

ОЦЕНКА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА В АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

И. В. Хмельницкий, В. И. Горбачев, С. М. Горбачева

EVALUATION OF THE HEART RHYTHM VARIABILITY IN ANASTHESIOLOGICAL PRACTICE

I. V. Khmel'nitskiy, V. I. Gorbachev, S. M. Gorbacheva

ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования»
МЗ РФ, г. Иркутск

Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Irkutsk, RF

Представлены данные литературы об использовании метода анализа вариабельности сердечного ритма в анестезиологической практике.

Ключевые слова: спектральный анализ, вариабельность сердечного ритма, автономная (вегетативная) нервная система, компьютерный анализ, анестезиологическое пособие.

The article presents the data from literature on using the analysis technique on the heart rhythm variability in anesthesiological practice.

Key words: spectrum analysis, heart rhythm variability, autonomous (vegetative) nervous system, computer analysis, anesthesiological manual.

Безопасность и комфорт для пациента в оптимальных условиях работы хирурга – основная задача любого анестезиологического пособия. Полноценное обследование, четкие противопоказания, доступность мониторинга жизненно важных функций организма обеспечивают врачам эффективную совместную работу.

В операционной либо вне ее используется большое количество методик оценки функции сердечно-сосудистой системы, что, несомненно, помогает определить эффективность анестезии. Однако многое зависит не только от эффекта лекарственного вещества и его концентрации, но и от афферентной импульсации и индивидуальных особенностей работы антиноцицептивной системы больного, которые ведут себя как крайне нестабильные величины. Эти факторы усложняют прогнозирование глубины анестезии, так как уровень анестезии, будучи зависимым от значительного количества внешних и внутренних условий, заметно изменяется. В связи с этим влияние лекарственных препаратов и технологических средств воздействия на состояние всех жизнеобеспечивающих систем и, в частности, вегетативной нервной системы (ВНС) до, во время и после анестезии имеет большой практический интерес [7, 10]. Нейровегетативный гомеостаз во время хирургической травмы становится чрезвычайно уязвимым, что заставляет задуматься о влиянии операционного стресса на ВНС. Поэтому соблюдение баланса фармакологической защиты вегетативного баланса в условиях хирургической агрессии становится крайне актуальным [9, 19, 20, 49].

Гемодинамическая стабильность является приоритетом для врача-анестезиолога, но даже при наличии целого арсенала средств мониторингирования жизненно важных функций иногда трудно определить, что мы порой наблюдаем при проведении анестезии: проявление болевой реакции вследствие восстановления сознания или пробуждение больного в результате запредельной ноцицептивной импульсации в центральной нервной системе (ЦНС). Решение подобной задачи может быть достигнуто при изучении вариабельности сердечного ритма (ВСР) в качестве индикатора прямой и обратной связи симпатoadреналовой системы как метода предоперационной диагностики и анестезиологического контроля [1, 18, 29].

ВСР, хотя и является неспецифичным методом по отношению к нозологическим формам патологии, крайне чувствителен к самым разнообразным внутренним и внешним воздействиям [3]. Метод основан на распознавании и измерении временных параметров между R–R-интервалами электрокардиограммы и построении динамических рядов кардиоинтервалов (кардиоинтервалограммы). Современный анализ ВСР проводят с использованием специально разработанных компьютерных программ [12, 25].

Следует отметить, что сердечный ритм – это практически единственный высокоскоростной способ отражения симпатовагусной регуляции, наиболее доступный соматический параметр оценки работы сердечно-сосудистой системы в анестезиологии. ВСР служит своеобразным индикатором функционального состояния

вегетативной (автономной) нервной системы [22, 31, 42, 50].

Благодаря непрерывному мониторингу вегетативных показателей ритма сердца достигается своевременная регистрация симпатовагусного дисбаланса и осуществляется индивидуальный подбор компенсирующей методики анестезии с учетом конкретной клинической ситуации [18, 21, 45, 46]. В этой ситуации анестезиолог обладает информацией об изменении активности отделов ВНС, которая корректирует взаимосвязи между всеми системами.

Спектральные методы анализа ВСР у пациентов, подвергающихся общей анестезии, в большинстве случаев показывают взаимосвязь прямого и обратного регулирования ВНС сердечного ритма и сердечного барорефлекса. Пропрофол снижает общее артериальное давление (АД) из-за его сосудорасширяющего действия, в то время как частота сердечных сокращений (ЧСС) остается без изменений по отношению к исходным значениям до индукции анестезии. Двумерная модель ряда исследований показала, что обратная связь сердечного барорефлекса может быть подорвана пропофол-индуцированной анестезией и что прямая связь может быть не подвержена зависимости от наркотизации [41].

Динамический контроль при своевременной регистрации ВСР постоянно находится в центре внимания специалиста. Выявлен ряд различных точек приложения к исследованию данной тематики, однако подход и методология у разных авторов отчетливо разнятся.

Самым распространенным методом изучения ВСР можно считать графическое представление его параметров во время различных видов анестезиологического пособия [27].

Визуальный способ оценки информации о динамике медленноволновых процессов позволяет врачу оценивать индивидуальные, адаптационные процессы гемодинамики больного с целью коррекции обезболивания и препарата для анестезии. Через спектральный анализ ВСР и гемодинамические параметры оценивается уровень анестезиологической защиты пациента, преимущественно с позиции реализации адаптационных процессов при использовании различных методов обезболивания [4].

Методом регистрации ВСР во время регионарной анестезии выявлены стабильность параметров ВНС и благоприятное течение послеоперационного периода. При операциях, проведенных в условиях нейролептаналгезии, характерна резкая активация симпатического звена и центрального контура управления сердечным ритмом как на этапах операции, так и в послеоперационном периоде, и это представляет угрозу развития тромбоэмболических осложнений [28]. Актуально выглядит и выявление нарушений вегетативного статуса, связанных с неадекватностью анестезии, во время нейроаксиальных блокад у детей, что позволяет своевременно предпринять компенсационные меры [23].

Совокупное воздействие естественного старения на активность ВНС при комбинированной внутривен-

ной анестезии под контролем ВСР позволило выявить угнетение деятельности сердечно-сосудистого компонента. Компенсаторное повышение симпатической активности замечено у пациентов молодого возраста, и отмечен противоположный эффект в старшей возрастной группе [40].

Доказано, что спектральный анализ синусового ритма сердца может объективно оценивать состояние вегетативной регуляции в процессе кратковременных анестезиологических вмешательств и может применяться для мониторинга адекватности анестезиологического пособия [11, 14, 37, 45].

Нельзя рассматривать в отрыве влияние общей и регионарной анестезии на сердечно-сосудистую систему и вегетативную регуляцию сердечной деятельности, так как ВНС, как главная система адаптации на сегментарном уровне, в первую очередь реагирует на любое стрессовое воздействие, будь то операция или анестезия [5]. Также это особенно важно для пациентов с сопутствующей ишемической болезнью сердца (ИБС) и артериальной гипертензией, у которых имеется исходное нарушение вегетативной регуляции сердечной деятельности [30].

Достаточно часто можно встретить в научной литературе описание использования разнообразных тестов функциональной диагностики для исходной оценки напряжения различных отделов ВНС, которые помогают выявить гемодинамические расстройства во время анестезии. Так, больные с сопутствующей ИБС, имеющие в предоперационном обследовании при нагрузочной чреспищеводной электрокардиостимуляции повышение АД_{ср} более чем на 15% и индекс напряжения при нагрузке объемом более чем на 50%, представляют собой группу повышенного риска интраоперационной гемодинамической нестабильности. Оптимальным видом анестезии у данных пациентов является сочетанная анестезия на основе грудной эпидуральной анестезии, севофлурана (1,1–1,3 МАК) и искусственная вентиляция легких закисно-кислородной смесью в соотношении 1 : 1. Больным с высоким риском развития интраоперационной гемодинамической нестабильности нежелательно применение спинальной анестезии, так как она приводит к выраженной гипотонии. Больным с повышенными значениями скорректированного времени восстановления функции синусового узла, по данным электрофизиологического исследования сердца, более чем на 40% нежелательно использование грудной эпидуральной блокады, так как она приводит к дисфункции синусового узла с развитием выраженной брадикардии [34].

Исследование состояния адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы при нормальной доношенной беременности на поздних сроках гестации с помощью анализа ВСР, проведение активной ортостатической пробы позволяют оценить вегетативный гомеостаз и риск развития интраоперационной артериальной гипертензии на фоне синусовой аритмии, что выражается в преобладании активности симпатического отдела ВНС, повышении ЧСС в покое, на-

личии постуральной ортостатической гипотонии или тахикардии [15].

Чрезвычайно интересны исследования по оценке адекватности и глубины наркоза во время различных хирургических вмешательств, при сопоставительном изучении ВСР в отдельности либо совместно с дополнительными, не менее информативными инструментальными методами.

Большая перспектива прослеживается при оценке адекватности обезболивания на основе измерения вегетативного тонуса методами статистического, спектрального анализа, расчета индекса Кердо, модифицированного волнового или вейвлет-преобразования (wavelet transformation) в интраоперационном периоде [13, 39].

Интересно мнение ряда авторов о возможности усовершенствования существующей методики оценки ВСР путем применения дополнительных расчетов с созданием новых индексов. Так называемый многомерный индекс ноцицепции, на уровне ноцицепции multidimensional index of nociception, the nociception level (NoL), позволяет нивелировать гемодинамические эффекты ремифентанила, а также является надежным показателем умеренной и интенсивной ноцицептивной стимуляции [48].

Существует концепция системного аппаратного мониторинга жизненно важных функций, основанная на физиологии и патофизиологии. Эта концепция реализована в серийно выпускаемом отечественном аппаратно-программном комплексе «Система интегрального мониторинга "Симона 111"». Представлены одновременно параметры гемодинамики, электрокардиограмма, фотоплетизмограмма, реокардиограмма, электроэнцефалограмма, гистограмма кардиоинтервалов, кардиоинтервалограмма, корреляционная ритмограмма, параметры транспорта и потребления кислорода, дыхания, метаболизма и активности ЦНС. «Симона 111» помогает выявить и разделить патологические и компенсаторно-приспособительные реакции при различной хирургической и терапевтической патологии, а также во время анестезии [2].

Мониторинг вегетативной регуляции ритма сердца при использовании различных препаратов внутривенного обезболивания является качественным методом наблюдения за больными во время операции. К примеру, тиопентал натрия обеспечивает меньшую вегетативную стабильность во время анестезии, что проявляется более выраженным снижением волн высоких частот (HF) на втором этапе, снижением волн низких частот (LF) на травматичных этапах операции, то есть происходит более статистически значимое увеличение симпатического тонуса на травматичном этапе операции. При седации пропофолом сохраняются механизмы вегетативной реактивности. Это подтверждают менее выраженное снижение HF на втором этапе, а также более высокая стабильность индекса вегетативного стресса на всех этапах [17].

Куда более интересно становится использование методики ВСР для сравнения глубины анестезии

не по виду, а по типу, другими словами, при внутривенной и ингаляционной анестезии. Оценка в динамике сердечного ритма при использовании пропофола и севофлурана выявила более глубокий гипнотический эффект на хирургическом уровне обезболивания при анестезии пропофолом [47]. По данным ВСР можно выявить недостаточную защиту пациентов от хирургической агрессии, оперированных в условиях общей анестезии, по сравнению с больными, оперированными в условиях комбинированной эпидуральной анестезии [36].

Крайне интересна работа по анализу стратегии анестезии в ходе нейрохирургических процедур линейного и нелинейного анализа двух сосудистых сигналов. Авторам удалось выделить различия между симпатической составляющей (медленной) и блуждающим нервом (быстрой) в комбинации с модуляцией анестетиков, а параллельное измерение спектрального анализа ВСР (линейный способ) подчеркнуло различия в балансе между исследуемыми нейронными системами управления [44].

Также на фоне одинаковой по степени операционной травмы показатели соматотропного гормона и тиреотропного гормона, пролактина и кортизола в условиях анестезии сочетанием препаратов для НЛА с закисью азота оказались выше, чем при спинальной анестезии [16, 33].

Использование спектрального анализа ВСР при оценке адекватности анестезиологического пособия помогает дифференцировать интраоперационную артериальную гипертензию в результате операционного стресса от стойкой артериальной гипертонии как компонента гипертонической болезни [39]. Прогнозирование исхода определенного вида вмешательства при определенном виде анестезиологического пособия в зависимости от симпатoadренального ответа позволяет нивелировать возможные интраоперационные анестезиологические осложнения.

Использование оценки неспецифических механизмов адаптации с помощью метода ВСР может выявить снижение адаптационных возможностей, что позволяет эффективно прогнозировать течение послеоперационного периода и делать выводы о нарастании степени напряжения регуляторных систем по мере увеличения возраста пациентов и по мере распространенности онкологического процесса. У больных со сниженной ВСР наблюдалось более частое появление послеоперационных осложнений [8, 24, 26, 32].

При интраоперационном анализе симпатовагального баланса, равного отношению мощностей волн низкой (LF) и высокой (HF) частот, отражающих, соответственно, активность симпатического и парасимпатического отделов, выявлено, что выраженными антистрессорными свойствами обладает пропофол и севофлуран, значительно им уступает тиопентал натрия [6].

Кроме этого, с помощью нейропсихологических тестов Бурдона и Равена установлено, что состояние когнитивных функций в послеоперационном периоде

зависит от качества антистрессорной защиты во время операции [35].

Необходимо отметить, что существует достаточно большое разнообразие методов предоперационного обследования, оценки адекватности анестезии, прогнозирования течения раннего послеоперационного периода с помощью ВСР и достаточно серьезных аргументов, доказывающих преимущество одних перед другими с точки зрения безопасности и эффективности методики, однако сохраняется необходимость углубленного изучения данной методики в оценке качества анестезиологического пособия.

ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования» МЗ РФ.
664049, г. Иркутск, мкр-н Юбилейный, д. 100.

Хмельницкий Игорь Викторович

кандидат медицинских наук, ассистент кафедры
анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: igor220675@yandex.ru

Горбачев Владимир Ильич

доктор медицинских наук, профессор, заведующий
кафедрой анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: gorbachevvi@yandex.ru

Горбачева Светлана Михайловна

доктор медицинских наук, профессор, заведующая
кафедрой скорой медицинской помощи и медицины
катастроф, проректор по учебной работе.
E-mail: gorbachevast@mail.ru

Литература

1. Антонов А. А., Буров Н. Е. Системный аппаратный мониторинг (физиологические аспекты) // Вестн. интенс. терапии. – 2010. – № 3. – С. 8–12.
2. Астахов А. А. Адаптационные процессы гемодинамики при различных вариантах анестезии и интенсивной терапии у пациентов отделений реанимации: Дис. ... д-ра мед. наук. – Екатеринбург, 2012. – 225 с.
3. Баевский Р. М., Клецкин С. С. Математический анализ ритма сердца. – М.: Наука, 1979. – 116 с.
4. Баевский Р. М., Семенов Ю. Н., Черникова А. Г. Анализ вариабельности сердечного ритма с помощью комплекса «Варикард» и проблема распознавания функциональных состояний // Хронобиол. аспекты артериальной гипертензии в практике врачебно-летной экспертизы. – М., 2000. – С. 167–178.
5. Бояркин М. В., Вахрушев А. Е., Марусанов В. Е. Оценка адекватности анестезиологического пособия с помощью спектрального анализа синусового ритма сердца // Анестезиол. и реаниматол. – 2003. – № 4. – С. 7–10.
6. Бунатян А. А., Мизиков В. М., Вабищевич А. В. и др. Анестезиологическое обеспечение в эндоскопической хирургии // Анналы ВНИЦ РАМН. – 1997. – № 6. – С. 67–88.
7. Воробьев В. П., Боголепова И. Н., Голуб Д. М. и др. Вегетативная нервная система. БМЭ; Изд. 3-е. М.: Советская энциклопедия, 1976. – С. 68–79.
8. Головкин Е. Ю., Куликов Е. П. Зависимость показателей вариабельности сердечного ритма от клинических характеристик опухолевого процесса // Актуальные вопросы патологии: сб. науч. тр., посвящ. дню лечебного факультета. – Рязань: РязГМУ, 2005. – С. 30–31.
9. Голгорский В. А., Гриненко Т. Ф., Верещагина Л. В. Динамика внутрисуточного ритма частоты сердечных сокращений и дыхания в непосредственном посленаркозном послеоперационном периодах // Анестезиол. и реаниматол. – 1981. – № 6. – С. 25–29.
10. Горбачев В. И., Емельянов В. Е., Стариков А. С. и др. Применение вариационной кардиоинтервалографии для оптимизации анестезиологического пособия в хирургии одного дня // Анестезиология и реаниматология. – 2003. – № 5. – С. 41–44.
11. Горбачев В. И., Емельянов В. Е., Хмельницкий И. В. и др. Кардиоинтервалография в оптимизации анестезиологического обеспечения краткосрочных хирургических вмешательств // Вестн. интенс. терапии. – 2006. – № 5. – С. 95–98.
12. Горбачев В. И., Хмельницкий И. В., Добрынина Ю. В. и др. Определение типа вегетативного тонуса в режиме on-line // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2009. – № 3. – С. 60–66.
13. Горбачев В. И., Хмельницкий И. В., Добрынина Ю. В. Оценка вегетативного тонуса с помощью комплексного исследования непрерывного вейвлет-преобразования и кардиоинтервалографии // Вестн. новых мед. технологий. – 2011. – № 3. – С. 154–157.
14. Горбачев В. И., Хмельницкий И. В., Русанов Д. Н. и др. Способ определения типа вегетативного тонуса. Патент на изобретение RU 2373839 от 09.07.2008 г.
15. Денисова Н. Ю. Разработка методов прогнозирования и профилактики артериальной гипотонии, вызванной спинальной анестезией при кесаревом сечении: Дис. ... канд. мед. наук. – Воронеж, 2006. – 126 с.
16. Емельянов В. Е. Применение кардиоинтервалографии в оптимизации анестезиологического обеспечения при миниинвазивных хирургических вмешательствах: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2005. – 22 с.
17. Зноскова И. А. Динамика показателей вариабельности ритма сердца в периоперационном периоде отомикрочирургических вмешательств при различных вариантах седации // Український журнал екстремальної медицини імені Г. О. Можая. – 2009. – № 1. – С. 77–81.
18. Калакутский Л. И., Манелис Э. С. Аппаратура и методы клинического мониторинга: Учебное пособие. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. Ун-т, 1999. – 161 с.
19. Камышов Я. М. Внутривенная общая анестезия в амбулаторно-поликлинической практике. – М.: Медицина, 1987. – 155 с.
20. Китиашвили И. З. Компоненты и методы общей анестезии при малых хирургических операциях и травматических манипуляциях: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1997. – 28 с.
21. Клецкин С. З. Проблемы контроля и оценки операционного стресса (на основе анализа ритма сердца с помощью ЭВМ): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 1980. – 32 с.
22. Кузнецов П. С. Особенности вегетативных дисфункций у больных язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки, их диагностика, коррекция методами рефлексотерапии: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Рязань, 2003. – 20 с.
23. Кулев А. Г. Анализ вариабельности ритма сердца в оценке эффективности и безопасности нейроаксиальных блокад у детей: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 2006. – 22 с.
24. Куликов Е. П., Лапкин М. М., Головкин Е. Ю. Роль исследования вариабельности сердечного ритма в прогнозировании непосредственных исходов хирургического лечения больных раком желудка // Онкохирургия. – 2010. – Т. 2, № 1. – С. 26–29.
25. Лапкин М. М., Семенов Ю. Н., Шалкин П. В. Программно-аппаратный комплекс для оценки неспецифических адаптационных возможностей человека // Вестн. новых мед. технологий. – 1995. – Т. 2, № 3–4. – С. 122–126.
26. Лапкин М. М., Куликов Е. П., Головкин Е. Ю. Физиологический подход к прогнозированию исходов оперативного лечения больных раком желудка // Российский медико-биологический вестник им. акад. И. П. Павлова. – 2007. – № 1. – С. 7–12.

27. Маньков А. В., Горбачев В. И. Изменения вегетативного гомеостаза и гемодинамики в условиях спинальной анестезии // Сиб. мед. журнал (Иркутск). – 2010. – Т. 97, № 6. – С. 145–148.
28. Михайлова Э. Ф., Антонов А. М. Кардиоинтервалографическая оценка состояния вегетативной нервной системы во время операций с применением регионарной и общей анестезии // Казан. мед. журнал. – 2011. – Т. 92, № 3. – С. 353–356.
29. Никитина Е. В., Сергеев Н. И. Реакция крови и гипоталамо-надпочечниковой системы в предоперационном периоде в зависимости от функционального состояния вегетативной нервной системы // Мат. XI съезда Всероссийского конгресса анестезиологов-реаниматологов. – СПб., 2008. – С. 433.
30. Овечкин А. М. Профилактика послеоперационного болевого синдрома. Патогенетические основы и клиническое применение: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2000. – 42 с.
31. Селивоненко С. В. Спектральный анализ сердечного ритма как показатель вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы // Терапевт. архив. – 2002. – № 1. – С. 59–61.
32. Семионкин Е. И., Куликов Е. П., Трушин С. Н. и др. Оценка адаптации в хирургической и онкологической практике методом математического анализа сердечного ритма // Рос. медико-биологический вестн. им. акад. И. П. Павлова. – 2012. – № 2. – С. 244–247.
33. Сергеев Н. И., Юрченко С. А. Показатели гормонов гипоталамуса и коры надпочечников в зависимости от функционального состояния вегетативной нервной системы в условиях общей и спинальной анестезии // Новости хирургии. – 2011. – № 4. – С. 100–106.
34. Ситкин С. И. Анестезиологическое обеспечение операций на брюшной аорте и артериях нижних конечностей: Дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2008. – 225 с.
35. Скороплёт О. И., Георгиянц М. А. Послеоперационная когнитивная дисфункция и вариабельность сердечного ритма у больных молодого возраста, прооперированных по поводу челюстно-лицевой патологии // Украинский журнал экстремальной медицины імені Г. О. Можая. – 2013. – Т. 14, № 1. – С. 58–62.
36. Хамидов Д. Д., Мурадов А. М., Шарипов М. М. и др. Нейровегетативная регуляция сердечного ритма в процессе анестезиологического пособия у больных осложненным эхинококкозом печени // Науч.-практ. журнал ТИПММК. – 2014. – № 1. – С. 43–46.
37. Хмельницкий И. В., Горбачев В. И. Способ определения типа вегетативного тонуса в режиме реального времени. Разрешение на применение новой медицинской технологии ФС № 2010/054 от 02.03.2010 г.
38. Черный В. И., Смирнова Н. Н. Интраоперационный мониторинг вариабельности сердечного ритма как метод оценки функционального состояния стресс-систем организма // Вестн. неотложной и восстановительной медицины. – 2012. – № 4. – С. 525–528.
39. Черный В. И., Смирнова Н. Н. Опыт применения эбрантила с целью интраоперационной коррекции артериальной гипертензии // Вестн. неотложной и восстановительной медицины. – 2012. – № 3. – С. 333–334.
40. Beheiry H. El., Mak P. Effects of aging and propofol on the cardiovascular component of the autonomic nervous system // J. Clin. Anesth. – 2013. – Vol. 25, № 8. – P. 637–643.
41. Dorantes-Mendez G., Aletti F., Toschi N. Effects of propofol anesthesia induction on the relationship between arterial blood pressure and heart rate // Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. – 2012. – P. 2835–2838.
42. Furgaa A. Autonomic system disturbances in patients with increased intracranial pressure caused by brain tumors evaluated by heart rate variability // Folia Med. Cracov. – 2007. – Vol. 48, № 1–4. – P. 35–44.
43. Galletly D. C., Westenberg A. M., Robinson B. J. et al. Effect of halothane, isoflurane and fentanyl on spectral components of heart rate variability // Br. J. Anaesth. – 1994. – Vol. 72, № 2. – P. 177–180.
44. Guzzetti S., Bassani T., Latini R. Autonomic cardiovascular modulation with three different anesthetic strategies during neurosurgical procedures // Minerva Anestesiol. – 2015. – Vol. 81, № 1. – P. 3–11.
45. Hmelnickiy I., Gorbachev V. Evaluation of anaesthesia adequacy by means of pulse variability analysis method. 1st International Baltic Congress of Anaesthesiology and Intensive Care. Riga. – 2005. – P. 30.
46. Howell S. J., Wanigasekera V., Young J. D. et al. Effect of propofol and thiopentone, and benzodiazepine premedication on heart rate variability measured by spectral analysis // Br. J. Anaesth. – 1995. – Vol. 74, № 2. – P. 168–173.
47. Mäenpää M., Penttilä J., Laitio T. The effects of surgical levels of sevoflurane and propofol anaesthesia on heart rate variability // Eur. J. Anaesth. – 2007. – Vol. 24, № 7. – P. 626–633.
48. Martini C. H., Boon M., Broens S. J. et al. Ability of the nociception level, a multiparameter composite of autonomic signals, to detect noxious stimuli during propofol-remifentanyl anesthesia // Anesthesiology. – 2015. – Vol. 123, № 3. – P. 524–534.
49. Neukirchen M., Kienbaum P. Sympathetic nervous system: Evaluation and importance for clinical general anesthesia // Anesthesiology. – 2008. – Vol. 109, № 6. – P. 1113–1131.
50. Tekin G. Altered autonomic neural control of the cardiovascular system in patients with polycystic ovary syndrome // Int. J. Cardiology. – 2008. – Vol. 130, № 1. – P. 49–55.

References

1. Antonov A.A., Burov N.E. System hardware-based monitoring (physiological aspects). *Vestnik Intens. Terapii*, 2010, no. 3, pp. 8–12. (In Russ.)
2. Astakhov A.A. *Adaptatsionnye protsessy gemodinamiki pri razlichnykh variantakh anestezii i intensivnoy terapii u patsientov otdeleniy reanimatsii. Diss. dokt. med. nauk.* [Adaptive hemodynamic processes in various variants of anesthesia in intensive therapy in the patients of critical care departments. Doct. Diss.]. Yekaterinburg, 2012, 225 p.
3. Baevskiy P.M., Kletskin Z.S. *Matematicheskiy analiz ritma serdtsa.* [Mathematical analysis of heart rhythm]. Moscow, Nauka Publ., 1979, 116 p.
4. Baevskiy R.M., Semenov Yu.N., Chernikova A.G. *Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma s pomosh'yu kompleksa «Varikard» i problema raspoznavaniya funktsional'nykh sostoyaniy. Khronobiol. aspekty arterial'noy gipertenzii v praktike vrachebno-leitnoy ekspertizy.* [Analysis of heart rhythm variability with the help of Varikard and problem of function states recognition. Chronobiological aspects of hypertension in the practice of aviation physical examination]. Moscow, 2000, pp. 167–178.
5. Boyarkin M.V., Vakhrushev A.E., Marusanov V.E. Evaluation of the relevance of anesthesia care with the help of spectrum analysis of sinus rhythm of the heart. *Anesteziol. i Reanimatol.*, 2003, no. 4, pp. 7–10. (In Russ.)
6. Bunatyan A.A., Mizikov V.M., Vabishhevich A.V. et al. Anesthesiological care in endoscopic surgery. *Annaly VNTSKH RAMN*, 1997, no. 6, pp. 67–88. (In Russ.)
7. Vorobev V.P., Bogolepova I.N., Golub D.M. et al. *Vegetativnaya nervnaya sistema.* [Vegetative nervous system]. BME, 3rd Ed., Moscow, Sovetskaya Enciclopedia Publ., 1976, pp. 68–79. (In Russ.)
8. Golovkin E.Yu., Kulikov E.P. *Zavisimost' pokazateley variabel'nosti serdechnogo ritma ot klinicheskikh kharakteristik opukholevogo protsessa. Aktual'nye voprosy patologii: sb. nauch. tr., posvyashh. dnyu lechebnogo fakul'teta.* [Dependence of heart rhythm variability rates from clinical parameters of tumor. Actual issues of pathology: coll. of articles devoted to the day of treatment department]. Ryazan', RyazGMU Publ., 2005, pp. 30–31.
9. Gologorskiy V.A., Grinenko T.F., Vereshhagina L.V. Changes in heart rhythm and respiration within one day during the immediate post-anesthetic post-operative period. *Anesteziol. i Reanimatol.*, 1981, no. 6, pp. 25–29. (In Russ.)
10. Gorbachev V.I., Emel'yanov V.E., Starikov A.S. et al. Use of variational beat-to-beat ratemetry for optimization of anesthesiological care in the one day surgery. *Anesteziologiya i Reanimatologiya*, 2003, no. 5, pp. 41–44. (In Russ.)
11. Gorbachev V.I., Emel'yanov V.E., Khmel'nitskiy I.V. et al. Beat-to-beat ratemetry in optimization of anesthesiological care in the short term surgery. *Vestnik Intens. Terapii*, 2006, no. 5, pp. 95–98. (In Russ.)
12. Gorbachev V.I., Khmel'nitskiy I.V., Dobrynina Yu.V. et al. Testing vegetative tone type in the on-line mode. *Ul'trazvukovaya i Funktsional'naya Diagnostika*, 2009, no. 3, pp. 60–66. (In Russ.)
13. Gorbachev V.I., Khmel'nitskiy I.V., Dobrynina Yu.V. The evaluation of vegetative tone with the help of complex testing of continuous wavelet transformation and beat-to-beat ratemetry. *Vestn. Novykh Med. Tekhnologiy*, 2011, no. 3, pp. 154–157. (In Russ.)

14. Gorbachev V.I., Khmel'nitskiy I.V., Rusanov D.N. et al. *Sposob opredeleniya tipa vegetativnogo tonusa*. [Testing technique of vegetative tone type]. Patent RU 2373839 as of 09.07.2008.
15. Denisova N.Yu. *Razrabotka metodov prognozirovaniya i profilaktiki arterial'noy gipotonii, vyzvannoy spinal'noy anesteziej pri kesarevom sechenii*. Diss. kand. med. nauk. [Development of prognostic and prevention techniques of hypertension caused by spinal anesthesia in cesarean section. Cand. Diss.]. Voronezh, 2006, 126 p.
16. Emelyanov V.E. *Primenenie kardiointervalografii v optimizatsii anesteziologicheskogo obespecheniya pri miniminivaznykh khirurgicheskikh vmeshatel'stvakh*. Diss. kand. med. nauk. [Use of beat-to-beat ratemetry in the optimization of anesthesiological care in minimally invasive surgery. Cand. Diss.]. Moscow, 2005, 22 p.
17. Znoskova I.A. Changes in the rates of heart rhythm variations in peri-operative period of otomicrosurgery in various variants of sedation. *Ukrainsky Journal Ekstremalnoy Meditsiny im. G.O. Mozhaeva*, 2009, no. 1, pp. 77-81.
18. Kalakutskiy L.I., Manelis E.S. *Apparatura i metody klinicheskogo monitoringa. Uchebnoe posobie*. [Hardware and methods of clinical monitoring. Manual]. Samara, Samar. Gos. Aerokosm. Un. Publ., 1999, 161 p.
19. Kamyshev Ya.M. *Vnutrivennaya obshchaya anesteziya v ambulatorno-poliklinicheskoy praktike*. [Intravenous general anesthesia in the out-patient practice]. Moscow, Meditsina Publ., 1987, 155 p.
20. Kitiashvili I.Z. *Komponenty i metody obschey anestezii pri malykh khirurgicheskikh operatsiyakh i travmatichnykh manipulyatsiyakh*. Diss. kand. med. nauk. [Components and methods of general anesthesia in minor surgery and traumatic surgery. Cand. Diss.]. Moscow, 1997, 28 p.
21. Kletskin S.Z. *Problemy kontrolya i otsenki opsatsionnogo stressa (na osnove analiza ritma serdtsa s pomoshchyu EVM)*. Diss. dokt. med. nauk. [Problems of control and evaluation of surgical stress (based on computer analysis of heart rhythm. Doct. Diss.]. Moscow, 1980, 32 p.
22. Kusnetsov P.S. *Osobennosti vegetativnykh disfunktsiy u bol'nykh yazvennoy boleznyu zheludka i dvenadtsatiperstnoy kishki, ikh diagnostika, korrektsiya metodami refleksoterapii*. Diss. kand. med. nauk. [Specific vegetative dysfunction in peptic and duodenal ulcer patients, their diagnostics and management by reflexotherapy techniques. Cand. Diss.]. Razyan, 2003, 20 p.
23. Kulev A.G. *Analiz variabelnosti ritma serdtsa v otsenke effektivnosti i bezopasnosti neyroaktsial'nykh blokad u detey*. Diss. kand. med. nauk. [Analysis of heart rhythm variations in the efficiency and safety evaluation of neuro-axial blocks in children. Cand. Diss.]. St. Petersburg, 2006, 22 p.
24. Kulikov E.P., Lapkin M.M., Golovkin E.Yu. Role of investigation of heart rhythm variation in prognosis of immediate outcomes of surgical treatment in stomach cancer patients. *Oncokhirurgiya*, 2010, vol. 2, no. 1, pp. 26-29. (In Russ.)
25. Lapkin M.M., Semenov Yu.N., Shalkin P.V. Soft and hardware for evaluation of non-specific adaptation opportunities of the human. *Vestn. Novykh Med. Tekhnologii*, 1995, vol. 2, no. 3-4, pp. 122-126. (In Russ.)
26. Lapkin M.M., Kulikov E.P., Golovkin E.Yu. Physiological approach to prognosis of surgery outcomes in stomach cancer patients. *Ros. Med.-Biol. Vestnik Im. Akad. I.P. Pavlova*, 2007, no. 1, pp. 7-12. (In Russ.)
27. Man'kov A.V., Gorbachev V.I. Changes in vegetative homeostasis and hemodynamics under conditions of spinal anesthesia. *Sib. Med. Journal (Irkutsk)*, 2010, vol. 97, no. 6, pp. 145-148. (In Russ.)
28. Mikhaylova E.F., Antonov A.M. Beat-to-beat ratemetry of state of vegetative nervous system during surgeries with the use of regional and general anesthesia. *Kazan. Med. Journal*, 2011, vol. 92, no. 3, pp. 353-356. (In Russ.)
29. Nikitina E.V., Sergeenko N.I. Reaction of blood and pituitary-adrenal system in the pre-operative period depending on the functional state of vegetative nervous system. *Mat. XI s'ezda Vserossiyskogo kongressa anesteziologov-reanimatorov*. [Abst. book of the XIth All-Russian Conference of Anesthesiologists and Emergency Physicians]. St. Petersburg, 2008, pp. 433.
30. Ovechkin A.M. *Profilaktika posleoperatsionnogo bolevoogo sindroma. Patogeneticheskie osnovy i klinicheskoe primenenie*. Diss. dokt. med. nauk. [Prevention of the post-surgery pain syndrome. Pathogenic basis and clinical use. Doct. Diss.]. Moscow, 2000, 42 p.
31. Selivonenko S.V. Spectrum analysis of heart rhythm as a rate of vegetative regulation of cardio-vascular system. *Terapevt. Arkhiv*, 2002, no. 1, pp. 59-61. (In Russ.)
32. Semionkin E.I., Kulikov E.P., Trushin S.N. et al. Adaptation evaluation in surgical and oncological practice by heart rhythm mathematical analysis technique. *Ros. Med.-Biol. Vestnik Im. Akad. I.P. Pavlova*, 2012, no. 2, pp. 244-247. (In Russ.)
33. Sergeenko N.I., Yurchenko S.A. Hormone rates of hypophysis and adrenal cortex depending on the functional state of vegetative system under conditions of general and spinal anesthesia. *Novosti Khirurgii*, 2011, no. 4, pp. 100-106. (In Russ.)
34. Sitkin S.I. *Anesteziologicheskogo obespecheniya operatsiy na bryushnoy aorte i arteriyakh nizhnikh konechnostey*. Diss. dokt. med. nauk. [Anesthesiological care of surgery on abdominal aorta and arteries of lower limbs. Doct. Diss.]. Moscow, 2008, 225 p.
35. Skoroplyot O.I., Georgiyants M.A. Post-operative cognitive dysfunction and variations of heart rhythm in young patients after surgery due to maxillo-facial pathology. *Ukrainsky Journal Ekstremalnoy Meditsiny im. G.O. Mozhaeva*, 2013, vol. 14, no. 1, pp. 58-62. (In Russ.)
36. Khamidov D.D., Muradov A.M., Sharipov M.M. et al. Neurovegetative regulation of heart rhythm during anesthesiological care in patients with complicated liver echinococcosis. *Nauch. Prakt. Journal TIPPMK*, 2014, no. 1, pp. 43-46. (In Russ.)
37. Khmel'nitskiy I.V., Gorbachev V.I. *Sposob opredeleniya tipa vegetativnogo tonusa v rezhime real'nogo vremeni*. [Testing technique for vegetative tone in real time mode]. Permit to use new medical technology FS no. 2010/054 as of 02.03.2010.
38. Cherniy V.I., Smirnova N.N. Intra-operative monitoring of heart rhythm variation as evaluation technique of functional state of stress systems of the host. *Vestn. Neotlozhnoy i Vosstanovitel'noy Meditsiny*, 2012, no. 4, pp. 525-528. (In Russ.)
39. Cherniy V.I., Smirnova N.N. Experience of using ebrantil for intra-operative management of hypertension. *Vestn. Neotlozhnoy i Vosstanovitel'noy Meditsiny*, 2012, no. 3, pp. 333-334. (In Russ.)
40. Beheiry H.E.L., Mak P. Effects of aging and propofol on the cardiovascular component of the autonomic nervous system. *J. Clin. Anesth.*, 2013, vol. 25, no. 8, pp. 637-643.
41. Dorantes-Mendez G., Aletti F., Toschi N. Effects of propofol anesthesia induction on the relationship between arterial blood pressure and heart rate. *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, 2012, pp. 2835-2838.
42. Furgaa A. Autonomic system disturbances in patients with increased intracranial pressure caused by brain tumors evaluated by heart rate variability. *Folia Med. Cracov*, 2007, vol. 48, no. 1-4, pp. 35-44.
43. Galletly D.C., Westenberg A.M., Robinson B.J. et al. Effect of halothane, isoflurane and fentanyl on spectral components of heart rate variability. *Br. J. Anaesth.*, 1994, vol. 72, no. 2, pp. 177-180.
44. Guzzetti S., Bassani T., Latini R. Autonomic cardiovascular modulation with three different anesthetic strategies during neurosurgical procedures. *Minerva Anesthesiol.*, 2015, vol. 81, no. 1, pp. 3-11.
45. Hmel'nickiy I., Gorbachev V. Evaluation of anaesthesia adequacy by means of pulse variability analysis method. 1st International Baltic Congress of Anaesthesiology and Intensive Care. Riga. 2005, pp. 30.
46. Howell S.J., Wanigasekera V., Young J.D. et al. Effect of propofol and thiopentone, and benzodiazepine premedication on heart rate variability measured by spectral analysis. *Br. J. Anaesth.*, 1995, vol. 74, no. 2, pp. 168-173.
47. Mäenpää M., Penttilä J., Laitio T. The effects of surgical levels of sevoflurane and propofol anaesthesia on heart rate variability. *Eur. J. Anaesth.*, 2007, vol. 24, no. 7, pp. 626-633.
48. Martini C.H., Boon M., Broens S.J. et al. Ability of the nociception level, a multi-parameter composite of autonomic signals, to detect noxious stimuli during propofol-remifentanyl anesthesia. *Anesthesiology*, 2015, vol. 123, no. 3, pp. 524-534.
49. Neukirchen M., Kienbaum P. Sympathetic nervous system: Evaluation and importance for clinical general anesthesia. *Anesthesiology*, 2008, vol. 109, no. 6, pp. 1113-1131.
50. Tekin G. Altered autonomic neural control of the cardiovascular system in patients with polycystic ovary syndrome. *Int. J. Cardiology*, 2008, vol. 130, no. 1, pp. 49-55.