

I S S N 2 1 8 1 - 1 9 5 4 E I S S N 2 1 8 1 - 1 9 6 2

YEVROSIYO PEDIATRIYA AXBOROTNOMASI

T I B B I Y I L M I Y - I N N O V A T S I O N J U R N A L

ЕВРАЗИЙСКИЙ ВЕСТНИК ПЕДИАТРИИ

МЕДИЦИНСКИЙ НАУЧНО-ИННОВАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

YEVROSIYO PEDIATRIYA AXBOROTNOMASI / ЕВРАЗИЙСКИЙ ВЕСТНИК ПЕДИАТРИИ



№1(24)
2025

СОДЕРЖАНИЕ

Ашурова Д.Т., Садирходжаева А.А.	4
Особенности клинических признаков у детей с сахарным диабетом 1 типа после COVID-19 инфекции	
Чориев Ш.Т., Хамраева Г.Ш.	8
Динамика биспектрального индекса на этапах кардиохирургических вмешательств в условиях искусственного кровообращения у детей с врождёнными пороками сердца: клиническая интерпретация и критические этапы анестезии	
Каримова Н.А., Юсупов Б.Р.	21
Клинико-лабораторные особенности бронхолёгочной патологии у детей	
Рахимова Д.М., Абдуллаев С.У.	29
Современные подходы к оценке нутритивного статуса в педиатрической практике	
Турсунова М.К., Исмоилов А.А.	35
Особенности диагностики и наблюдения детей с хроническими заболеваниями почек	
Назарова Ф.Х., Саидов Ж.Б.	43
Профилактика послеоперационных осложнений в детской хирургии	
Мирзаева Г.С., Ахмедов И.Т.	51
Клиническое значение воспалительных маркеров при внебольничной пневмонии у детей	
Умарова Ш.А., Рустамов А.Н.	59
Особенности иммунного ответа у детей с хроническими заболеваниями	
Садыкова М.Б., Эргашев Н.К.	68
Эхокардиографическая оценка гемодинамики у детей с врождёнными пороками сердца	
Абдурахманова Л.Р., Хасанов О.Ж.	76
Современные методы мониторинга в детской анестезиологии	
Ходжаева З.И., Ниязов Д.С.	84
Клинико-диагностические аспекты метаболических нарушений у детей	
Сафарова Н.У., Юлдашев Р.А.	92
Роль симуляционного обучения в подготовке врачей-педиатров	
Исмаева Д.К., Кадыров Ф.М.	101
Актуальные вопросы реабилитации детей после кардиохирургических вмешательств	
Бекмурадова М.Ш., Алимов К.А.	109
Прогностические критерии тяжёлого течения респираторных инфекций у детей	
Халилова С.Н., Рахматов У.Т.	117
Особенности функциональной диагностики в детской кардиологии	
Тохинова Г.А., Аббасов Д.Ф.	126
Актуальные вопросы профилактики анемии у детей раннего возраста	
Камилова Н.Р., Маматов Ш.У.	134
Современные подходы к периоперационной безопасности в педиатрии	
Султанова Ф.И., Арипов Б.Н.	142
Клинико-иммунологические показатели при хронических заболеваниях у детей	

Главные редакторы:

ДАМИНОВ Б.Т. (Ташкент)

ИВАНОВ Д.О. (Санкт-Петербург)

Сопредседатели редакционной коллегии:

АБЗАЛОВА Ш. Р. (Ташкент)

АИТОВ К.А. (Иркутск)

АЛЕКСАНДРОВИЧ Ю.С. (Санкт-Петербург)

АКИЛОВ Х.А. (Ташкент)

АЛИЕВ М.М. (Ташкент)

АМОНОВ Ш.Э. (Ташкент)

АРИПОВ А.Н. (Ташкент)

АШУРОВА Д.Т. (Ташкент)

БУЗРУКОВ Б.Т. (Ташкент)

ВАЛИЕВ А.Р. (Ташкент)

ГУЛЯМОВ С.С. (Ташкент)

ДАМИНОВА Ш.Б. (Ташкент)

ДУДАРЕВ М.В. (Россия)

Д.К. МУМИНОВ (Ташкент)

ЗАСЛАВСКИЙ Д.В. (Россия)

ИСКАНДАРОВА А.И. (Ташкент)

ИСКАНДАРОВА Ш.Т. (Ташкент)

ИСМАИЛОВ С.И. (Ташкент)

КАРИЕВ Г.М. (Ташкент)

МАДЖИДОВА Ё.Н. (Ташкент)

МУМИНОВ Д.К. (Ташкент)

МУМИНОВ Ш.К. (Ташкент)

НУРХОДЖАЕВ С.Н. (Ташкент)

ОХЛОПКОВ В.А. (Россия)

ПОДКАМНЕВ А.В. (Санкт-Петербург)

ПУЗЫРЕВ В.Г. (Санкт-Петербург)

РАХМАНКУЛОВА З.Ж. (Ташкент)

РАХМАТУЛЛАЕВ А.А. (Ташкент)

ФУЁНГ ЖИАО (Китай)

СОБИРОВ М.А. (Ташкент)

СОДИКОВА Г.К. (Ташкент)

СОХАЧ А.Я. (Ставрополь)

ТАДЖИЕВ Б.М. (Ташкент)

ТАШМУХАМЕДОВА Ф.К. (Ташкент)

ТАДЖИЕВ М.М. (Ташкент)

ТИМЧЕНКО В.Н. (Санкт-Петербург)

ХАИТОВ К.Н. (Ташкент)

ХАЙБУЛЛИНА З.Р. (Ташкент)

ХАСАНОВ С.А. (Ташкент)

ШАМАНСУРОВА Э.А. (Ташкент)

ШАМСИЕВ Ф.М. (Ташкент)

ШАРИПОВ А.М. (Ташкент)

ШКЛЯЕВ А.Е. (Россия)

ЮСУПАЛИЕВА Г.А. (Ташкент)

ЮЛДАШЕВ И.Р. (Ташкент)

ЭРГАШЕВ Н.Ш. (Ташкент)

Публикация рекламы на коммерческой

основе. За правильность рекламного

контента ответственность несет

рекламодатель.

Рекламодатели предупреждены редакцией

об ответственности за рекламу не

регистрированных и не разрешенных к

применению Министерством

здравоохранения РУз лекарственных средств

и предметов медицинского назначения.

Рукописи, фотографии, рисунки не

рецензируются и не возвращаются авторам.

Авторы несут ответственность за

достоверность и разрешение на публикацию

излагаемых фактов, точность цифровых

данных, правильность названий препаратов,

терминов, литературных источников, имен и

фамилий.

**ЕВРОСИЁ ПЕДИАТРИЯ АХБОРОТНОМАСИ
ЕВРАЗИЙСКИЙ ВЕСТНИК ПЕДИАТРИИ**

Тиббий илмий-инновацион журнал.

Медицинский научно-инновационный
журнал.

Учредители:

Ташкентский педиатрический медицинский
институт и Санкт-Петербургский
государственный педиатрический
медицинский университет.

Зарегистрирован агентством информации и
массовых коммуникаций при
Администрации Президента Республики
Узбекистан 08.05.2019 г.

Свидетельство №1023

Журнал с 01.09. 2019 года включен в список
ино странных журналов ВАК Республики
Узбекистан.

Протокол № 268/7 от 30.08. 2019 года.

Заместители главного редактора:

Гулямов С.С., Орел В.И.

Ответственные секретари:

Л.А.Титова, У.У. Абдуллаева

Заведующий редакцией: Абдуллаева У.У.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

АЛИМОВ А.В. (Ташкент)

АСАДОВ Д.А. (Ташкент)

АТАНИЯЗОВА А.А. (Нукус)

АХМЕДОВА Д.И. (Ташкент)

БОРОНБАЕВА Р.З. (Нур-Султан, Казахстан)

ВАСИЛЕНКО В.С. (Санкт-Петербург, Россия)

ДАМИНОВ Т.О. (Ташкент)

ДЕВИЛ Д. (Рим, Италия)

ДЖУМАШАЕВА К.А. (Кыргизистан)

ИНОЯТОВА Ф.И. (Ташкент)

НАБИЕВ З.Н. (Таджикистан)

ОРЕЛ В.И. (Санкт-Петербург, Россия)

ПЕВЕЛЕЦ К.В. (Санкт-Петербург, Россия)

РИКАРДО С. (Вашингтон, США)

КРАСИВИНА Д.А. (Санкт-Петербург, Россия)

СТАРЦЕВ А.И. (Беларусь)

ТУЙЧИЕВ Л.Н. (Ташкент)

ЧОНГ ПЕНГ ЧУНГ (Сеул, Южная Корея)

ШАДМАНОВ А.К. (Ташкент)

ШАМСИЕВ А.М. (Самарканд)

ЭНВЕР ХАСАНОГЛУ (Анкара, Турция)

ЮЛДАШЕВА Н.Ю. (Великобритания)

ЯКОВЛЕВ А.В. (Санкт-Петербург, Россия)

Адрес редакции: Республика Узбекистан,
г. Ташкент 100164, ул Богишамол, дом 223;

Тел: +998 71 260-28-57;

Факс: +998 71 262-33-14;

[https://tashpmi.uz/nauka/nauchnye-
zhurnaly/ zhurnal-evrazijskij-vestnik-pediatrii/](https://tashpmi.uz/nauka/nauchnye-zhurnaly/)

УДК 616.12-007.2-053.2-089.5:616.831-073.97

ДИНАМИКА БИСПЕКТРАЛЬНОГО ИНДЕКСА НА ЭТАПАХ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ У ДЕТЕЙ С ВРОЖДЁННЫМИ ПОРОКАМИ СЕРДЦА: КЛИНИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И КРИТИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ АНЕСТЕЗИИ

Чориев Ш.Т., Хамраева Г.Ш.

Центр развития профессиональной квалификации медицинских работников

АННОТАЦИЯ. Цель исследования: оценить динамику биспектрального индекса (BIS) на основных этапах кардиохирургических вмешательств в условиях искусственного кровообращения (ИК) у детей с врождёнными пороками сердца (ВПС), дать её клиническую интерпретацию с учётом возраста, нозологии и температурного режима перфузии и определить этапы, наиболее уязвимые в отношении нарушений глубины анестезии.

Материал и методы. Проспективное рандомизированное контролируемое исследование выполнено в кардиохирургическом отделении клиники Ихлос (г. Ташкент) в 2024-2025 гг. В исследование включено 127 детей с ВПС, оперированных в плановом порядке в условиях ИК. В группе I ($n = 64$) анестезия проводилась под контролем BIS с целевым диапазоном 40-60 ед., в группе II ($n = 63$) глубина анестезии оценивалась по клиническим критериям, а показания BIS-монитора были скрыты от анестезиолога. Значения BIS анализировались на шести этапах вмешательства.

Результаты. Исходный BIS в группе I составил $96,4 \pm 2,1$ ед. На этапе индукции BIS снижался до $42,3 \pm 6,8$ ед. в группе I и до $38,1 \pm 9,4$ ед. в группе II ($p = 0,003$); у 17,5% пациентов группы II регистрировались значения ниже 30 ед. До начала ИК целевой диапазон поддерживался у 90,6% пациентов группы I против 60,3% группы II ($p < 0,001$). При гипотермической перфузии BIS снижался до $28,4 \pm 5,1$ ед. и тесно коррелировал с назофарингеальной температурой ($r = 0,72$; $p < 0,001$). Доля интраоперационного времени в целевом диапазоне составила $87,3 \pm 6,2\%$ против $61,4 \pm 11,8\%$ ($p < 0,001$), частота верифицированного интраоперационного пробуждения - 1,6% против 11,1% ($p = 0,033$). Наиболее уязвимыми оказались этап индукции (избыточная глубина) и этап согревания после ИК (недостаточная глубина). У детей до 1 года вариабельность BIS была наибольшей ($SD 9,8$ ед.), однако и в этой подгруппе BIS-контроль увеличивал время в целевом диапазоне (79,4% против 52,1%; $p = 0,003$).

Закключение. BIS-мониторинг обеспечивает объективный контроль глубины анестезии на всех этапах кардиохирургического вмешательства у детей с ВПС; его показатели требуют интерпретации с учётом температуры перфузии и возраста ребёнка,

а этапы индукции и согревания после ИК нуждаются в усиленном мониторинге.

Ключевые слова: биспектральный индекс, глубина анестезии, врождённые пороки сердца, детская кардиоанестезиология, искусственное кровообращение, гипотермия, интраоперационное пробуждение.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Врождённые пороки сердца занимают ведущее место в структуре врождённых аномалий развития: по данным глобального метаанализа, их частота достигает около 9 случаев на 1000 живорождённых и продолжает расти по мере совершенствования диагностики [1]. Значительная часть таких детей нуждается в хирургической коррекции в условиях искусственного кровообращения в раннем возрасте. Снижение операционной летальности сместило приоритеты детской кардиоанестезиологии в сторону качества неврологического восстановления и профилактики периоперационного повреждения головного мозга.

Головной мозг ребёнка с ВПС особенно уязвим: у многих пациентов ещё до операции выявляются признаки задержки созревания и повреждения белого вещества, а в ходе ИК, гипотермии и реперфузии на него воздействуют дополнительные повреждающие факторы [2]. В этих условиях нежелательна как избыточная, так и недостаточная глубина анестезии. Избыточная глубина сопровождается депрессией миокарда, артериальной гипотензией и потребностью в вазопрессорах и у взрослых ассоциирована с худшими отдалёнными исходами [3]. Недостаточная глубина ведёт к симпатoadренальной активации, тахикардии, росту потребления кислорода миокардом и риску интраоперационного пробуждения, которое у детей регистрируется чаще, чем у взрослых [4].

Традиционные клинические критерии глубины анестезии - частота сердечных сокращений, артериальное давление, слёзотечение, потоотделение и двигательные реакции - в детской кардиохирургии малоинформативны. Они искажаются исходными гемодинамическими нарушениями, нейромышечной блокадой и

вазоактивной терапией, а в период ИК гемодинамика определяется преимущественно режимом перфузии. Биспектральный индекс, отражающий гипнотический компонент анестезии в виде безразмерной величины от 0 до 100, позволяет объективно оценивать глубину анестезии; согласно систематическому обзору Кокрейновского сотрудничества, анестезия под контролем BIS уменьшает расход анестетиков, ускоряет восстановление и снижает риск пробуждения у пациентов высокого риска [5], что подтверждено и результатами рандомизированного исследования B-Aware [6].

Вместе с тем алгоритм BIS разработан преимущественно на основе ЭЭГ взрослых пациентов, и у детей раннего возраста его показатели могут систематически отличаться от взрослых значений [7]. Кроме того, гипотермия оказывает самостоятельное угнетающее влияние на биоэлектрическую активность мозга [8], и значения BIS в период гипотермического ИК оказываются ниже, чем при нормотермии, при сопоставимом уровне седации [9]. Динамика BIS на последовательных этапах кардиохирургического вмешательства у детей с ВПС, её зависимость от возраста и нозологии, а также этапы, наиболее опасные в отношении нарушений глубины анестезии, изучены недостаточно, что и определило цель настоящего исследования.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить динамику биспектрального индекса на основных этапах кардиохирургических вмешательств в условиях искусственного кровообращения у детей с врождёнными пороками сердца, дать клиническую интерпретацию его показателей с учётом возраста пациента, нозологии порока и температурного режима перфузии и определить этапы, наиболее уязвимые в отношении нарушений глубины анестезии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в кардиохирургическом отделении клиники Ихлос (г. Ташкент, Республика Узбекистан) в период с января 2024 г. по декабрь 2025 г. Дизайн - проспективное рандомизированное контролируемое исследование в параллельных группах с ослеплением оценщика конечных точек. Протокол одобрен локальным этическим комитетом клиники Ихлос (протокол № 14 от 15.01.2024). Информированное согласие получено от родителей или законных представителей каждого пациента в соответствии с Хельсинкской декларацией (редакция 2013 г.).

Критериями включения являлись наличие ВПС, требующего хирургической коррекции в условиях ИК, плановый характер операции, функциональный класс I-III по классификации NYHA/Ross и информированное согласие законных представителей. Критерии исключения: экстренный характер вмешательства, сопутствующая неврологическая патология (детский церебральный паралич, эпилепсия, тяжёлая задержка

психомоторного развития), исходные изменения ЭЭГ, препятствующие интерпретации BIS, повторные операции с предшествующим неврологическим дефицитом, противопоказания к компонентам анестезии, функциональный класс IV и отказ от участия.

В исследование последовательно включено 127 пациентов, рандомизированных в соотношении 1:1 методом конвертов с использованием компьютерной таблицы случайных чисел (Research Randomizer, версия 4.0) со стратификацией по возрасту и сложности порока. В группе I (n = 64) анестезия проводилась под непрерывным контролем BIS с целевым диапазоном 40–60 ед. в нормотермических условиях, и анестезиолог корректировал дозирование препаратов по показаниям монитора. В группе II (n = 63) глубина анестезии оценивалась по стандартным клиническим критериям; BIS-датчики у этих пациентов также устанавливались, однако монитор был закрыт от анестезиолога непрозрачным экраном, что позволяло проводить ретроспективный анализ данных.

Протокол анестезии в обеих группах был стандартизирован. Премедикация - мидазолам 0,5 мг/кг перорально за 30–40 мин до операции. Индукция - пропофол внутривенно, фентанил 3–5 мкг/кг и рокуроний 0,6 мг/кг; поддержание анестезии - севофлуран и фентанил; в период ИК основным компонентом седации служил мидазолам. Группы различались только способом управления дозированием препаратов.

BIS регистрировали монитором BIS Vista Monitoring System (Medtronic, США) с одноразовыми педиатрическими датчиками, накладываемыми в стандартной лобно-височной позиции после обезжиривания кожи. Регистрация начиналась при импедансе электродов менее 5 кОм, индексе качества сигнала (SQI) не менее 80% и уровне электромиографической активности менее 55 дБ; окно сглаживания составляло 15 с. Значения BIS, индекса подавления, ЭМГ и SQI фиксировались с интервалом 1 мин. Проводились инвазивное измерение артериального давления в лучевой артерии, мониторинг ЭКГ, ЧСС и SpO₂ (Philips IntelliVue MX800, Нидерланды), капнография (Dräger Perseus A500, Германия), а также непрерывная назофарингеальная и ректальная термометрия.

Динамику BIS анализировали на шести этапах: T0 - исходный уровень до индукции; T1 - индукция анестезии (через 5 мин после введения индукционных препаратов); T2 - поддержание анестезии до начала ИК; T3 - ИК в условиях нормотермии (температура ядра $\geq 34^{\circ}\text{C}$); T4 - ИК в условиях умеренной или глубокой гипотермии (температура ядра $< 30^{\circ}\text{C}$); T5 - согревание и пробуждение вплоть до экстубации трахеи. Эпизодом неадекватной глубины анестезии считали выход BIS за пределы 40–60 ед. продолжительностью более 5 мин: избыточная глубина - BIS < 40 ед., недостаточная - BIS > 60 ед. Интраоперационное пробуждение верифицировали по совокупности признаков: BIS > 70 ед. более 2 мин в сочетании с двигательной реакцией и/или воспоминаниями об

операции по данным структурированного интервью по протоколу Brice [10] в модификации Sandin [11] через 24 ч после операции у детей старше 4 лет; у детей младшего возраста учитывались поведенческие реакции в раннем послеоперационном периоде, оценка по шкале FLACC и интраоперационные гемодинамические паттерны.

Статистическая обработка выполнена в программе IBM SPSS Statistics 26.0. Количественные показатели представлены в виде $M \pm SD$, качественные - в виде абсолютных чисел и процентов. Для сравнения групп применяли t-критерий Стьюдента или U-критерий Манна-Уитни, для качественных признаков - критерий χ^2 Пирсона, а при ожидаемых частотах менее 5 - точный критерий Фишера. Различия между нозологическими подгруппами оценивали методом дисперсионного анализа, корреляции - с помощью коэффициента Спирмена. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Группы были сопоставимы по нозологической структуре ВПС, возрастному составу, полу и основным параметрам оперативного вмешательства и перфузии (табл. 1), что подтверждает адекватность рандомизации. Наиболее частым пороком в обеих группах был дефект межжелудочковой перегородки (27,6% в совокупности).

Таблица 1

Характеристика пациентов и параметров оперативного вмешательства

Показатель	Группа I (BIS), n = 64	Группа II (контроль), n = 63	p
Нозологическая форма ВПС, n (%)	Нозологическая форма ВПС, n (%)	Нозологическая форма ВПС, n (%)	Нозологическая форма ВПС, n (%)
Дефект межжелудочковой перегородки	18 (28,1)	17 (27,0)	0,884
Дефект межпредсердной перегородки	12 (18,8)	13 (20,6)	0,791
Тетрада Фалло	11 (17,2)	10 (15,9)	0,842
Транспозиция магистральных артерий	7 (10,9)	8 (12,7)	0,763
Открытый атриоventрикулярный канал	6 (9,4)	6 (9,5)	0,981
Стеноз лёгочной артерии	4 (6,3)	4 (6,3)	1,000
Коарктация аорты	3 (4,7)	3 (4,8)	0,978
Прочие ВПС	3 (4,7)	2 (3,2)	0,657
Возрастная подгруппа, n (%)	Возрастная подгруппа, n (%)	Возрастная подгруппа, n (%)	Возрастная подгруппа, n (%)
До 1 года	16 (25,0)	15 (23,8)	0,988
1-3 года	24 (37,5)	24 (38,1)	
3-7 лет	24 (37,5)	24 (38,1)	
Мужской пол, n (%)	34 (53,1)	32 (50,8)	0,788

Показатель	Группа I (BIS), n = 64	Группа II (контроль), n = 63	p
Длительность операции, мин	187,4 $\pm$ 48,3	184,2 $\pm$ 45,7	0,693
Длительность ИК, мин	98,6 $\pm$ 32,4	96,3 $\pm$ 30,8	0,674
Время пережатия аорты, мин	54,8 $\pm$ 18,6	53,2 $\pm$ 17,9	0,601
Температура тела в период ИК, °C	28,4 $\pm$ 2,8	28,1 $\pm$ 2,6	0,543
Умеренная гипотермия (28-32 °C), n (%)	38 (59,4)	37 (58,7)	0,941
Глубокая гипотермия (< 28 °C), n (%)	26 (40,6)	26 (41,3)	0,941

Примечание: данные представлены в виде n (%) или $M \pm SD$; ИК - искусственное кровообращение; p для возрастных подгрупп - общее сравнение распределения по критерию χ^2 .

Исходный уровень BIS. У всех 64 пациентов группы I исходное значение BIS регистрировалось в состоянии бодрствования после наложения датчика при $SQI \geq 80\%$ и ЭМГ < 55 дБ. Ни у одного ребёнка этой группы не было неврологических нарушений: задержки психомоторного и речевого развития, судорожного синдрома, перинатального поражения ЦНС, очаговой симптоматики, патологических изменений на ЭЭГ, когнитивных нарушений, нейрохирургических вмешательств или черепно-мозговых травм в анамнезе. Исходный BIS составил $96,4 \pm 2,1$ ед. при индивидуальном разбросе от 92 до 99 ед., что соответствует состоянию бодрствования и подтверждает корректность работы датчика. Ни у одного пациента не было зарегистрировано патологически сниженных исходных значений, что исключало исходную депрессию сознания, медикаментозную седацию или неврологическую патологию, влияющую на биоэлектрическую активность мозга. Однородность исходных показателей создавала объективную основу для анализа последующей динамики. Следует учитывать, что у детей раннего возраста алгоритм BIS, построенный на ЭЭГ-паттернах взрослых, может давать систематически иные значения [7], поэтому стабильность исходного сигнала в нашей когорте имела принципиальное значение. Значения BIS на этапах вмешательства представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значения BIS на этапах хирургического вмешательства ($M \pm SD$)

Этап	Группа I (BIS), n = 64	Группа II (контроль), n = 63	p
T0 - исходный уровень, ед.	96,4 $\pm$ 2,1	-	0,451
T1 - индукция, ед.	42,3 $\pm$ 6,8	38,1 $\pm$ 9,4	0,003
T2 - поддержание до ИК, ед.	48,7 $\pm$ 4,3	51,4 $\pm$ 8,9	0,041

Этап	Группа I (BIS), n = 64	Группа II (контроль), n = 63	p
Пациенты в диапазоне 40–60 ед. на этапе T2, n (%)	58 (90,6)	38 (60,3)	< 0,001
T3 - ИК, нормотермия, ед.	44,2 ± 5,6	-	0,074
T4 - ИК, гипотермия, ед.	28,4 ± 5,1	-	0,621
T5 - время нарастания BIS с 40 до 80 ед., мин	38,2 ± 8,6	49,9 ± 11,3	< 0,001

Примечание: в группе II значения BIS получены с экранированного монитора; прочерк - абсолютные значения в группе II в первичных данных не приведены, указан только уровень значимости межгрупповых различий; ИК - искусственное кровообращение.

Этап индукции (T1). На этапе индукции BIS закономерно снижался до $42,3 \pm 6,8$ ед. в группе I, тогда как в группе II он составил $38,1 \pm 9,4$ ед. ($p = 0,003$). Более широкий разброс значений в группе II свидетельствует о меньшей управляемости глубины анестезии без объективного мониторинга. У 11 пациентов группы II (17,5%) регистрировались значения BIS ниже 30 ед., что соответствует избыточной глубине анестезии. Данный факт имеет клиническое значение, поскольку чрезмерно глубокая анестезия сопровождается гемодинамической нестабильностью и, по данным Monk T.G. и соавт., ассоциирована с неблагоприятными отдалёнными исходами [3].

Этап поддержания анестезии до ИК (T2). В группе I целевой диапазон 40–60 ед. поддерживался у 58 из 64 пациентов (90,6%), тогда как в группе II эквивалентная глубина анестезии по данным ретроспективного анализа достигалась лишь у 38 из 63 пациентов (60,3%; $\chi^2 = 15,80$; $p < 0,001$). Среднее значение BIS составило $48,7 \pm 4,3$ и $51,4 \pm 8,9$ ед. соответственно ($p = 0,041$), а стандартное отклонение в группе II было вдвое выше, что отражает нестабильность глубины анестезии при ориентации только на клинические признаки.

Этапы ИК (T3 и T4). В условиях нормотермической перфузии BIS в группе I составил $44,2 \pm 5,6$ ед., что соответствовало целевому диапазону. При умеренной и глубокой гипотермии (температура ядра 24–28 °C) BIS закономерно снижался до $28,4 \pm 5,1$ ед. вследствие прямого угнетающего влияния низкой температуры на церебральный метаболизм и биоэлектрическую активность мозга. Корреляционный анализ выявил сильную прямую связь между назофарингеальной температурой и BIS в период гипотермической перфузии ($r = 0,72$; $p < 0,001$). Полученные данные согласуются с результатами Stecker M.M. и соавт., описавших прогрессирующее угнетение ЭЭГ по мере охлаждения [8], и Schmidlin D. и соавт., показавших снижение BIS при гипотермическом ИК по сравнению с нормотермическим при сопоставимой седации [9]. Следовательно, значения BIS в этот период требуют

интерпретации с поправкой на температуру. Отсутствие значимых межгрупповых различий на этапах T3 ($p = 0,074$) и T4 ($p = 0,621$) объясняется тем, что в период ИК, и особенно при гипотермии, значения BIS определяются преимущественно физиологическим влиянием температуры, нивелирующим различия в дозировании анестетиков.

Этап согревания и пробуждения (T5). Нарастание BIS с 40 до 80 ед. в группе I происходило за $38,2 \pm 8,6$ мин, в группе II - за $49,9 \pm 11,3$ мин ($p < 0,001$). Более быстрое восстановление сознания в группе I обусловлено прецизионным дозированием анестетиков на протяжении всей операции, исключавшим их накопление и пролонгированный седативный эффект. При этом значения BIS к моменту пробуждения в группах не различались ($p = 0,318$), что отражает завершение действия анестетиков в обеих группах.

Влияние нозологии ВПС. Значения BIS на этапе поддержания анестезии в группе I в зависимости от нозологии порока представлены в таблице 3.

Таблица 3

Значения BIS на этапе поддержания анестезии (T2) в зависимости от нозологии ВПС в группе I

Нозологическая форма	n	BIS, ед. (M ± SD)	Доля времени в диапазоне 40–60 ед., %
Дефект межжелудочковой перегородки	18	49,1 ± 4,1	91,2
Дефект межпредсердной перегородки	12	50,3 ± 3,8	92,4
Тетрада Фалло	11	46,8 ± 5,2	88,6
Транспозиция магистральных артерий	7	45,4 ± 6,1	84,3
Открытый атриовентрикулярный канал	6	48,9 ± 4,7	89,7
Стеноз лёгочной артерии	4	50,1 ± 3,4	93,1
Коарктация аорты	3	49,7 ± 4,9	90,8
Прочие ВПС	3	47,6 ± 5,3	86,4
В целом по группе I	64	48,7 ± 4,3	90,6

Примечание: различия средних значений BIS между нозологическими подгруппами по данным дисперсионного анализа незначимы ($F = 1,24$; $p = 0,291$).

Наименьшая доля времени в целевом диапазоне зафиксирована у пациентов с транспозицией магистральных артерий (84,3%), что связано с гемодинамической нестабильностью этой категории больных и необходимостью частой коррекции анестезии. Наибольшая стабильность отмечалась при стенозе лёгочной артерии и дефекте межпредсердной перегородки (93,1% и 92,4%), что объясняется менее выраженными нарушениями гемодинамики и более предсказуемым ответом на анестетики. Дисперсионный анализ не выявил значимых различий средних значений BIS между

нозологическими подгруппами ($F = 1,24$; $p = 0,291$), что свидетельствует об универсальности метода применительно к различным ВПС. У пациентов с цианотическими пороками (тетрада Фалло, транспозиция магистральных артерий) исходные значения BIS не отличались от таковых при ацианотических пороках ($p = 0,214$), однако для достижения целевого BIS на этапе поддержания требовались меньшие концентрации анестетиков. Это косвенно указывает на повышенную чувствительность ЦНС к анестетикам на фоне хронической гипоксемии и согласуется с данными Andropoulos D.B. и соавт. о задержке созревания головного мозга у детей с ВПС [2].

Влияние возраста. Пациенты были распределены на три возрастные подгруппы: до 1 года ($n = 31$), 1-3 года ($n = 48$) и 3-7 лет ($n = 48$). У детей до 1 года вариабельность BIS на этапе поддержания анестезии была достоверно выше, чем в старших подгруппах (табл. 4).

Таблица 4

Стабильность глубины анестезии в возрастных подгруппах

Возрастная подгруппа	n (группа I / группа II)	SD BIS на этапе T2, ед.	Время в диапазоне 40-60 ед., % (группа I)	Время в диапазоне 40-60 ед., % (группа II)	p
До 1 года	16 / 15	9,8	79,4	52,1	0,003
1-3 года	24 / 24	6,2	88,7	60,8	< 0,001
3-7 лет	24 / 24	4,7	93,1	65,2	< 0,001

Примечание: SD - стандартное отклонение значений BIS; p - значимость различий между группами I и II внутри возрастной подгруппы.

Стандартное отклонение BIS у детей до 1 года составило 9,8 ед. против 6,2 ед. в подгруппе 1-3 лет и 4,7 ед. в подгруппе 3-7 лет ($p = 0,001$ и $p < 0,001$ соответственно). Это согласуется с данными Denman W.T. и соавт., показавших, что у младенцев соотношение BIS и концентрации анестетика отличается от такового у детей старшего возраста [7], и отражает незрелость ЭЭГ-паттернов, на анализе которых основан алгоритм BIS. Тем не менее даже у детей первого года жизни BIS-контроль достоверно увеличивал долю времени в целевом диапазоне (79,4% против 52,1%; $p = 0,003$), а в старших подгруппах эта разница была ещё более выраженной. Таким образом, метод сохраняет информативность во всех возрастных группах, однако у детей до 1 года требует более тщательной интерпретации с учётом клинического контекста.

Эпизоды неадекватной глубины анестезии. Суммарная доля интраоперационного времени с выходом BIS за пределы целевого диапазона составила 12,7% в группе I и 38,6% в группе II ($p < 0,001$). Частота и структура нарушений представлены в таблице 5.

Таблица 5

Частота и структура эпизодов неадекватной глубины анестезии

Показатель	Группа I (BIS), n = 64	Группа II (контроль), n = 63	p
Доля времени в диапазоне 40-60 ед., %	87,3 ± 6,2	61,4 ± 11,8	< 0,001
Доля времени с BIS < 40 ед. (избыточная глубина), %	8,4 ± 4,1	22,7 ± 8,6	< 0,001
Доля времени с BIS > 60 ед. (недостаточная глубина), %	4,3 ± 2,8	15,9 ± 7,3	< 0,001
Пациенты с ≥ 1 эпизодом BIS < 40 ед., n (%)	19 (29,7)	41 (65,1)	< 0,001
Пациенты с ≥ 1 эпизодом BIS > 60 ед., n (%)	14 (21,9)	38 (60,3)	< 0,001
Верифицированное интраоперационное пробуждение, n (%)	1 (1,6)	7 (11,1)	0,033

Примечание: данные представлены в виде $M \pm SD$ или n (%); p - критерий Манна-Уитни, χ^2 Пирсона или точный критерий Фишера (интраоперационное пробуждение).

Эпизоды избыточной глубины анестезии (BIS < 40 ед.) сопровождалась артериальной гипотензией (снижение среднего АД более чем на 20% от исходного) у 63,2% пациентов группы I с данным нарушением и у 68,3% группы II ($p = 0,681$), брадикардией (ЧСС < 60 уд/мин) - у 26,3% и 29,3% соответственно ($p = 0,812$). Отсутствие различий в частоте сопутствующих гемодинамических нарушений объясняется тем, что в группе I эти эпизоды были более кратковременными и своевременно корректировались. Эпизоды недостаточной глубины (BIS > 60 ед.) в группе I сопровождалась увеличением ЧСС в среднем на $14,3 \pm 4,8$ уд/мин и среднего АД на $12,7 \pm 3,9$ мм рт. ст. относительно предшествующих значений ($p < 0,001$), что является классическим клиническим коррелятом недостаточной антиноцицептивной защиты. В группе II аналогичные реакции наблюдались у 60,3% пациентов с BIS > 60 ед. и в ряде случаев не были своевременно распознаны.

Распределение эпизодов неадекватной глубины анестезии по этапам вмешательства представлено в таблице 6.

Таблица 6

Распределение эпизодов неадекватной глубины анестезии по этапам вмешательства, n (%)

Этап	BIS < 40 ед., группа I	BIS < 40 ед., группа II	p	BIS > 60 ед., группа I	BIS > 60 ед., группа II	p
T1 - индукция	8 (12,5)	18 (28,6)	0,025	2 (3,1)	4 (6,3)	0,440
T2 - подержание до ИК	5 (7,8)	14 (22,2)	0,023	4 (6,3)	17 (27,0)	0,002
T3 - ИК, нормотермия	4 (6,3)	9 (14,3)	0,135	3 (4,7)	11 (17,5)	0,022

Этап	BIS < 40 ед., группа I	BIS < 40 ед., группа II	p	BIS > 60 ед., группа I	BIS > 60 ед., группа II	p
T4 - ИК, гипотермия	2 (3,1)	3 (4,8)	0,680	0	1 (1,6)	0,496
T5 - согревание/ пробуждение	0	1 (1,6)	0,496	5 (7,8)	15 (23,8)	0,013

Примечание: p - критерий χ^2 Пирсона, при ожидаемых частотах < 5 - точный критерий Фишера; ИК - искусственное кровообращение.

Наибольшее число эпизодов избыточной глубины анестезии в обеих группах приходилось на этап индукции (12,5% и 28,6%; p = 0,025), тогда как эпизоды недостаточной глубины были наиболее характерны для поддержания анестезии до ИК (6,3% и 27,0%; p = 0,002) и этапа согревания после ИК (7,8% и 23,8%; p = 0,013). На этапе гипотермической перфузии нарушения глубины анестезии в обеих группах были единичными, что подтверждает доминирующее влияние гипотермии на церебральную активность в этот период.

Этап согревания после ИК (переход от T4 к T3) характеризовался наиболее быстрым нарастанием BIS - в среднем на $8,3 \pm 2,1$ ед./мин в группе I и на $9,1 \pm 2,8$ ед./мин в группе II (p = 0,091). Данный период является наиболее уязвимым с точки зрения риска интраоперационного пробуждения, поскольку гипотермический компонент угнетения ЦНС устраняется быстро и непредсказуемо. Именно на этом этапе в группе I было выполнено наибольшее число корригирующих вмешательств: дополнительное введение мидазолама у 12 пациентов (18,8%) и увеличение концентрации севофлурана у 9 пациентов (14,1%), что стало возможным благодаря своевременной регистрации нарастания BIS.

Верифицированное интраоперационное пробуждение зафиксировано у 1 пациента группы I (1,6%) и у 7 пациентов группы II (11,1%; p = 0,033). Единственный случай в группе I произошёл в период ИК на этапе согревания, когда нарастание BIS не было своевременно замечено анестезиологом. В группе II 4 из 7 случаев (57,1%) произошли в период ИК и 3 (42,9%) - на этапе поддержания анестезии до ИК, причём ретроспективный анализ не выявил гемодинамических реакций, которые могли бы послужить предупреждающим сигналом. Частота пробуждения в контрольной группе превышает показатель 0,8%, приведённый Davidson A.J. и соавт. для общей педиатрической популяции [4], что объясняется особенностями кардиохирургического вмешательства: стремлением к поддержанию гемодинамической стабильности за счёт ограничения гипнотического компонента и маскировкой клинических признаков в условиях ИК. Снижение частоты пробуждения при BIS-контроле согласуется с результатами исследования B-Aware [6] и Кокрейновского обзора [5], а также с данными Bannister C.F. и соавт. о более точном дозировании анестетиков у детей под контролем BIS [12]; вместе с тем небольшое число событий требует

подтверждения на более крупных выборках.

Таким образом, BIS-мониторинг в нашем исследовании продемонстрировал высокую информативность как метод объективного контроля глубины анестезии у детей с ВПС на всех этапах кардиохирургического вмешательства. Его показатели при этом требуют интерпретации в контексте температурного режима перфузии, возраста ребёнка и клинической картины, а наибольшего внимания анестезиолога заслуживают этапы индукции и согревания после ИК.

ВЫВОДЫ

BIS-мониторинг является информативным методом объективного контроля глубины анестезии при кардиохирургических вмешательствах в условиях искусственного кровообращения у детей с врождёнными пороками сердца: при исходном уровне $96,4 \pm 2,1$ ед., подтверждающем неврологическую сохранность пациентов, BIS-контроль обеспечил поддержание целевого диапазона 40–60 ед. в течение 87,3% интраоперационного времени против 61,4% при ориентации на клинические критерии, сократил долю времени с избыточной и недостаточной глубиной анестезии почти в три раза и снизил частоту верифицированного интраоперационного пробуждения с 11,1% до 1,6%. В период гипотермической перфузии BIS снижается до $28,4 \pm 5,1$ ед. независимо от дозирования анестетиков и тесно связан с назофарингеальной температурой (r = 0,72), что требует температурной поправки при интерпретации его значений. Наиболее уязвимыми этапами являются индукция, на которой преобладают эпизоды избыточной глубины анестезии, и согревание после ИК, характеризующееся быстрым нарастанием BIS и риском недостаточной глубины анестезии и пробуждения, что диктует необходимость усиленного мониторинга именно на этих этапах. Информативность BIS сохраняется при всех изученных нозологиях ВПС и во всех возрастных группах, однако у детей первого года жизни, отличающихся наибольшей вариабельностью показателей, и у пациентов с цианотическими пороками, имеющих повышенную чувствительность к анестетикам, данные мониторинга требуют более осторожной клинической интерпретации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Liu Y, Chen S, Zühlke L, et al. Global birth prevalence of congenital heart defects 1970–2017: updated systematic review and meta-analysis of 260 studies. *Int J Epidemiol.* 2019;48(2):455–463.
2. Andropoulos DB, Hunter JV, Nelson DP, et al. Brain immaturity is associated with brain injury before and after neonatal cardiac surgery with high-flow bypass and cerebral oxygenation monitoring. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;139(3):543–556.
3. Monk TG, Saini V, Weldon BC, Sigl JC. Anesthetic management and one-year mortality after noncardiac surgery. *Anesth Analg.* 2005;100(1):4–10.

4. Davidson AJ, Huang GH, Czarnecki C, et al. Awareness during anesthesia in children: a prospective cohort study. *Anesth Analg*. 2005;100(3):653–661.
5. Punjasawadwong Y, Phongchiewboon A, Bunchungmongkol N. Bispectral index for improving anaesthetic delivery and postoperative recovery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;(6):CD003843.
6. Myles PS, Leslie K, McNeil J, Forbes A, Chan MTV. Bispectral index monitoring to prevent awareness during anaesthesia: the B-Aware randomised controlled trial. *Lancet*. 2004;363(9423):1757–1763.
7. Denman WT, Swanson EL, Rosow D, et al. Pediatric evaluation of the bispectral index (BIS) monitor and correlation of BIS with end-tidal sevoflurane concentration in infants and children. *Anesth Analg*. 2000;90(4):872–877.
8. Stecker MM, Cheung AT, Pochettino A, et al. Deep hypothermic circulatory arrest: I. Effects of cooling on electroencephalogram and evoked potentials. *Ann Thorac Surg*. 2001;71(1):14–21.
9. Schmidlin D, Hager P, Schmid ER. Monitoring level of sedation with bispectral EEG analysis: comparison between hypothermic and normothermic cardiopulmonary bypass. *Br J Anaesth*. 2001;86(6):769–776.
10. Brice DD, Hetherington RR, Utting JE. A simple study of awareness and dreaming during anaesthesia. *Br J Anaesth*. 1970;42(6):535–542.
11. Sandin RH, Enlund G, Samuelsson P, Lennmarken C. Awareness during anaesthesia: a prospective case study. *Lancet*. 2000;355(9205):707–711.
12. Bannister CF, Brosius KK, Sigl JC, Meyer BJ, Sebel PS. The effect of bispectral index monitoring on anesthetic use and recovery in children anesthetized with sevoflurane in nitrous oxide. *Anesth Analg*. 2001;92(4):877–881.