

*Снисарь В.И., Павлыш А.С.*

## ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ: ДОСТОВЕРНОСТЬ И ПОЛЕЗНОСТЬ В ПЕДИАТРИИ

*ГУ "Днепропетровская медицинская академия МЗ Украины"*

В данном обзоре представлено ряд литературных источников по применению биспектрального индекса (BIS) у детей. Показано, что экстраполяция данных, полученных у взрослых к детям, не может быть достаточно обоснована из-за отличающихся методик анестезии в педиатрии, измененной фармакологией анестетиков, особенностей созревания мозга и развивающейся психологии детей. Применение энцефалографических технологий для измерения угнетения сознания в педиатрии требует не только валидности этих методов, но и более значительного изучения и понимания нейрофизиологии в данной популяции.

Биспектральный индекс был предложен для использования у детей, но многие исследования не подтвердили их эффективность для детей младшего возраста. Как известно, ЭЭГ отражает функциональную активность головного мозга, которая зависит от степени зрелости мозговых структур. Поэтому, очевидно, что по мере созревания различных отделов ЦНС изменяется биоэлектрическая активность головного мозга (по мере взросления постепенный переход доминирующего ритма мозга от низкочастотного к более высокочастотного), поэтому картина ЭЭГ очень сильно меняется с возрастом ребенка. Понятие общей возрастной нормы в электроэнцефалографии также нельзя считать строго определенным, поскольку у маленьких детей значительно выражены индивидуальные различия в ЭЭГ. У детей старшего возраста физиология, анатомия и клинические наблюдения указывают на то, что показатели работы BIS мониторов могут быть аналогичны показаниям у взрослых, хотя клиническая значимость результатов может быть разной.

**Ключевые слова:** дети, BIS, анестезия, седация.

Достижения в области нейрофизиологии и усовершенствование электрофизиологических методов исследования функций центральной нервной системы (ЦНС) привели к развитию нового направления в анестезиологии и созданию технических средств и инструментальных методов для количественного измерения эффекта анестезии таких как: нативная энцефалограмма, энтропия, BIS-мониторинг, метод вызванных потенциалов. В 1950 году Фалконер и Бикфорд отмечали, что электрическая энергия в ЭЭГ была связана с изменением скорости введения тиопентала натрия или этилового эфира. Используя эту технологию, они вычислили параметры мощности, напряжения ЭЭГ и использовали его для управления потоком диэтилового эфира в испаритель [1].

В настоящее время мониторинг ЭЭГ используется для оценки состояния центральной нервной системы, фармакодинамического эффекта анестетика [2]. ЭЭГ признается как умеренно специфический показатель ишемии

ЦНС или гипоксии [3]. Эти методы мониторинга широко изучаются у взрослых. Исследования относительно их достоверности или использования у детей относительно немногочисленны. В какой-то степени детские анестезиологи полагаются на данные, полученные у взрослых пациентов. Однако, их экстраполяция на детей не может быть достаточно обоснована из-за отличающихся методик анестезии в педиатрии, измененной фармакологии анестетиков, особенностей созревания мозга и развивающейся психологии детского возраста [4]. Применение энцефалографических технологий для измерения угнетения сознания в педиатрии требует не только валидности этих методов, но и более значительного изучения и понимания нейрофизиологии в данной популяции [5].

Недавно введенный биспектральный индекс (BIS, Aspect Medical Systems, Natick, MA) представляет собой комплексный параметр, состоящий из комбинации временной и частотной области, спектральных подпара-

метров высокого порядка. Он уникален среди предложенных обработанных индексов, поскольку объединяет несколько разрозненных параметров ЭЭГ в одну переменную, на основе синтеза комбинаций большого объема клинических данных, которые коррелируют с оценкой седации [6]. Конкретная (запатентованная) смесь подпараметров в версии BIS была получена эмпирически из проспективно собранной базы данных ЭЭГ и поведенческих шкал, что представляет собой примерно 1500 анестезиологических вмешательств (5000 часов записей), которые использовали различные протоколы анестезии [7]. Монитор обрабатывает в режиме реального времени данные ЭЭГ и рассчитывает числовой показатель - биспектральный индекс, отражающий степень угнетения функции головного мозга. Мониторинг биспектрального индекса используется как объективный инструмент измерения глубины анестезии и седации для снижения риска интраоперационного пробуждения и чрезмерной глубины анестезии [6]. Имеются положительные стороны в использовании индекса BIS при оценке седативной толерантности и функции центральной нервной системы, когда диагностируется смерть мозга, адекватность мозговой оксигенации и т.д. [1].

В настоящее время BIS является стандартом контроля интраоперационного уровня сна и вошел в перечень обязательного мониторинга во время анестезии. В своем метаанализе Park SW, Lee H, Ahn H дали оценку общего потребления вводимого пропофола и времени восстановления при использовании BIS-мониторинга во время желудочно-кишечной эндоскопии. В него вошло 11 рандомизированных контролируемых исследований с включением 1039 пациентов (526 с BIS-мониторингом и 513 без использования BIS). Результаты показали, что общее количество пропофола было значительно ниже в группе, где анестетик вводился под контролем BIS, по сравнению с группой сравнения (без BIS-мониторинга), хотя среднее потребление пропофола существенно не различалось. Этот метаанализ еще раз подтвердил, что мониторинг BIS представляет эффективный и безопасный метод для предотвращения излишнего введения пропофола и обеспечения адекватной седации во время эндоскопических процедур [8].

У детей только в нескольких исследованиях сравнивались различные способы введения пропофола во время общей внутривенной анестезии с ремифентанилом. Так, было показано, что при дозировании пропофола, управляемое по клиническим признакам, было связано с более высоким риском его передозировки или недостаточной дозой по сравнению с группой, где инфузия анестетика была ориентирована на BIS [9]. В этом исследовании подчеркивается необходимость фармакодинамической обратной связи при анестезии пропофолом у детей. В амбулаторной хирургии Liu SS. [10] также показал, что при использовании BIS мониторинга отмечалось умеренное уменьшение потребления анестетиков, частоты возникновения тошноты и рвоты, а также времени на восстановление сознания. Однако это не привело к каким-либо преимуществам, не сократило срок, затрачиваемый на пребывание в отделении амбулаторной хирургии, а стоимость электрода BIS превысила экономию средств [10].

Все же в большинстве исследований, посвященных контролю глубины сна с помощью BIS мониторинга отмечали его преимущество в дозировании анестетика, как у взрослых пациентов, так и у детей. Хотя существуют и противоположные работы. Так Stein EJ, Glick DB показали, что использование биспектрального индекса во время общей анестезии не продемонстрировало превосходства над другими формами мониторинга глубины анестезии [2].

Что касается возрастных особенностей в концентрации севофлюрана и показателей BIS, то не было различий в клинических уровнях анестезии между младенцами (0-2 года) и детьми (2-12 лет). При этом по сравнению со взрослыми, разницы в значениях BIS до индукции и во время анестезии не отмечалось. У детей и младенцев показатели BIS были обратно пропорциональны конечной концентрации севофлюрана. Однако концентрация анестетика для BIS = 50 (доверительный интервал 95%) была различной: 1,55% (1,40-1,70) для младенцев против 1,25% (1,12-1,37) для детей. К тому же, во всех возрастных периодах BIS коррелировал с концентрацией севофлюрана. Имеющаяся разница в концентрации анестетика между младенцами и детьми соответствовала тому, что мини-

мальная альвеолярная концентрация у детей в возрасте менее 1 года выше по сравнению с детьми старшего возраста [11].

Изучая взаимосвязи между возрастом и прогнозирующими характеристиками энтропийных мониторов в условиях педиатрической хирургии Alberto Sciusco с соавт. [12] показали, что точность показателей BIS улучшался по мере увеличения возраста. Младенцы имели более низкие значения и во время операции и при пробуждении, чем дети старшего возраста. Это подтверждали и другие авторы.

При использовании биспектрального индекса у детей с интеллектуальными отклонениями Valkenburg AJ с соавт. отмечали, что в исходном состоянии значения BIS были значительно ниже (72 и 97) по сравнению со здоровыми детьми. Во время стабильной анестезии показатели BIS были на уровне 34–43, а при пробуждении 59–73 [13]. Подобные результаты отмечались и у детей с неврологическими расстройствами, гидроцефалией и у пациентов, регулярно принимающих противосудорожные препараты [13, 14, 15].

В своих исследованиях Costa VV с соавт. проводили наблюдения за эффективностью пробуждающегося ЭЭГ-BIS у педиатрических пациентов с церебральным параличом (ЦП), сравнив его с детьми без неврологических расстройств (без ЦП). Оценивали сто восемьдесят восемь пациентов обоих полов, средний возраст  $10,07 \pm 2,9$  (ЦП) и  $10,21 \pm 3,1$  (без ЦП). Базальная ЭЭГ-BIS группы ЦП составляла  $95,83 \pm 5,142$ , а в группе без ЦП составила  $96,56 \pm 1,941$ , что не показало статистически значимой разницы. Авторы сделали вывод, что значения ЭЭГ-BIS у пробудившихся пациентов с ЦП были аналогичны таковым без ЦП [16]. Однако, по мнению Choudhry DK и Brenn BR во время бодрствования абсолютные значения BIS у таких детей ниже по сравнению с детьми без неврологической патологии [17].

Как было уже сказано выше, биспектральный индекс представляет собой обработанный электроэнцефалографический (ЭЭГ) параметр, который обеспечивает меру седативных уровней в относительном масштабе [19, 20, 21]. Поэтому, по сравнению с другими клиническими шкалами в оценке глубины седации BIS-мониторинг имеет ряд преимуществ. Для различных седативных препа-

ратов (например, пропофола и мидазолама) было показано, что в ОПИТ BIS может коррелировать с дозозависимыми уровнями анестезии [20, 22, 23, 24] и седации [25, 26, 27, 28].

У педиатрических пациентов возрастные изменения активности ЭЭГ могут усложнить интерпретацию измерений BIS [29]. Тем не менее, первые сообщения об использовании BIS в педиатрической анестезии были многообещающими [30, 31, 32]. McDermott NB с соавт. [33] исследовали использование BIS во время седации у детей, проходящих плановые диагностические или терапевтические процедуры. Эти исследователи обнаружили хорошую корреляцию между BIS и шкалой седации университета Мичигана. В отделении педиатрической интенсивной терапии у четырех групп детей авторы обнаружили хорошую корреляцию между дозами BIS и клиническими оценками седации [34, 35, 36, 37]. К сожалению, в этих исследованиях использовалась клиническая оценка седации, которая не была адаптирована к детям [34, 36], поэтому эти результаты BIS не были в достаточной степени достоверны [34, 35, 37].

Биспектральный индекс был предложен для использования у детей, однако многие исследования не подтвердили их эффективность для пациентов младшего возраста. Как известно, ЭЭГ отражает функциональную активность головного мозга, которая зависит от степени зрелости мозговых структур [38]. Очевидно, что по мере созревания различных отделов ЦНС изменяется биоэлектрическая активность головного мозга (постепенный переход доминирующего ритма мозга от низкочастотного к более высокочастотному по мере взросления), поэтому картина ЭЭГ очень сильно меняется с возрастом ребенка [39]. Понятие общей возрастной нормы в электроэнцефалографии также нельзя считать строго определенным, поскольку у маленьких детей значительно выражены индивидуальные различия в ЭЭГ [1]. У детей старшего возраста показатели работы мониторов могут быть аналогичны показаниям взрослых, хотя клиническая значимость результатов может быть разной [40].

В нескольких исследованиях сообщалось, что у детей ответ BIS на увеличение или уменьшение концентрации ингаляционных агентов аналогичен, как и у взрослых [41, 42,

43], в то время, как его точность выражена меньше у младенцев < 6 месяцев [44]. Ряд авторов опубликовали данные, которые даже ставят под сомнение достоверность BIS у детей. Сообщалось о широких числовых вариациях [45, 46, 47], плохой корреляции с клиническими признаками анестезии [48, 49, 50] и переменными результатами седативного эффекта [51].

В одной из работ D. Schwartz с соавт. описали свои наблюдения по использованию BIS-мониторинга у детей во время общей анестезии. Было отмечено, что некоторые значения BIS были неожиданно высокими (>60), указывающие на поверхностный уровень гипноза, несмотря на клинические признаки хорошего обезболивания пациента. Авторы, основываясь на своих клинических наблюдениях предположили, что у детей изменчивость BIS и уровень его значения >60 наблюдается чаще по сравнению с взрослыми [47]. К тому же D. Schwartz с соавт. отметили, что в группе младенцев и детей во время адекватной анестезии 39 % имели BIS > 60, а у 13 % пациентов BIS был даже больше 70 [52].

Таким образом, является ли BIS надежным монитором глубины анестезии у детей? И можно считать, что BIS имеет сомнительную ценность для повседневного использования в детской анестезиологии. Возможно, существует вероятность того, что у детей BIS >60 не подразумевает поверхностную анестезию, как это принято у взрослых. Поэтому стремление удерживать BIS на уровне или ниже определенного значения не является практикой, которая была проверена.

Определенный интерес вызывает и роль интраоперационного мониторинга BIS у пациентов с неврологическими нарушениями. Особенно у детей, перенесших гипоксическо-ишемическое повреждение головного мозга, черепно-мозговую травму и с другими неврологическими нарушениями. Также имеется очень мало данных и об использовании мониторинга биспектрального индекса у педиатрических пациентов с ограниченными интеллектуальными возможностями. В литературе этому вопросу уделено мало внимания и преимущественно они касаются взрослых больных.

Так, у детей с церебральными параличами и умственной отсталостью при сравнении

корреляции биспектрального индекса с различными концентрациями севофлюрана было показано, что после седации и при концентрации севофлюрана 1% значения BIS у пациентов с неврологической патологией были значительно ниже по сравнению со здоровыми детьми. Различий между двумя группами не наблюдалось только при индукции анестезии (8%) и концентрации севофлюрана 3%. Хотя абсолютные значения BIS у детей с церебральными параличами были ниже по сравнению с здоровыми [17].

В своем рандомизированном проспективном исследовании Saricaoglu F. с соавт. поставили задачу, нуждаются ли дети с церебральным параличом и задержкой психомоторного развития в более низкой дозе пропофола для индукции по сравнению с обычными детьми [18]. Пропофол вводили со скоростью 40 мг/мин до достижения устойчивого показателя BIS 35–45. После этого инфузия анестетика прекращалась. В итоге авторы пришли к выводу, что дети с церебральным параличом для получения контрольных значений BIS требуют меньше пропофола, чем здоровые дети.

Так Karadeniz с соавт. [53] у 50 пациентов с патологией аортального клапана для измерения глубины анестезии применили BIS-мониторинг. К тому же использовался транскраниальный доплер для измерения кровотока средней мозговой артерии. У ряда пациентов наблюдалось уменьшение частоты спектрального индекса на 50 %, BIS < 20, а транскраниальная скорость мозгового кровотока была < 50%, что указывало на церебральную гипоперфузию. Авторы считают, что такой многомерный нейромониторинг может играть определенную роль в предотвращении гипоксической черепно-мозговой травмы и, вероятно, полезен при проведении интраоперационной терапии в условиях повышенного риска. В дополнение к этому Vretzakis et al., [54] оценивая потенциальную роль BIS мониторинга при кардиохирургических операциях, пришли к выводу, что BIS-мониторинг полезен для предотвращения неблагоприятных интраоперационных инцидентов.

В условиях интенсивной терапии корейские авторы показали, что в группе пациентов с поражением головного мозга и находящихся в коматозном состоянии была отмечена значи-

тельная корреляция между оценками BIS и уровнем их сознания. Особенно это было отмечено при сочетании BIS со шкалой ком Глазго и другими шкалами неврологической оценки пациентов с поврежденным головным мозгом. Однако необходимо дальнейшее изучение, может ли BIS самостоятельно предсказывать точный уровень сознания при тяжелой неврологической патологии [55].

Определенный интерес вызывает и возможность использования биспектрального индекса для диагностики степени нарушения мозгового кровотока. Однако, несмотря на ряд исследований, документирующих изменения ЭЭГ и BIS с церебральной гипоперфузией, ни одно из них до сих пор не показало то время, в течение которого значение BIS начинает падать. Хотя ЭКГ и прямой мониторинг артериального давления указывали на опасные гемодинамические нарушения, все же показатели BIS могли бы помочь в раннем выявлении церебральной гипоперфузии/ишемии и в своевременном начале терапевтических мероприятий по ликвидации их причины. Показатели BIS, по существу, определяются от лобных отведений, поэтому и ишемия/гипоперфузия этой зоны головного мозга будет отражаться непосредственно в значениях BIS. Помимо этого, при гипоперфузии стволовых структур может произойти снижение значений BIS из-за множественных афферентных проекций ядер этой зоны на коре головного мозга [56]. Аномальная ЭЭГ, как у пациентов с деменцией, церебральным параличом, постгипоксическим состоянием и тяжелой черепно-мозговой травмой, может привести к низким значениям BIS.

Хотя значения BIS могут зависеть от ряда факторов, обусловленных самим пациентом, анестезирующим агентом, медицинскими устройствами, однако в свете имеющихся доказательств, BIS, по-видимому, является довольно надежным и ранним маркером гипоперфузии головного мозга [57] и может служить индикатором адекватности мозгового кровотока.

Таким образом, поиск литературы показал, что почти все неврологические состояния влияют на показатели BIS. Однако, при ряде заболеваний, такие как болезнь Альцгеймера, сосудистая деменция, эпилепсия и другие

неврологические состояния, все же наблюдались противоречивые показатели BIS. Поэтому еще до конца не ясно, может ли у пациентов с неврологической патологией BIS отражать глубину интраоперационного сна в дополнение к стандартным клиническим показателям уровня анестезии. И в каких случаях использование BIS может ввести в заблуждение анестезиолога, а не помочь ему. Если у этих пациентов BIS используется для наблюдения, для этого следует вначале измерять исходный его уровень, так как относительное снижение показателей BIS будет более важным, чем абсолютное их значение.

В итоге, можно сказать, что в литературе мало исследований посвященных мониторингу BIS у детей с врожденным заболеванием головного мозга, задержкой психомоторного развития и другими неврологическими заболеваниями, при которых BIS может давать аномальные реакции и исказить точную оценку глубины анестезии [58].

Отсутствие подобных данных определяет необходимость дальнейших контролируемых исследований, которые позволят сравнить реальные показатели BIS и анестезиологические исходы.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Pilge S, Zanner R, Schneider G, Blum J. Time delay of index calculation: analysis of cerebral state, bispectral, and narcotrend indices. *Anesthesiology*. 2006;104:488-94.
2. Stein EJ. Advances in awareness monitoring technologies. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2016;29(6):711-716.
3. Hayashida M, Kin N, Tomioka T, Orii R. Cerebral ischaemia during cardiac surgery in children detected by combined monitoring of BIS and near-infrared spectroscopy. *Br J Anaesth*. 2004;92(5):662-9.
4. Sadhasivam S, Ganesh A, Robison A, Kaye R. Validation of the bispectral index monitor for measuring the depth of sedation in children. *Anesth Analg*. 2006;102:383-8.
5. Davidson AJ. Monitoring the anaesthetic depth in children - an update. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2007;20(3):236-43.
6. Gunter A, Ruskin K. Intraoperative neurophysiologic monitoring: utility and anesthetic implications. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2016;29(5):539-543.
7. Powers KS, Nazarian TB, Tapyrik SA, Kohli SM. Bispectral index as a guide for titration of propofol during procedural sedation among children. *Pediatrics*. 2005;(6):1666-74.
8. Park SW. Bispectral Index Versus Standard Monitoring in Sedation for Endoscopic Procedures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Dig Dis Sci*. 2016;61(3):814-24.
9. Louvet N, Rigouzzo A, Sabourdin N, Constant I. Bispectral index under propofol anesthesia in children: a comparative randomized study between TIVA and TCI. *Pediatric Anesthesia*. 2016;26(9):899-908.
10. Liu SS. Effects of Bispectral Index monitoring on ambulatory anesthesia: a meta-analysis of randomized controlled trials and a cost analysis. *Dev Disabil*. 2008;14:128-36

11. Denman WT, Swanson EL, Rosow D, Ezbicki K. 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.
12. Sciusco A, Standing JF, Sheng Y, Raimondo P. Effect of age on the performance of bispectral and entropy indices during sevoflurane pediatric anesthesia: a pharmacometric study. *Paediatr Anaesth.* 2017;27(4):399-408.
13. Sciusco A. Lower bispectral index values in children who are intellectually disabled. *Anesth Analg.* 2009;109(5):1428-33.
14. Prabhakar H, Ali Z, Bithal PK, Rath GP. Low bispectral index values in a 2-yr-old with a large bifrontal porencephalic cyst. *Eur J Anaesthesiol.* 2008;25(6):513-4.
15. Dahaba AA, Lin H, Ye XF, Lin J. Bispectral index monitoring of propofol anesthesia in pediatric patients with hydrocephalus. A prospective observational study. *Paediatr Anaesth.* 2014;24(11):1190-2.
16. Costa VV, Torres RV, Arci EC, Saraiva RA. Comparison of the bispectral index in awake patients with cerebral palsy. *Bras Anesthesiol.* 2007;57(4):382-90.
17. Choudhry DK, Brenn BR. Bispectral index monitoring: a comparison between normal children and children with quadriplegic cerebral palsy. *Anesth Analg.* 2002;95(6):1582-5.
18. Saricaoglu F, Celebi N, Celik M, Aypar U. The evaluation of propofol dosage for anesthesia induction in children with cerebral palsy with bispectral index (BIS) monitoring. *Paediatr Anaesth.* 2005;15(12):1048-52.
19. Sigl JC, Chamoun NG. An introduction to bispectral analysis for the electroencephalogram. *J Clin Monit.* 1994;10:392-404.
20. Glass PS, Bloom M, Kears L, Rosow C. Bispectral analysis measures sedation and memory effects of propofol, midazolam, isoflurane, and alfentanil in healthy volunteers. *Anesthesiology.* 1997;86:836-847.
21. Rampil JJ. A primer for EEG signal processing in anesthesia. *Anesthesiology.* 1998;89:980-1002.
22. Liu J, Singh H, White PF. Electroencephalogram bispectral analysis predicts the depth of midazolam-induced sedation. *Anesthesiology.* 1996;84:64-69.
23. Liu J, Singh H, White PF. Electroencephalographic bispectral analysis correlates with intraoperative recall and depth of propofol-induced sedation. *Anesth Analg.* 1997;84:185-189.
24. Gajraj RJ, Mantzaridis HG, Kenny NC. Relationship between calculated blood concentrations of propofol and electrophysiological variables during emergence from anaesthesia: comparison of bispectral index, spectral edge frequency, median frequency and auditory evoked potentials. *Br J Anaesth.* 1997;8:180-184.
25. Deyne C, Struys M, Decruyenaere J, Creupelandt J. Use of continuous bispectral EEG monitoring to assess depth of sedation in ICU patients. *Intensive Care Med.* 1998;24:1294-1298.
26. Simmons LE, Riker RR, Prato BS, Fraser GL. Assessing sedation during intensive care unit mechanical ventilation with the bispectral index and the Sedation-Agitation Scale. *Crit Care Med.* 1999;27:1499-1504.
27. Shapiro BA. Bispectral index: better information for sedation in the intensive care unit? *Crit Care Med.* 1999;27:1663-1664.
28. Triltsch AE, Welte M, Homeyer von P, Grosse J. Bispectral index-guided sedation with dexmedetomidine in intensive care: a prospective, randomized, double blind, placebo-controlled phase II study. *Crit Care Med.* 2002;30:1007-1014.
29. Werry C, Neulinger A, Eckert O, Lehmkuhl P. Age-related correlation between EEG parameters and depth of anesthesia under propofol. Effect of fentanyl. *Anaesthesiol.* 1996;45:722-730.
30. Denman W, Swanson EL, Rosow D, Ezbicki R. Pediatric evaluation of the bispectral index (BIS) monitor and correlation of BIS with end-tidal sevoflurane concentration in infants and children. *Anesth Analg.* 2000;90:872-877.
31. Laussen PC, Mc Gowan FC, Sullivan LJ, Murphy JA. Bispectral index monitoring in children during mild hypothermic cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology.* 1998;89:925.
32. Johansen JW. Continuous intraoperative bispectral index monitoring and perioperative outcome in children. *Anesth Analg.* 1998;86:406.
33. Mc Dermott NB, Van Sickle T, Motas D, Friesen RN. Validation of bispectral index monitor during conscious sedation and deep sedation in children. *Anesth Analg.* 2003;97:39-43.
34. Berkenbosch JW, Fichter CR, Tobias JT. The correlation of the bispectral index monitor with clinical sedation scores during mechanical ventilation in the pediatric intensive care unit. *Anesth Analg.* 2002;94:506-511.
35. Crain N, Slonim A, Pollack MM. Assessing sedation in the pediatric intensive care unit by using BIS and the COMFORT scale. *Pediatr Crit Care Med.* 2002;3:11-14.
36. Aneja R, Heard AM, Fletcher JF, Heard CM. Sedation monitoring of children by the Bispectral Index in the pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med.* 2003;4:60-64.
37. Courtman SP, Wardurgh A, Petros AL. Comparison of the bispectral index monitor with the Comfort score in assessing level of sedation in critically ill children. *Intensive Care Med.* 2003;29:2239-2246.
38. Constant I, Sabourdin N. The EEG signal: a window on the cortical brain activity. *Paediatr Anaesth.* 2012;22(6):539-52.
39. Благодосклонова НК, Новикова ЛА. Детская клиническая электроэнцефалография. Москва: Медицина;1994.
40. Dag C, Bezgin T, ?zalp N, Ayd?n G. Utility of bispectral index monitoring during deep sedation in pediatric dental patients. *J Clin Pediatr Dent.* 2014;39(1):68-73.
41. Denman WT, Swanson EL, Rosow D, Ezbicki K. Pediatric evaluation of the bispectral index (BIS) monitor and correlation of BIS with end-tidal sevoflurane concentration in infants and children. *Anesth Analg.* 2000;90:872-877.
42. Whyte SD, Booker PD. Bispectral index during isoflurane anesthesia in pediatric patients. *Anesth Analg.* 2004;98:1644-1649.
43. Mc Cann ME, Bacsik J, Davidson A, Auble S. The correlation of bispectral index with end-tidal sevoflurane concentration and hemodynamic parameters in preschoolers. *Paediatr Anaesth.* 2002;12:519-525.
44. Davidson AJ, Mc Cann ME, Devavaram P. The differences in the bispectral index between infants and children during emergence from anesthesia after circumcision surgery. *Anesth Analg.* 2001;93:326-330.
45. Kim HS, Oh AY, Kim CS, Kim SD. Correlation of bispectral index with end-tidal sevoflurane concentration and age in infants and children. *Br J Anaesth.* 2005;95:362-366.
46. Rodriguez RA, Hall LE, Duggan S, Splinter WM. The bispectral index does not correlate with clinical signs of inhalational anesthesia during sevoflurane induction and arousal in children. *Can J Anaesth.* 2004;51:472-480.
47. Wodey E, Tirel O, Bansard JY. Impact of age on both BIS values and EEG bispectrum during anaesthesia with sevoflurane in children. *Br J Anaesth.* 2005;94:810-820.
48. Kussman BD, Gruber EM, Zurakowski D, Hansen DD. Bispectral index monitoring during infant cardiac surgery: relationship of BIS to the stress response and plasma fentanyl levels. *Paediatr Anaesth.* 2001;11:663-669.
49. Tobias JR, Grindstaff R. J. Bispectral index monitoring during the administration of neuromuscular blocking agents in the pediatric intensive care unit patient. *Intensive Care Med.* 2005;20:233-237.
50. Trope RM, Silver PC, Sagy M. Concomitant assessment of depth of sedation by changes in bispectral index and changes in autonomic variables (heart rate and/or BP) in pediatric critically ill patients receiving neuromuscular blockade. *Chest.* 2005;128:303-307.

51. Mason KP, Michna E, Zurakowski D. Value of bispectral index monitor in differentiating between moderate and deep Ramsay Sedation Scores in children. *Paediatr Anaesth.* 2006;16:1226-1231.
52. Schwartzl D, Wu A, Han D, Gibson C. BIS in children during maintenance anesthesia. *J Roman Anestezie Terapie Intensiva.* 2011;18(2):95-100.
53. Karadeniz U, Erdemli O, Yamak B. On-pump beating heart versus hypothermic arrested heart valve replacement surgery. *J Card Surg.* 2008;23:107-113.
54. Vretzakis G, Dragoumanis C, Argiriadou H. Inaccuracy of BIS values produced by the cardiopulmonary bypass machine during the operative repair of an aortic dissection. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2006;20:68-70.
55. Jin Yong Jung, Bo Mi Min. Bispectral index monitoring correlates with the level of consciousness in brain injured patients. *Korean J Anesthesiol.* 2013;64(3):246-250.
56. Bleeker CP, Smit B, Vos PE, Mourisse MJ. Bispectral index changes during acute brainstem TIA/ischemia. *Case Report Med.* 2010;2010:3.
57. Bharath Kumar TV, Goverdhan Dutt Puri. Bispectral index as a possible early marker of cerebral hypoperfusion. *Anesth Essays Res.* 2013;7(3):405-407.
58. Choudhry DK, Brenn BR. Bispectral index monitoring: a comparison between normal children and children with quadriplegic cerebral palsy. *Anesth Analg.* 2002;95:1582-5.

### SNISAR VI, PAVLYSH OS

#### INTRAOPERATIVE NEUROPHYSIOLOGICAL MONITORING: RELIABILITY AND USEFULNESS IN PEDIATRICS

This review presents a number of literature data on the use of the bispectral index (BIS) in children. It is shown that extrapolation of data obtained in adults to children can not be sufficiently justified because of the different methods of anesthesia in pediatrics, the changed pharmacology of anesthetics, the features of the maturation of the brain and the developing psychology of children. The use of encephalographic technologies to measure depression in pediatrics requires not only the validity of these methods, but also a more significant study and understanding of neurophysiology in a given population.

The bispectral index was suggested for use in children, but many studies have not confirmed their effectiveness for young children. As you know, EEG reflects the functional activity of the brain, which depends on the degree of maturity of the brain structures. Therefore, it is obvious that as the various departments of the central nervous system mature, the bioelectrical activity of the brain changes (as the gradual transition of the dominant brain rhythm from low-frequency to higher-frequency brain becomes more frequent), the EEG picture changes very much with the child's age. The concept of the general age norm in electroencephalography also can not be considered strictly defined, as in young children the individual differences in EEG are significantly expressed. In older children, physiology, anatomy and clinical observation indicate that the performance of BIS monitors may be similar to that in adults, although the clinical significance of the results may be different.

**Key words:** children, BIS, anesthesia, sedation.

### СНІСАРЬ В.І., ПАВЛИШ О.С.

#### ІНТРАОПЕРАЦІЙНИЙ НЕЙРОФІЗІОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ: ДОСТОВІРНІСТЬ І КОРИСТЬ В ПЕДІАТРІЇ

В даному огляді представлений ряд літературних джерел щодо застосування біспектрального індексу (BIS) у дітей. Показано, що екстраполяція даних, отриманих у дорослих та дітей, не може бути достатньо обґрунтованою, із-за різних методик анестезії в педіатрії, зміненою фармакологією анестетиків, особливостями дозрівання мозку та розвитком психології дітей. Застосування енцефалографічних технологій для вимірювання пригнічення свідомості в педіатрії вимагає не тільки валідності цих методів, але й більш значного вивчення та розуміння нейрофізіології в даній популяції.

Біспектральний індекс був запропонований для використання у дітей, але багато досліджень не підтвердили їх ефективність для дітей молодшого віку. Як відомо, ЕЕГ відображає функціональну активність головного мозку, яка залежить від ступеня зрілості мозкових структур. Тому, очевидно, що в міру дозрівання різних відділів ЦНС змінюється біоелектрична активність головного мозку (по мірі дорослішання поступовий перехід домінуючого ритму мозку від низькочастотного до більш високочастотного), тому картина ЕЕГ дуже сильно змінюється з віком дитини. Поняття загальної вікової норми в електроенцефалографії також не має чітких визначень, оскільки у маленьких дітей значно виражені індивідуальні відмінності в ЕЕГ. У дітей старшого віку фізіологія, анатомія і клінічні спостереження вказують на те, що показники роботи BIS моніторів можуть бути аналогічні показаннями у дорослих, хоча клінічна значущість результатів може бути різною.

**Ключові слова:** діти, BIS, анестезія, седация.