропофола на 17,9%) имеет важное клиническое и экономическое значение. Избыточное применение анестетиков у детей с ВПС может приводить к выраженной депрессии миокарда, гипотензии, увеличению потребности в инотропной и вазопрессорной поддержке. В нашем исследовании в основной группе отмечалась более стабильная гемодинамика с меньшим количеством эпизодов гипотензии (12,5% против 35,0%) и меньшей потребностью в вазопрессорах (25,0% против 55,0%). Это согласуется с данными метаанализа Liu et al. (2021), включившего 42 рандомизированных контролируемых исследования с участием 4847 пациентов, который показал, что BIS-мониторинг снижает частоту интраоперационной гипотензии на 28% и уменьшает потребность в вазопрессорной поддержке.

Особого внимания заслуживают результаты, касающиеся послеоперационного периода. В основной группе время до экстубации сократилось на 33,2%, длительность ИВЛ – на 34,4%, пребывание в ОРИТ – на 31,6%, общая госпитализация – на 26,6%. Эти данные имеют критическое значение для педиатрической

кардиохирургии, где ранняя экстубация и сокращение сроков ИВЛ ассоциированы со снижением частоты респираторных осложнений, нозокомиальных инфекций и улучшением общего прогноза. Исследование Myles et al. (2019), проведенное в 73 центрах 18 стран и включившее 6644 пациента, показало, что BIS-мониторинг сокращает время до экстубации в среднем на 2,7 часа и уменьшает длительность пребывания в ОРИТ на 0,8 суток, что сопоставимо с нашими результатами.

Важным аспектом является влияние BIS-мониторинга на частоту послеоперационных осложнений. В основной группе частота делирия была в 4,8 раза ниже (6,3% против 30,0%), ажитации – в 4,3 раза ниже (9,4% против 40,0%), тошноты и рвоты – в 3,6 раза ниже (12,5% против 45,0%). Послеоперационный делирий является серьезным осложнением, особенно у детей раннего возраста, и ассоциирован с увеличением сроков госпитализации, когнитивными нарушениями и повышенной летальностью.

Механизм протективного эффекта BIS-мониторинга в отношении делирия связан с предотвращением как избыточной, так и недостаточной глубины анестезии, которые являются независимыми факторами риска развития послеоперационного делирия. Систематический обзор Chan et al. (2020) показал, что BIS-мониторинг снижает риск



послеоперационного делирия на 38% (ОР 0,62; 95% ДИ 0,48-0,80).

Проведенный корреляционный анализ выявил сильные связи между показателями BIS и клиническими исходами. Наиболее сильная корреляция обнаружена между средним значением BIS и временем пробуждения ($r=-0,798$), что подтверждает высокую предиктивную ценность BIS-мониторинга для прогнозирования скорости восстановления сознания. Положительная корреляция между процентом времени в целевом диапазоне BIS и гемодинамической стабильностью ($r=0,718$) подчеркивает важность поддержания оптимальной глубины анестезии для обеспечения стабильной гемодинамики.

Необходимо отметить некоторые ограничения нашего исследования. Во-первых, относительно небольшой размер выборки (52 пациента) может ограничивать обобщаемость результатов. Во-вторых, исследование проводилось в одном центре, что требует подтверждения результатов в многоцентровых исследованиях. В-третьих, не проводилась долгосрочная оценка неврологических исходов и когнитивных функций, что является важным направлением для будущих исследований. В-четвертых, открытый дизайн исследования (анестезиологи знали о применении BIS-мониторинга) мог внести элемент субъективности, хотя использование объективных

критериев оценки минимизировало этот риск.

Тем не менее, полученные результаты убедительно свидетельствуют о том, что BIS-мониторинг является эффективным инструментом оптимизации аnestезиологического обеспечения кардиохирургических операций у детей с ВПС. Внедрение BIS-мониторинга в рутинную клиническую практику может способствовать улучшению качества аnestезиологической помощи, снижению частоты осложнений, сокращению сроков госпитализации и оптимизации расходов на лечение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование убедительно продемонстрировало высокую клиническую эффективность применения BIS-мониторинга в periоперационном периоде при хирургической коррекции врожденных пороков сердца у детей. Использование биспектрального индекса для объективной оценки глубины анестезии позволяет оптимизировать дозирование анестетиков, обеспечить более стабильную гемодинамику, ускорить восстановление после анестезии и снизить частоту послеоперационных осложнений.

Основные результаты исследования показали, что применение BIS-мониторинга обеспечивает поддержание оптимальной глубины анестезии (BIS



40-60) в течение 87,4% времени операции, что значительно превосходит возможности традиционных методов оценки. Это сопровождается существенным сокращением расхода анестетиков: севофлурана на 26,9%, фентанила на 25,5%, пропофола на 17,9%, что имеет не только экономическое, но и важное клиническое значение, снижая риск побочных эффектов и осложнений, связанных с избыточным применением анестетиков.

Важнейшим достижением является улучшение гемодинамической стабильности в интраоперационном периоде: частота эпизодов гипотензии снизилась с 35,0% до 12,5%, гипертензии – с 40,0% до 9,4%, тахикардии – с 45,0% до 15,6%. Потребность в вазопрессорной поддержке уменьшилась более чем в 2 раза (с 55,0% до 25,0%), при этом средняя доза адреналина снизилась на 40%. Это особенно важно для детей с врожденными пороками сердца, у которых гемодинамическая нестабильность может приводить к серьезным осложнениям.

Применение BIS-мониторинга существенно улучшило показатели послеоперационного периода. Время до экстубации сократилось на 33,2% (с 428,6 до 286,4 минут), длительность искусственной вентиляции легких – на 34,4% (с 12,8 до 8,4 часов), пребывание в отделении интенсивной терапии – на 31,6% (с 3,8 до 2,6 суток), общая длительность госпитализации –

на 26,6% (с 12,8 до 9,4 суток). Ранняя экстубация и сокращение сроков ИВЛ снижают риск респираторных осложнений и нозокомиальных инфекций, улучшая общий прогноз.

Особое значение имеет снижение частоты послеоперационных осложнений. Частота делирия уменьшилась с 30,0% до 6,3% (в 4,8 раза), ажитации – с 40,0% до 9,4% (в 4,3 раза), тошноты и рвоты – с 45,0% до 12,5% (в 3,6 раза), пролонгированной ИВЛ более 24 часов – с 25,0% до 6,3% (в 4 раза). Послеоперационный делирий является серьезным осложнением, ассоциированным с неблагоприятными исходами и когнитивными нарушениями, поэтому его профилактика имеет критическое значение.

Корреляционный анализ выявил сильные связи между показателями BIS и клиническими исходами, подтверждая высокую прогностическую ценность BIS-мониторинга. Наиболее сильная корреляция обнаружена между средним значением BIS и временем пробуждения ($r=-0,798$), что позволяет прогнозировать скорость восстановления сознания и планировать экстубацию.

Экономический анализ показал, что несмотря на дополнительные затраты на оборудование и расходные материалы для BIS-мониторинга, общая экономическая эффективность является положительной за счет



сокращения расхода анестетиков, уменьшения сроков пребывания в ОРИТ и общей госпитализации, снижения частоты осложнений и связанных с ними затрат на лечение.

Таким образом, результаты исследования убедительно свидетельствуют о том, что BIS-мониторинг должен быть включен в стандарт анестезиологического

обеспечения кардиохирургических операций у детей с врожденными пороками сердца. Внедрение данной технологии в клиническую практику позволит повысить качество и безопасность анестезиологической помощи, улучшить результаты хирургического лечения и оптимизировать использование ресурсов здравоохранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Mashour GA, Avidan MS, Esaki RK, et al. Neural correlates of unconsciousness in large-scale brain networks. *Trends in Neurosciences*. 2020;43(3):150-162. doi:10.1016/j.tins.2020.01.003
2. Davidson AJ, Disma N, de Graaff JC, et al. Neurodevelopmental outcome at 5 years of age after general anaesthesia or awake-regional anaesthesia in infancy (GAS): an international, multicentre, randomised, controlled equivalence trial. *Lancet*. 2019;393(10172):664-677. doi:10.1016/S0140-6736(18)32485-1
3. Punjasawadwong Y, Phongchiewboon A, Bunchungmongkol N. Bispectral index for improving anaesthetic delivery and postoperative recovery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2014;2014(6):CD003843. doi:10.1002/14651858.CD003843.pub3
4. Avidan MS, Jacobsohn E, Glick D, et al. Prevention of intraoperative awareness in a high-risk surgical population. *New England Journal of Medicine*. 2011;365(7):591-600. doi:10.1056/NEJMoa1100403
5. Chan MTV, Cheng BCP, Lee TMC, Gin T; CODA Trial Group. BIS-guided anesthesia decreases postoperative delirium and cognitive decline. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*. 2013;25(1):33-42. doi:10.1097/ANA.0b013e3182712fba
6. Hayashida M, Chinzei M, Komatsu K, et al. Detection of cerebral hypoperfusion with bispectral index during paediatric cardiac surgery. *British Journal of Anaesthesia*. 2003;90(5):694-698. doi:10.1093/bja/aeg092
7. Williams GD, Ramamoorthy C, Chu L, et al. The impact of processed EEG monitoring on anesthetic drug utilization in children. *Paediatric Anaesthesia*. 2020;30(6):669-677. doi:10.1111/pan.13867
8. Liu N, Chazot T, Hamada S, et al. Closed-loop coadministration of propofol and remifentanil guided by bispectral index: a randomized multicenter study. *Anesthesia & Analgesia*. 2011;112(3):546-557. doi:10.1213/ANE.0b013e318205680b



9. Messina AG, Wang M, Ward MJ, et al. Bispectral Index monitoring is associated with improved outcomes in cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2019;33(12):3279-3287. doi:10.1053/j.jvca.2019.05.047
10. Kussman BD, Wypij D, Laussen PC, et al. Relationship of intraoperative cerebral oxygen saturation to neurodevelopmental outcome and brain magnetic resonance imaging at 1 year of age in infants undergoing biventricular repair. *Circulation*. 2010;122(3):245-254. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.902338
11. Radtke FM, Franck M, Lendner J, et al. Monitoring depth of anaesthesia in a randomized trial decreases the rate of postoperative delirium but not postoperative cognitive dysfunction. *British Journal of Anaesthesia*. 2013;110(Suppl 1):i98-i105. doi:10.1093/bja/aet055
12. Farag E, Chelune GJ, Schubert A, Mascha EJ. Is depth of anesthesia, as assessed by the Bispectral Index, related to postoperative cognitive dysfunction and recovery? *Anesthesia & Analgesia*. 2006;103(3):633-640. doi:10.1213/01.ane.0000228870.48028.b5
13. Johansen JW, Sebel PS, Sigl JC. Clinical impact of hypnotic-titration guidelines based on EEG bispectral index (BIS) monitoring during routine anesthetic care. *Journal of Clinical Anesthesia*. 2000;12(6):433-443. doi:10.1016/s0952-8180(00)00188-3
14. Shepherd J, Jones J, Frampton GK, et al. Clinical effectiveness and cost-effectiveness of depth of anaesthesia monitoring (E-Entropy, Bispectral Index and Narcotrend): a systematic review and economic evaluation. *Health Technology Assessment*. 2013;17(34):1-264. doi:10.3310/hta17340