BIS-МОНИТОРИНГ ПРИ ИНДУКЦИИ АНЕСТЕЗИИ СЕВОФЛУРАНОМ У ДЕТЕЙ

В. В. Лазарев, Л. Е. Цыпин, Т. В. Линькова¹, В. С. Кочкин¹,
Т. Г. Попова, К. Р. Гаспарян¹, Т. А. Пак

ГОУ ВПО Российский государственный медицинский университет Росздрава,
кафедра детской анестезиологии и интенсивной терапии ФУВ, Москва
¹ГУ Российская детская клиническая больница Росздрава, Москва

BIS Monitoring During Sevoflurane Anesthesia Induction in Children

V. V. Lazarev¹, L. Ye. Tsy-pin¹, T. V. Linkova², V. S. Kochkin², T. G. Popova¹, K. R. Gasparyan², T. A. Pak¹

¹ Department of Pediatric Anesthesiology and Intensive Care, Russian State Medical University, Russian Agency for Health Care, Moscow
² Russian children's Clinical Hospital, Russian Agency for Health Care, Moscow

Цель исследования. Оценка динамики BIS-индекса при быстрой, «over-pressure», индукции анестезии севофлураном у детей. **Материал и методы.** Обследованы 23 ребенка в возрасте 6 мес. — 12 лет в период быстрой ингаляционной индукции анестезии севофлураном при непродолжительных пластических операциях в области лица. Исследованы показатели BIS-индекса, как критерия угнетения сознания во время наркоза, а также параметры общей гемодинамики. **Результаты.** Установлено, что протокол индукции наркоза с изначальной ингаляцией высоких концентраций севофлурана 8% в потоке 100% кислорода с постепенным уменьшением концентрации анестетика до 4% к 4-й минуте и до 2% к 8-й минуте от начала его ингаляции позволяет добиваться адекватной стабильной глубины угнетения сознания, что подтверждалось данными BIS-индекса. В течение 1 минуты после начала ингаляции севофлурана BIS-индекс снижался до $51,56 \pm 4,89$ и к концу 2 минуты — до $45 \pm 3,12$, что указывало на глубокую степень седации. Минимальное значение показателя было на 5-й минуте — $39,00 \pm 1,72$. Выявленные изменения гемодинамики были обусловлены влиянием ингаляционного анестетика и не превышали допустимых значений. **Заключение.** Оценка динамики электрической активности головного мозга при представленной технологии индукции наркоза свидетельствовала о высокой прогностической ценности методики регистрации BIS-индекса в профилактике возможных нарушений анестезиологического пособия, т. е. недостаточности или избыточности угнетения сознания. **Ключевые слова:** индукция анестезии, дети, севофлуран, ингаляционный наркоз, BIS-индекс, седация.

Objective: to estimate the time course of changes in the BIS index during rapid, over-pressure, induction of anesthesia with sevoflurane in children. **Subjects and methods.** Twenty-three children aged 6 months to 12 years were examined during rapid inhalation induction of sevoflurane anesthesia at short-term facial plastic surgery. The BIS index as a criterion for depressed consciousness during anesthesia and systemic hemodynamic parameters, were studied. **Results.** The anesthesia induction protocol that envisaged the initial inhalation of high (8%) sevoflurane concentrations in a 100% oxygen stream with a gradual decrease in the concentration of the anesthetic to 4 and 2% by minutes 4 and 8, respectively, after the initiation of its inhalation was found to achieve an adequate steady depth of depressed consciousness, as confirmed by the values of the BIS index. The latter reduced to 51.56 ± 4.89 and 45 ± 3.12 within the first minute after the initiation of sevoflurane inhalation and by the end of the second minute, respectively, which suggested deep sedation. The minimum value of the index was 39.00 ± 1.72 at minute 5. The found hemodynamic changes were induced by the inhaled anesthetic and did not exceed the admissible values. **Conclusion.** The estimation of the changes in brain electric activity during the described technology of anesthesia induction has suggested that the procedure for BIS index recording is of high prognostic value in preventing possible impairments in anesthetic maintenance, i. e. inadequate or excess depressed consciousness. **Key words:** anesthesia induction, children, sevoflurane, inhalation anesthesia, BIS index, sedation.

В практике анестезиологического обеспечения у детей вопрос оценки уровня угнетения сознания или адекватности седации стоит достаточно остро и значимо с точки зрения психоэмоционального восприятия ими проводимых методов лечения. Этой важной составляющей мониторинга за состоянием пациента в настоящее время посвящается значительное количество пуб-

ликаций специалистов [1–5]. Однако, несмотря на довольно широкое освещение данной проблемы, большинство исследований посвящено анализу преимуществ тех или иных методов, приборов, технологий, не представляя информации по динамике оцениваемых показателей при конкретных анестезиологических пособиях, что несомненно имеет большое научное и практическое значение [6–8]. В рамках частичного решения рассматриваемой проблемы была поставлена цель исследования — оценить динамику BIS-индекса при быстрой, «over-pressure», индукции анестезии севофлураном у детей.

Адрес для корреспонденции (Correspondence to):

Лазарев Владимир Викторович
E-mail: lazarev_vv@inbox.ru

**Динамика показателей BIS-индекса при быстрой «over-pressure»
индукции анестезии севофлураном у детей ($M \pm m$, $n=23$)**

Исход	30 сек	1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин	6 мин	7 мин	8 мин
90,00±1,66	90,67±1,04	51,56±4,89*	45,00±3,12*	44,67±3,56*	41,78±2,74*	39,00±1,72*	39,06±3,81*	39,17±2,07*	40,56±3,24*

Примечание. Здесь и в табл. 2: * — статистически достоверное отличие от исходного значения ($p < 0,05$).

Материалы и методы

Исследование электрической активности ЦНС (BIS-индекс) при индукции анестезии севофлураном было выполнено у 23-х детей с различной патологией в возрасте от 6 месяцев до 12 лет, которые поступали в операционную без премедикации. Средний возраст обследованных детей составил $5,4 \pm 3,2$ лет. В исследование не включали пациентов с патологией центральной нервной системы. Состояние пациентов было оценено по ASA I–II. Индукцию наркоза выполняли методом «over-pressure» с газотоком 6 л/мин через лицевую маску при спокойном спонтанном дыхании и положительном давлении на выдохе (РЕЕР) 5 см вод. ст. Предварительно заполняли дыхательный контур подачей 100% O_2 и севофлурана в концентрации 8%. Далее подачу севофлурана в свежую газонаркотическую смесь снижали до 4% в конце 4-й минуты и до 2% в конце 8-й минуты от начала индукции анестезии. Поддержание анестезии осуществляли газонаркотической смесью кислородом и воздухом в соотношении 1:1 с севофлураном 2% (~ 1 MAC). Длительность наркоза в среднем составляла $48,12 \pm 7,05$ минут.

Для оценки уровня глубины седации использовали BIS-монитор Aspect-2000 XP (Aspect Medical Soft, США). Показатели гемодинамики: артериальное давление систолическое (АДс), диастолическое (АДд), среднее (АДср), частоту сердечных сокращений (ЧСС) регистрировали прибором Dinamap TM Plus 8720 (Critikon, США), насыщение гемоглобина кислородом ($SHbO_2$) — прибором Philips M3046A (Germany) и содержание CO_2 ($P_{ET}CO_2$), O_2 , севофлурана в конечной фракции выдыхаемой газовой смеси оценивали с помощью газоанализатора Capnomac Ultima (Datex Ohmeda). Статистический анализ полученных данных проводили с определением среднего значения оцениваемого показателя, его стандартного отклонения, критерия Стьюдента, используя программу Exell.

Результаты и обсуждение

При анализе значений BIS-индекса (табл. 1) было отмечено, что при исходной его величине $90,00 \pm 1,66$ после начала ингаляции севофлурана она сохранялась в среднем в течение 30 секунд (что, вероятно, было связано с недостаточной концентрацией севофлурана в ткани головного мозга в период насыщения), а затем резко снижалась, составляя к концу 1-й минуты $51,56 \pm 4,89$ и достигало значений, свидетельствующих о глубокой степени седации ($45,00 \pm 3,12$) к концу 2-й минуты.

По клиническим признакам (потеря продуктивного контакта с ребенком, плавающие движения глазных яблок) утрата сознания наступала к 30-й секунде от начала ингаляции севофлурана.

Отмечаемая фаза возбуждения (непроизвольные движения конечностей или пальцев, либо тоническое напряжение мышц конечностей) у больных при индукции анестезии, которая проявлялась, как правило, сразу после утраты сознания, носила непостоянный по степени выраженности и продолжительности характер.

В дальнейшем значения BIS-индекса статистически достоверно снижались в отношении исходных величин на 3-й, 4-й минутах, и к 5-й минуте приближались к значению $39,00 \pm 1,72$. В последующем — на 6-й, 7-й и 8-й минутах, значения показателя не имели статистически значимых различий от величины BIS-индекса на 5-й минуте, но статистически значимо отличались от исходного. Полученные данные были сопоставимы с результатами исследований других авторов [5, 8]. По окончании периода индукции анестезии, в среднем через 4 минуты от начала ингаляции севофлурана, концентрацию анестетика в свежей газонаркотической смеси снижали в 2 раза согласно требованиям методики индукции, но при этом цифры BIS-индекса сохранялись практически на прежнем уровне (низкими) в течение еще 4-х минут (что, вероятно, было связано с высокой концентрацией анестетика в альвеолярном пространстве и достаточной степенью насыщения им ткани головного мозга). В последующем, после перехода на поддерживающие значения концентрации севофлурана 2% (~ 1 MAC) на 8-й минуте от начала индукции анестезии происходило постепенное повышение BIS-индекса до значений 48–60 на протяжении 5–6 минут, что свидетельствовало о достижении достаточной глубины седации. Эти величины BIS-индекса при отмеченных поддерживающих концентрациях севофлурана сохранялись на протяжении всего периода наркоза. Поскольку при указанных выше значениях MAC в период поддержания анестезии не происходило существенных колебаний BIS-индекса, это свидетельствовало о достижении равновесия концентраций севофлурана в альвеолярном пространстве и ткани головного мозга, что подтверждалось показателями FiAA и FetAA газового анализатора, которые по своим значениям были практически равнозначны.

Межэтапные различия всех показателей артериального давления при индукции анестезии были статистически недостоверными (табл. 2). Однако в отношении исходного значения они достоверно к концу 1-й минуты после начала ингаляции севофлурана снижались: в среднем АДс на 11%, АДд на 21% и АДср на 14%. Такая тенденция к снижению артериального давления сохранялась на протяжении всего периода индукции анестезии, и на 8-й минуте от начала АДс было ниже исходных величин на 19%, АДд — на 30% и АДср — на 24% ($p < 0,05$).

Динамика ЧСС характеризовалась незначительным увеличением значений в течение первых двух минут после начала ингаляции севофлурана с последовательным в дальнейшем снижением на протяжении всего периода индукции анестезии (табл. 2). Изменения ЧСС

Таблица 2

Показатели гемодинамики, сатурации гемоглобина кислородом и вентиляции в процентах от исходного значения при быстрой ингаляционной индукции анестезии севофлураном у детей ($M \pm m$, $n=23$)

Показатель	Значения показателей на этапах исследования, мин								
	Исход	1	2	3	4	5	6	7	8
АДс, %	100	88,00±4,07*	85,40±3,52*	84,31±3,74*	84,78±3,59*	82,37±4,01*	81,99±3,91*	81,04±4,12*	80,94±3,87*
АДд, %	100	78,96±3,24*	77,19±4,08*	76,76±4,65*	73,97±3,47*	74,01±3,62*	73,54±4,05*	73,41±3,17*	70,02±3,11*
АДср, %	100	86,07±4,17*	85,12±4,07*	84,03±3,82*	84,39±3,36*	82,13±4,21*	78,79±3,14*	76,09±4,41*	76,11±3,61**
ЧСС, %	100	105,11±9,46	105,07±8,16	102,12±9,34	102,07±10,08	100,15±9,17	99,75±8,41	99,83±9,12	101,02±9,05
SHbO ₂ , %	100	99±0,96	98±1,01	98±0,96	98±1,05	99±1,03	98±0,98	100±1,54	99±1,86
ЧД, %	100	106,12±3,87	119,16±2,46*	123,04±2,61*	124,01±2,48*	124,15±2,73	126,14±2,64	125,09±2,18	126,11±2,52
Р _{ЕТ} СО ₂ , мм рт. ст.	37,12±1,17	40,14±0,92	42,02±0,57*	41,72±0,49*	41,67±0,71*	42,06±1,01*	41,11±0,84*	42,04±0,67*	41,24±0,89*

на всех этапах исследования были статистически недостоверны в отношении исходных значений, а также в отношении предыдущего этапа исследования ($p>0,05$).

После начала индукции анестезии частота дыханий статистически достоверно увеличивалась и к концу 2-й минуты превышала исходное значение в среднем на 19%. В дальнейшем она достигала максимума на 4-й минуте (увеличение на 24% от исходных цифр), и далее, к 8-й минуте, не претерпевала существенных изменений. Различия значений показателя последовательно между этапами были статистически незначимы (табл. 2).

Увеличение ЧД в период индукции анестезии, носившее, безусловно, компенсаторный характер, характеризовалось статистически достоверным увеличением Р_{ЕТ}СО₂ на 13% в отношении исходного значения на 2-й минуте от начала ингаляции севофлурана. В последующем на протяжении всего периода индукции анестезии Р_{ЕТ}СО₂ оставалось без существенных изменений и не превышало допустимых нормальных значений показателя. Насыщение гемоглобина кислородом оставалось в пределах нормальных значений и не требовало какой-либо коррекции в течение всего периода исследования (табл. 2).

Полученные данные по гемодинамике и вентиляции не выходили за рамки уже описанных другими ис-

следованиями изменений оцененных показателей, обусловленных воздействием ингаляционного анестетика севофлурана [9].

Заключение

Полученные данные динамики BIS-индекса, мониторинга сердечно-сосудистой системы, дыхания и клинические признаки позволили констатировать, что у детей исследованной возрастной группы от 6 месяцев до 12 лет при представленном варианте ингаляционной индукции наркоза севофлураном всегда удавалось достичь желаемого результата. Ни в одном исследованном случае анестезии под контролем BIS-индекса не было отмечено непреднамеренного пробуждения. Оценка динамики электрической активности головного мозга при представленной технологии индукции наркоза свидетельствовала о высокой прогностической ценности методики регистрации BIS-индекса в профилактике возможных нарушений анестезиологического пособия, т. е. недостаточности или избыточности угнетения сознания.

В качестве примера (см. рисунок) представлена кривая изменений BIS-индекса при индукции и поддержании анестезии севофлураном у ребенка П. 3-х лет, мас-

са тела 13 кг, ИБ 13978, с диагнозом: врожденная пронированная расщелина неба IIIa степени. Плановое оперативное вмешательство — пластика неба. Премедикацию не выполняли. Индукцию анестезии осуществляли смесью севофлурана 8% с кислородом (газоток 8 л/мин) по методу «over-pressure» с предварительным заполнением дыхательного контура наркозного аппарата и положительным давлением на выдохе (РЕЕР) 5 см вод. ст. Через 20 секунд после начала ингаляции анестетика появились признаки утраты сознания, плавающие движения глазных яблок. При этом ЧСС составляла 120 уд/мин, а АД 100/50 мм рт. ст. К концу 2-й минуты от начала индукции анестезии концентрация севофлурана была доведена до 4% при

Динамика значений BIS-индекса у ребенка 3-х лет при быстрой индукции и поддержании анестезии севофлураном по методике «over-pressure» при РЕЕР 5 см вод. ст. Пояснения в тексте.

газотоке 4 л/мин. На 3–4 минутах от начала ингаляции севофлурана BIS-индекс составлял 55–42, ЧСС 135, АД 85/48 мм рт. ст. В этот период катетеризировали периферическую вену, начали инфузию солевого раствора. Концентрацию севофлурана в свежей газонаркотической смеси уменьшили испарителем до 2% к 8-й минуте от начала индукции. Далее в/в было введено 50 мкг фентанила, 5 мг эсмерона, и на 10-й минуте осуществлена интубация трахеи с переводом пациента на аппаратную ИВЛ. С 4-й по 12-ю минуты динамичное снижение BIS-индекса с 55 до 35 было обусловлено продолжающимся насыщением ткани мозга пациента севофлураном при медленном снижении концентрации его в дыхательном контуре и альвеолах (несмотря на снижение концентрации анестетика испарителем в подаваемой свежей газонаркотической смеси). Поддерживающая концентрация севофлурана в течение операции (с 24-й по 70-ю минуты от начала анестезии) составляла 1,2–1,8% в кислородно-воздушной смеси (1:1). Фентанил и эсмерон повторно не вводи-

ли (хирургом была выполнена инфильтрационная анестезия операционного поля 0,2% раствором наропина). Значения BIS-индекса в течение оперативного вмешательства колебались от 40 до 66, среднее его значение составляло $46,53 \pm 5,33$, что соответствовало уровню хирургической стадии общей анестезии. Через 70 минут от начала анестезии подача севофлурана была прекращена, дыхательный контур очищен от газонаркотической смеси потоком 100% кислорода. На 72-й минуте при значении BIS-индекса 67–70 восстановилось самостоятельное дыхание. До 77-й минуты отмечались колебания BIS-индекса от 70 до 59, на 78-й минуте его значения быстро увеличились до 85–90. При этом восстановились сознание (ребенок самостоятельно открыл глаза), защитные гортано-глоточные рефлексы, и была произведена экстубация трахеи. В дальнейшем в течение 5 минут, до отсоединения датчика BIS-индекса, его значения находились в пределах 92–100, что соответствовало уровню бодрствования.

Литература

1. Ganesh A., Watcha M. F. Bispectral index monitoring in pediatric anesthesia. *Curr. Opin. Anaesthesiol.* 2004; 17 (3): 229–234.
2. Sadhasivam S., Ganesh A., Robison A. *et al.* Validation of the bispectral index monitor for measuring the depth of sedation in children. *Anesth. Analg.* 2006; 102 (2): 383–388.
3. Davidson A. J. Monitoring the anaesthetic depth in children – an update. *Curr. Opin. Anaesthesiol.* 2007; 20 (3): 236–243.
4. Kern D., Fourcade O., Mazoit J. X. *et al.* The relationship between bispectral index and endtidal concentration of sevoflurane during anesthesia and recovery in spontaneously ventilating children. *Paediatr. Anaesth.* 2007; 17(3): 49–54.
5. Mencia S. B., López-Herce J. C., Freddi N. Analgesia and sedation in children: practical approach for the most frequent situations. *J. Pediatr. (Rio J.)*. 2007; 83 (2): 71–82.
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. Davidson A. J., Kim M. J., Sangolt G. K. Entropy and bispectral index during anaesthesia in children. *Anaesth. Intens. Care* 2004; 32 (4): 485–493.
8. Wallenborn J., Kluba K., Olthoff D. Comparative evaluation of Bispectral Index and Narcotrend Index in children below 5 years of age. *Paediatr. Anaesth.* 2007; 17 (2): 140–147.
9. Mala T. P., DiNardo J. A., Isaer R. J. *et al.* Cardiovascular effects of sevoflurane compared with those of isoflurane in volunteers. *Anesthesiology* 1995; 83 (5): 918–928.

Поступила 02.07.09

План научно-организационных мероприятий ГУ НИИ общей реаниматологии РАМН в 2009 г.

1. Сертификационный курс анестезиологов-реаниматологов (ноябрь–декабрь) — 20 дней.
2. Конференция молодых ученых (декабрь) — 1 день.