

ИЗМЕНЕНИЯ ЭЭГ И БИС ИНДЕКСА ВО ВРЕМЯ ИНГАЛЯЦИОННОЙ АНЕСТЕЗИИ У ДЕТЕЙ

Ю. И. Ивахненко, Б. Д. Бабаев, И. Ф. Острейков

Тушинская детская городская больница;
Кафедра анестезиологии, реаниматологии и токсикологии детского возраста РМАПО, Москва

Changes in EEG and Bispectral Index in Children during Inhalation Anesthesia

Yu. I. Ivakhnenko, B. D. Babayev, I. F. Ostreikov

Tushino Children's City Hospital, Moscow
Department of Childhood Anesthesiology, Reanimatology, and Toxicology,
Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow

Цель исследования — оценить биспектральный (БИС) индекс и электроэнцефалографические (ЭЭГ) изменения во время анестезии галотаном, севофлураном и последовательной комбинации севофлурана и изофлурана с учетом возраста. **Материал и методы.** 60 детей от 3-х до 17-и лет, которым проводили плановые операции, были произвольно включены в 3-е группы (в количестве 20 в каждой группе): 1-я — с анестезией галотаном; 2-я — с анестезией севофлураном; и 3-я — с последовательной комбинацией севофлурана и изофлурана. Для анестезии во всех группах использовалась кислородно-закисная смесь в отношении 1:1. Регистрацию ЭЭГ (6-канальный компьютерный энцефалограф) и индекса БИС (версия XP) проводили непрерывно в течение всей анестезии, кроме момента перехода на изофлуран в 3-й группе. **Результаты.** В группе пациентов с анестезией галотаном на ЭЭГ регистрировалась постепенная редукция основного ритма, увеличение медленной активности с восстановлением ритма при пробуждении. Индекс БИС изменялся с 96–99 до 19–36 с подъемом до 80–87 при пробуждении. Во 2-й и 3-й группах, где для вводной анестезии применялся севофлуран, на ЭЭГ регистрировался заостренный α -ритм, увеличение амплитуды, синхронизация ритма. Значение БИС изменялось с 96–99 до 19–37. При поддержании во 2-й группе БИС устанавливался на уровне от 30 до 40. При пробуждении — от 82 до 87. На этапе анестезии с изофлураном в 3-й группе ЭЭГ картина изменялась в сторону синхронизации ритма и появления медленных колебаний во всех отведениях. Индекс БИС составил 30–39 при поддержании анестезии и 80–86 при пробуждении. **Заключение.** Во всех исследуемых группах показатели мониторинга ЭЭГ и БИС индекса соответствовали клиническому течению и глубине анестезии. Сопоставление клинических данных течения анестезии и показателей ЭЭГ и БИС мониторинга позволило сделать вывод о том, что технология БИС может быть информативна у детей. **Ключевые слова:** ингаляционная анестезия, электроэнцефалография, БИС мониторинг, изофлуран, севофлуран, галотан.

Objective: to estimate bispectral (BIS) index and electroencephalographic (EEG) changes during anesthesia with halothane, sevoflurane, and a successive combination of sevoflurane and isoflurane, by taking into account age. **Subjects and methods.** Sixty children aged 3 to 17 years, who had undergone elective surgery, were randomized to 3 groups of 20 children each: 1) halothane anesthesia; 2) sevoflurane anesthesia; and 3) a successive combination of sevoflurane and isoflurane. A 1:1 oxygen-nitrous oxide mixture was used for anesthesia in all the groups. EEG (using a 6-channel computer-assisted encephalograph) and bispectral index (XP version) was continuously recorded throughout the anesthesia, except the transition to isoflurane in Group 3. **Results.** In the halothane group, EEG displayed a gradual reduction in basic rhythm, an increase in slow activity with the rhythm being recovered on emergence. The BIS index changed from 96–99 to 19–36 with a spike of up to 80–87 on emergence. In Groups 2 and 3 where the induction of anesthesia used sevoflurane, EEG recorded a pointed α -rhythm, increased amplitude, and rhythm synchronization. The BIS value changed from 96–99 to 19–37. In Group 2, it was 30 to 40 on anesthesia maintenance and up to 82–87 on emergence. In Group 3, the isoflurane anesthesia stage changed EEG patterns towards rhythm synchronization and gave rise to slow fluctuations in all leads. The BIS index was 30–39 on anesthesia maintenance and 80–86 on emergence. **Conclusion.** EEG and BIS index monitoring values corresponded to the clinical course and depth of anesthesia. The comparison of the clinical data of the course of anesthesia and the values of EEG and BIS monitoring could lead to the conclusion that BIS technology might be of informative value in children. **Key words:** inhalation anesthesia, electroencephalography, BIS monitoring, isoflurane, sevoflurane, halothane.

Одним из направлений современной анестезиологии является поиск наиболее информативного метода, отражающего глубину анестезии. Это направление не-

возможно развивать без использования в клинической анестезиологии нейрофизиологических методов исследования, таких как ЭЭГ и биспектральный анализ. Взаимосвязь ЭЭГ и БИС с функцией ЦНС обеспечивает индикацию устойчивости и реактивности пациента в интраоперационных условиях. Изменения биоэлектрической активности мозга (БЭАМ) могут предупредить об изменении состояния пациента, которое может сви-

Адрес для корреспонденции (Correspondence to):

Ивахненко Юрий Иванович
E-mail: ju.ivah@gmail.com

детельствовать о необходимости дополнительной оценки мозговой активности, адекватной анестезии и перфузии [1, 2]. Оценивать результаты глубины анестезии энцефалографическими методами необходимо с учетом возраста [3–5]. Не существует единого мнения о применении БИС технологии у детей. Оценивая влияние индекса БИС при анестезии различными агентами и в зависимости от возраста, JGM. Klockars et al. (2006) и E. Wodey et al. (2005) отметили несостоятельность технологии БИС у новорожденных и детей дошкольного возраста [6,7]. Несколько противоположные результаты приводят C-S. Degoute et al. (2001), D. W. Simon et al. (2004) и В. В. Лазарев (2009), в исследованиях которых было установлено, что производительность БИС у детей старше 6 месяцев может быть подобна взрослым [8–10]. М. Е. McCann et al. (2002) привел данные о том, что алгоритм и шкала расчета БИС индекса достоверно отражают у детей и у взрослых одинаковое клиническое состояние во время анестезии [11]. Учитывая значительный интерес и противоречивость суждений о применении биспектрального анализа в педиатрии, была предпринята настоящая работа.

Цель исследования — оценить глубину анестезии с использованием метода ЭЭГ и биспектрального анализа с учетом возраста на всех этапах анестезии с применением галотана, севофлурана и последовательной комбинации севофлурана и изофлурана с кислородно-закисной смесью.

Материал и методы

Исследование проводили по шкале ASA I и II класса у 60-и детей в возрасте от 3-х до 17-и лет, которые были прооперированы в отделении плановой хирургии (продолжительность операции варьировалась от 30-и мин до 1-го часа) (табл. 1). Средний возраст составил 10 лет ($\pm 3,64$), средний вес составил 37,3 кг ($\pm 14,45$).

Во всех группах вводилась премедикация за 30 мин до начала вводной анестезии раствором атропина в дозе 0,01 мг/кг внутримышечно. Больные были распределены на 3-и группы по 20 человек. 1-я группа — с анестезией галотаном, 2-я — с анестезией севофлураном. И 3-я группа — с последовательной анестезией севофлураном и изофлураном. Во всех группах использовали кислородно-закисную смесь в отношении 1:1.

На волосистую часть головы в проекции обоих полушарий накладывали чашечные хлорсеребряные электроды энцефалографа согласно международной схеме «10–20%» [12, 13]. Во всех

группах до анестезии регистрировалась фоновая активность для оценки общемозговых изменений и возрастных особенностей коркового ритма. Запись сопровождалась однократным тестом световой стимуляции (открытие и закрытие глаз по команде) с целью регистрации α -ритма. Запись ЭЭГ проводили 6-канальным компьютерным энцефалографом («Ates Medica Device», программное обеспечение Neurotravel версии 2.5.2). Применяли монополярную регистрацию по 6-канальной схеме (Fp1-RF, Fp2-RF, T3-RF, T4-RF, O1-RF, O2-RF) с лобно-полюсных, височных и затылочных областей в проекции правого и левого полушарий. Электроды фиксировали вокруг головы резиновым ремешком. Референтный электрод (RF) располагали на переносице. Импеданс электродов контролировался автоматически и поддерживался не менее 10 кОм. Полосовые фильтры энцефалографа были установлены в пределах: верхняя частота — 70 Гц, нижняя частота — 0,53 Гц; чувствительность — 7 мкВ/мм; скорость записи — 30 мм/с. После регистрации ЭЭГ в сознании, не снимая электродов, пациента помещали на операционный стол, при этом тестируют электроды на импеданс и на возможное смещение с места фиксации. Затем на лоб пациента накладывали одноразовые сенсоры БИС, следуя инструкции руководства по эксплуатации прибора, после предварительного обезжиривания поверхности кожи. Датчик (применялся совместимый датчик BIS Sensor XP) соединялся с БИС монитором BIS A-2000 XP («Aspect Medical Systems», США). Регистрация потенциалов начиналась после установки импеданса электродов менее 7,5 кОм. Регистрация БИС индекса осуществлялась непрерывно в состоянии сохраненного сознания и до клинических признаков пробуждения. Загрузки монитора фирмы Аспект считывались каждые 5 с. Окно сглаживания составляло 15 с, период обновления — 2 с. Реальные значения БИС регистрировали в интервале 1 мин. Данные были загружены в компьютер для последующего анализа с помощью программы BIS View (разработка компании «Атес Медика софт», Россия).

Использовался стандартный мониторинг: капнография, измерение сатурации и неинвазивного АД, ЧСС, термометрия, состав газовой смеси на выдохе.

В течение всех оперативных вмешательств анестезию проводили аппаратно-масочным способом на спонтанном дыхании пациента с помощью наркозно-дыхательного аппарата Primus («Dräger», Германия). Поток свежего газа в контуре во время анестезии составлял 4 л/мин. Газовый состав дыхательного контура и концентрацию анестетиков в конце выдоха (Ethal-галотана, Etsev-севофлурана, Etiso-изофлурана) определяли с помощью встроенного в наркозно-дыхательный аппарат Primus («Dräger», Германия). Для подачи ингаляционных анестетиков применяли испарители Vapor 2000 («Dräger», Германия) для галотана, севофлурана и изофлурана. Углекислый газ измерялся с помощью встроенного капнографа.

Индукцию анестезии в 1-й группе проводили пошаговым методом, во 2-й группе — методом болюсной индукции, в 3-й группе — севофлураном также болюсным способом, а поддержание анестезии осуществлялось ингаляцией изофлурана. Ре-

Таблица 1

Характеристики пациентов

Проведенные оперативные вмешательства	Пол	
	мальчики (n=38)	девочки (n=22)
Иссечение сперматоцеле	2	
Меатопластика	1	
Низведение яичка	3	
Орхопексия	2	
Паховое грыжесечение	6	12
Перевязка тестикулярных вен	9	
Пластика пупочного кольца	5	10
Удаление кисты придатка яичка	2	
Циркумцизия	8	

Показатели течения анестезии

Этап анестезии	Группа	ЧСС (в 1 мин)	СисАД (мм рт. ст.)	САД (мм рт. ст.)	pCO ₂ (мм рт. ст.)
Индукция	1-я	93(±16)	98(±11)	63(±8)	24(±6)
Поддержание		110(±16)	101(±11)	69(±8)	26(±6)
Пробуждение		107(±9)	103(±12)	65(±10)	24(±5)
Индукция	2-я	109(±23)	101(±1)	61(±10)	25(±8)
Поддержание		97(±16)	94,7(±5)	54,3(±7)	25(±4)
Пробуждение		103(±12)	96(±7)	62(±7)	28(±6)
Индукция	3-я	112(±24)	100(±11)	62(±10)	26(±3)
Поддержание		117(±21)	105(±13)	57(±6)	31(±7)
Пробуждение		107(±11)	105(±11)	63(±8)	25(±4)

Примечание. ЧСС — частота сердечных сокращений; СисАД — систолическое артериальное давление; САД — среднее артериальное давление; pCO₂ — парциальное давление углекислого газа. Указаны средние значения. В скобках даны стандартные отклонения.

гистрировали параметры ЭЭГ, Ethal и Etsev в 1-й и во 2-й группах непрерывно в течение всей анестезии, в 3-й группе — на этапе индукции ЭЭГ и Etsev. Затем, после перехода с севофлурана на изофлуран, регистрация ЭЭГ прекращалась до того момента, пока не была достигнута концентрация Etiso 1,5–2 МАК (минимальная альвеолярная концентрация). Запись ЭЭГ возобновлялась через 5 мин балансировки, когда на дисплее газоанализатора появлялось значение концентрации изофлурана, соответствующее концентрации, установленной на испарителе. Во всех 3-х группах сбор данных был разделен на 3 периода анестезиологического пособия: индукция, поддержание и пробуждение. Начало периода пробуждения регистрировалось с момента прекращения подачи анестетика. Показатели течения всех этапов анестезии ЧСС, среднее значение систолического АД, среднее АД, частота дыхания (ЧД), парциальное давление углекислого газа в выдыхаемой газовой смеси (pCO₂), насыщение гемоглобина кислородом артериальной крови (SaO₂) представлены в табл. 2. Анальгетики и опиаты не использовали в течение всего анестезиологического пособия. Послеоперационное обезболивание проводили раствором трамадола в дозе 1 мг/кг внутримышечно.

Параметры ЭЭГ анализировали визуально с оценкой всех составляющих ритмов и с учетом возрастных особенностей обще мозговых изменений, выявляющихся во время анестезии, и с помощью трехмерных спектральных карт. Для оценки данных БИС анализа использовали цифровое значение шкалы БИС, тренды, индекс качества сигнала, индикатор электромиограммы, коэффициент подавления, показатель частоты 95% мощности сигнала. Статистическую обработку наблюдаемых параметров и полученных результатов выполняли на персональном компьютере с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 [14].

Результаты и обсуждение

Индукция севофлураном во 2-й и 3-й группах привела к более быстрой депрессии тренда БИС, чем галотаном в 1-й группе. Среднее значение БИС индекса во время индукции в 1-й группе рассчитывалось с 4-й мин регистрации от начала анестезии до 8-й мин и составило 38±11; во 2-й группе — с 1-й мин до 4-й мин (28±10); в 3-й группе — с 1-й мин и до момента перехода на изофлуран (27±10).

ЭЭГ до анестезии (запись фона) у всех исследуемых пациентов характеризовалась сформированным, регулярным, выраженным, фрагментами веретенообразным во всех областях коры α -ритмом, с преобладанием в затылочных отведениях. Частота α -ритма варьи-

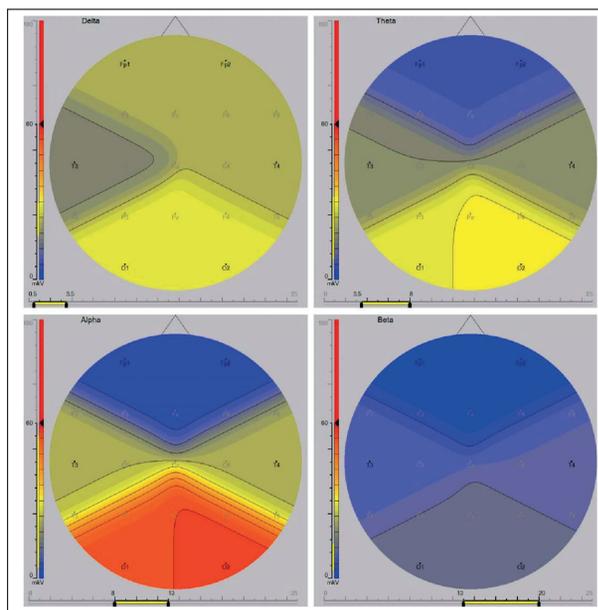


Рис. 1. Спектральная карта ЭЭГ в сознании (фоновая запись). На рисунке представлена спектральная карта, содержащая схематичное двухмерное изображение головы, на которой цветом выделены области с различной амплитудой мощности спектра. В левой верхней части окна находится метка, идентифицирующая диапазон частот («Дельта», «Тэта», «Альфа», «Бета»). По оси абсцисс отмечен диапазон частот (Гц), в пределах которого рассчитывается спектр. По оси ординат располагается шкала соответствия между величиной амплитуды (мкВ) по градации цвета и значением картируемой частоты. На этой шкале обозначен минимум и максимум амплитуды картируемой частоты по всей карте. Выделенными точками обозначены активные электроды, соответствующие локализации на поверхности головы пациента (Fr — лобная область, T — теменная, O — затылочная; четные цифровые индексы означают проекцию правого полушария, нечетные — левого).

ровала от 7,5–8 в 1с у детей в возрасте 5–9-и лет, до 10–12 в 1с в возрасте 10–12-и лет и до 10 в 1с в возрасте 13–15-и лет с выраженной реакцией активации на световой раздражитель (открытие глаз). Амплитуда колебаний составляла 50–100 мкВ. Наряду с основным ритмом наблюдали диффузные низкоамплитудные медленные волны θ -диапазона, с наложением частых колебаний β -ритма (рис. 1).

Параметры ЭЭГ у пациентов в 1-й группе во время индукции характеризовались постепенным нараста-

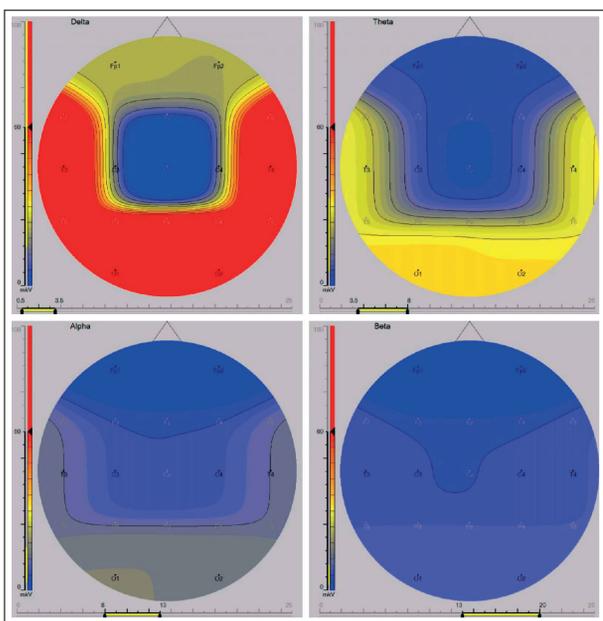


Рис. 2. Спектральная карта ЭЭГ во время индукции в 1-й группе.

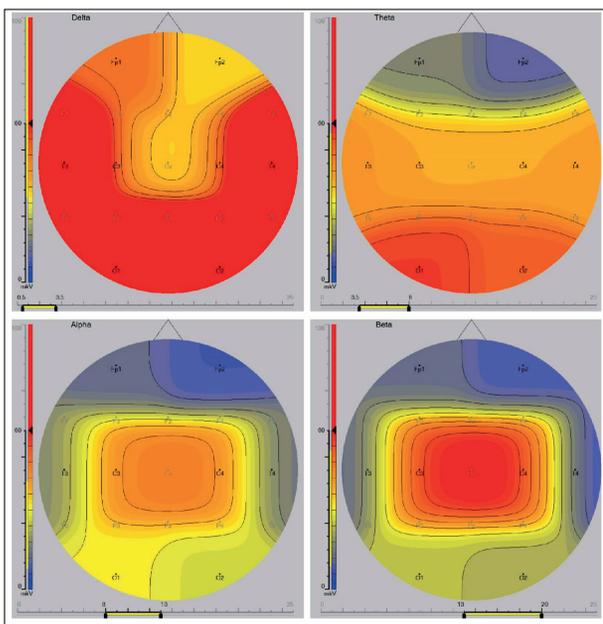


Рис. 3. Спектральная карта ЭЭГ во время поддержания в 1-й группе.

нием амплитуды и повышением синхронизации на фоне основного коркового ритма. На 5-й минуте анестезии отмечалась дезорганизация α -ритма и появление медленных ритмов θ -диапазона (рис. 2). На этапе поддержания регистрировалась депрессия θ -ритма, снижение амплитуды, появление большого количества диффузных медленных колебаний α -диапазона (рис. 3). При пробуждении постепенно корковый ритм восстанавливался с повышением амплитуды и уменьшением количества медленных колебаний (рис. 4). Во время регистрации пароксизмальной активности не отмечалось.

Визуальный анализ ЭЭГ во время индукции анестезии с севофлураном во 2-й группе выявил снижение уровня биоэлектрической активности по сравнению с исходным

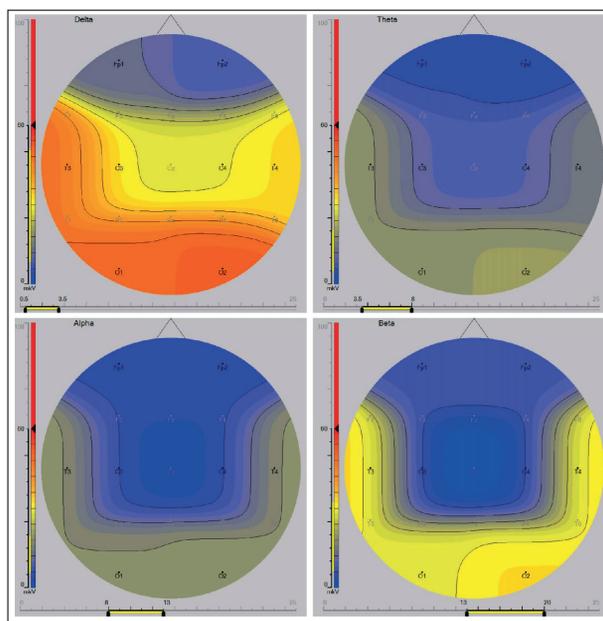


Рис. 4. Спектральная карта ЭЭГ во время пробуждения в 1-й группе.

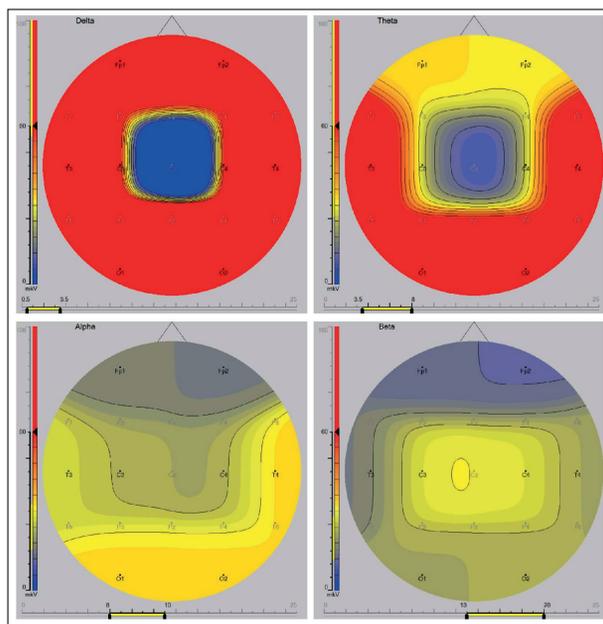


Рис. 5. Спектральная карта ЭЭГ во время индукции во 2-й группе.

фоном, появление заостренного α -ритма высокой амплитуды в центральных областях на 2-й минуте индукции, синхронизацию ритма, по-видимому, за счет гипервентиляции (рис. 5). После индукции севофлураном на этапе поддержания анестезии, когда контур был заполнен изофлураном и больному поступал анестетик в количестве 2 МАК, ЭЭГ картина изменялась. Была зарегистрирована редукция α -ритма с преобладанием медленных колебаний θ -диапазона во всех отведениях. В наиболее травматичные этапы в условиях адекватной анестезии на ЭЭГ не отмечалось каких-либо изменений в ритме (регистрировалась низкоамплитудная медленно-волновая активность во всех отведениях) (рис. 6). У части больных было отмечено незначительное увеличение колебаний бета-диапазона. К моменту пробуж-

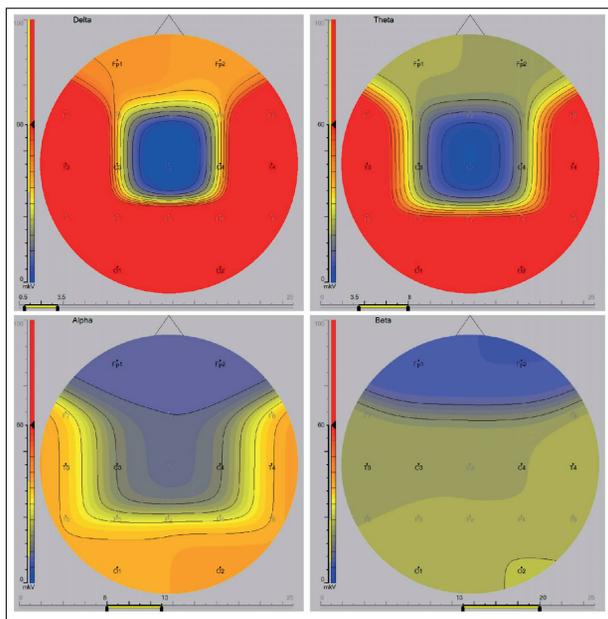


Рис. 6. Спектральная карта ЭЭГ во время поддержания во 2-й группе.

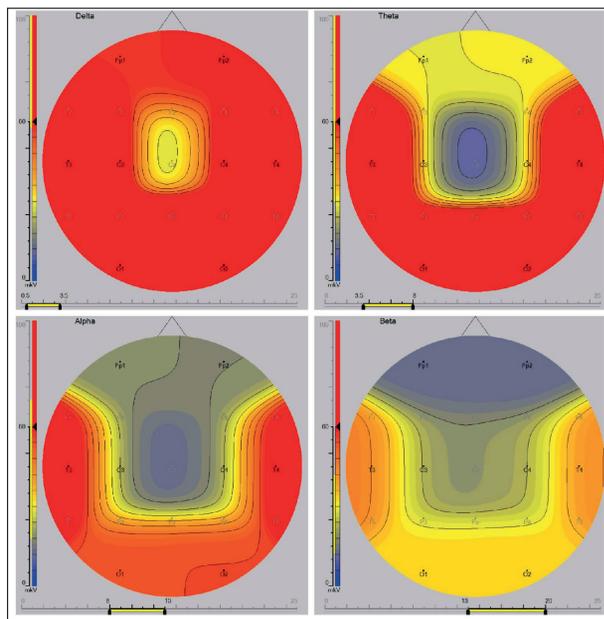


Рис. 8. Спектральная карта ЭЭГ во время поддержания в 3-й группе.

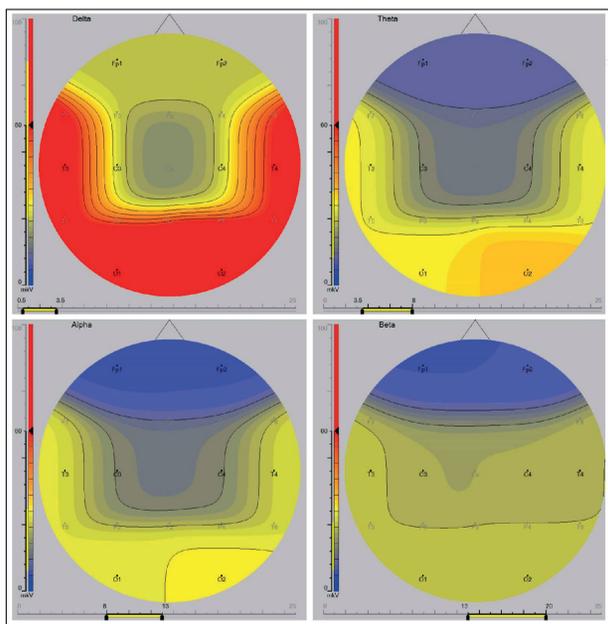


Рис. 7. Спектральная карта ЭЭГ во время пробуждения во 2-й группе.

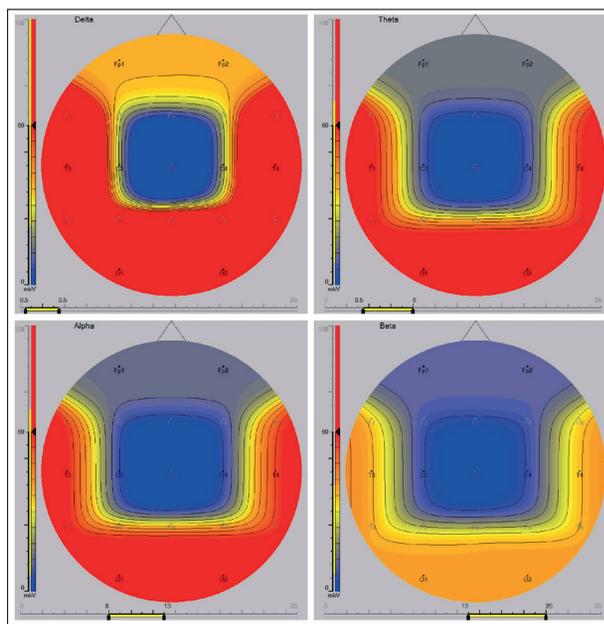


Рис. 9. Спектральная карта ЭЭГ во время пробуждения в 3-й группе.

дения восстанавливался низкоамплитудный корковый ритм (рис. 7). При регистрации ЭЭГ в этой группе пароксизмальной активности также зарегистрировано не было.

При наложении сенсорных датчиков БИС монитора А-2000 у всех пациентов до анестезии регистрировался индекс в пределах от 95 до 99, что соответствовало уровню сознания. При анестезии галотаном во время индукции индекс постепенно уменьшался до 38–49 в течение 5-и мин. При поддержании анестезии значения БИС регистрировали в пределах от 39 до 47. Пробуждение характеризовалось подъемом БИС до 77–85.

В группе пациентов с применением севофлурана значение БИС во время индукции значительно уменьшалось до 19–38 на 2–3-й мин анестезии. У 5-летнего пациента

было отмечено снижение индекса на 3-й минуте индукции до 03. Важно отметить, что у всех детей в группе с севофлураном момент венепункции сопровождался двигательной реакцией. При этом клинически был достигнут 1-й уровень хирургической стадии анестезии, и на экране БИС монитора регистрировалось значение индекса 35–40. Поэтому возникла необходимость углублять анестезию. При этом удлинялось время индукции. Болевая реакция в этот момент не выявляла каких-либо изменений на ЭЭГ. Во время поддержания анестезии значение БИС устанавливалось на уровне 30–40. Пробуждение характеризовалось подъемом индекса до 72–75.

В группе анестезии с последовательной комбинацией севофлурана и изофлурана электроэнцефалографиче-

ские изменения во время вводной анестезии были сходны с результатами ЭЭГ в группе с моноанестезией севофлураном. Показатели БИС во время индукции составляли от 20 до 37. После перехода на изофлуран и в течение всего периода поддержания существенных изменений в картине ЭЭГ не происходило (регистрировали средне- и высокоамплитудные колебания δ - и θ -диапазона) (рис. 8). Травматичные моменты не сопровождалось усилением биоэлектрической активности мозга пациентов. Пробуждение характеризовалось восстановлением коркового ритма низкой амплитуды (рис. 9). Показатели БИС при поддержании устанавливали в пределах от 30 до 39. Пробуждение сопровождалось подъемом БИС до 70–76.

При одновременной регистрации ЭЭГ и БИС индекса во время анестезии в обеих группах частотные характеристики на экране энцефалографа соответствовали ритму ЭЭГ на мониторе БИС с временным отставанием до 5–10 с.

Показатели БИС мониторинга показали, что время индукции анестезии севофлураном составляет 3–4 мин и индекс снижается до 19–38. Во время индукции галотаном БИС снижается до 38–47 и составляет 5–7 мин. Эти показатели соответствуют клиническому течению индукции при применении севофлурана и галотана. Во время поддержания анестезии в 1-й группе показатели БИС находились в пределах 39–47; на ЭЭГ регистрировали высокоамплитудные медленные колебания θ - и δ -диапазона — паттерны глубокого медикаментозного сна (рис. 3). Во 2-й группе показатели БИС составили 30–40; на ЭЭГ также были зарегистрированы медленные колебания высокой амплитуды θ - и δ -ритма (рис. 6). В 3-й группе в период поддержания БИС индекс был на уровне 30–39. Картина ЭЭГ аналогична 1-й и 2-й группам (рис. 8). Период пробуждения сопровождался подъемом тренда БИС до уровня 77–78 в 1-й группе, 72–75 во 2-й группе и 70–76 в 3-й. На ЭЭГ происходило восстановление коркового ритма низкой амплитуды во всех группах (рис. 4, 7, 9). В груп-

пе анестезии с галотаном через 4–7 мин. В группах с севофлураном и в группе последовательной комбинации севофлурана и изофлурана через 2–4 мин.

Препараты бензодиазепинового ряда не использовались для премедикации, чтобы, гипотетически, их действие не повлияло на результаты. Тем самым важно было подчеркнуть чистоту исследования. Но рандомизированное, контролируемое исследование по рассмотрению эффекта пероральной премедикации мидазоламом показало, что нет различий в интраоперационных значениях БИС между группами с премедикацией и без премедикации [15].

Сходные данные с результатами настоящей работы были получены в аналогичных исследованиях [8, 11, 16–18]. В этих работах авторы установили, что с уменьшением Etiso в равной степени нелинейно и монотонно увеличивается БИС. Ими также были получены средние значения БИС при пробуждении в зависимости от конечной концентрации анестетиков, которые составляли 78,5±12,3, 60,9, 62, 83,5±11,6, 86,7, соответственно. Таким образом, были продемонстрированы равномерные обратные отношения между Etiso и БИС в педиатрической популяции.

Выводы

1. Параметры ЭЭГ и показатели шкалы БИС индекса во всех исследуемых группах соответствовали клиническому течению и глубине анестезии.
2. По результатам анализа БИС и клиники индукция анестезии галотаном была продолжительнее 5,3 мин (стандартное отклонение — 1,5) по сравнению с севофлураном 3,2 мин (стандартное отклонение — 0,5).
3. На этапе поддержания анестезии и в травматичные моменты операции параметры ЭЭГ (высокоамплитудная медленно-волновая активность δ - и θ -диапазона), характеризующие глубокую анестезию, соответствовали уровню глубокого наркоза по шкале БИС (30–47).

Литература

1. Mérat S., Lévecque J. P., Le Gulluche Y. et al. BIS monitoring may allow the detection of severe cerebral ischemia. *Can. J. Anesth.* 2001; 48 (11): 1066–1069.
2. Billard V. Brain injury under general anesthesia: is monitoring of the EEG helpful? *Can. J. Anesth.* 2001; 48 (11): 1055–1060.
3. Kelley S. D. Monitoring consciousness. Using the Bispectral Index™ during anesthesia. 2nd ed. 2007.
4. Täiväinen T., Klockars J., Hiller A. et al. The performance of Bispectral Index in children during equi-MAC halothane vs. sevoflurane anaesthesia. *Eur. J. Anesthesiol.* 2008; 25 (11): 933–939.
5. Tirel O., Wodey E., Harris R. et al. The impact of age on bispectral index values and EEG bispectrum during anaesthesia with desflurane and halothane in children. *Br. J. Anaesth.* 2006; 96 (4): 480–485.
6. Klockars J. G., Hiller A., Ranta S. et al. Spectral entropy as a measure of hypnosis in children. *Anesthesiology* 2006; 104 (4): 708–717.
7. Wodey E., Tirel O., Bansard J. Y. et al. The Impact of age on both BIS values and EEG bispectrum during anaesthesia with sevoflurane. *Br. J. Anaesth.* 2005; 94 (6): 810–820.
8. Degoute C. S., Macabeo C., Dubreui C. et al. EEG bispectral index and hypnotic component of anaesthesia induced by sevoflurane: comparison between children and adults. *Br. J. Anaesth.* 2001; 86 (2): 209–212.
9. Davidson A. J., Huang G. H., Rebmann C. S., Ellery C. Performance of entropy and bispectral index as measures of anaesthesia effect in children of different ages. *Br. J. Anaesth.* 2005; 95 (5): 674–679.
10. Лазарев В. В., Цытин Л. Е., Лилькова Т. В., Кочкин В. С. BIS-мониторинг при индукции анестезии севофлураном у детей. *Общая реаниматология* 2009; V (5): 37–40.
11. McCann M. E., Bacsik J., Davidson A. et al. The correlation of bispectral index with endtidal sevoflurane concentration and haemodynamic parameters in preschoolers. *Paediatr. Anaesth.* 2002; 12 (6): 519–525.
12. Блазосклонова Н. К., Новикова Л. А. Детская клиническая электроэнцефалография. М.: Медицина; 1994.
13. Rampil I. J. A primer for EEG signals processing in anesthesia. *Anesthesiology* 1998; 89 (4): 980–1002.
14. Петри А., Сэбин К. Наглядная медицинская статистика. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЕОТАР-Медиа; 2010.
15. Brosius K. K., Bannister C. F. Effect of oral midazolam premedication on the awakening concentration of sevoflurane, recovery times and bispectral index in children. *Paediatr. Anaesth.* 2001; 11 (5): 585–590.
16. Davidson A. J., McCann M. E., Devavaram P. et al. The differences in the bispectral index between infants and children during emergence from anesthesia after circumcision surgery. *Anesth. Analg.* 2001; 93 (2): 326–330.
17. Denman W. T., Swanson E. L., 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.
18. Olofson E., Dahan A. The dynamic relationship between endtidal sevoflurane and isoflurane concentrations and bispectral index and spectral edge frequency of the electroencephalogram. *Anesthesiology* 1999; 90 (5): 1345–1353.

Поступила 11.02.11