

Роль количественной электроэнцефалографии в диагностике церебральных последствий кардиохирургических вмешательств с применением искусственного кровообращения. Актуальность для онкологии (обзор литературы)

Е. И. Кузнецова, Д. Д. Цыренов

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Блохина» Минздрава России, Москва

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Кардиохирургические операции, в том числе в условиях искусственного кровообращения (ИК), у больных с сердечно-сосудистой патологией связаны с церебральными нарушениями различной степени тяжести, а количественная электроэнцефалография (ЭЭГ) является информативным методом оценки функционального состояния головного мозга. В связи с тем, что и сердечно-сосудистая и онкологическая патологии, могут сосуществовать, крайне актуально проведение одновременных кардиохирургических и онкологических оперативных вмешательств с ЭЭГ-мониторингом.

Цель: на основании анализа литературных данных изучить роль ЭЭГ в диагностике церебральных осложнений у пациентов с сердечно-сосудистой патологией, перенесших кардиохирургическое вмешательство без/в условиях ИК.

Материал и методы. При написании обзора литературы проведен анализ данных в специализированных медицинских базах Pubmed, Scopus, Web of Science по ЭЭГ-исследованиям у пациентов, перенесших операцию коронарного шунтирования (КШ) с/без применения ИК, опубликованных с 1980 по 2023 год.

Результаты. Количественная ЭЭГ имеет большое значение для ранней диагностики и прогнозирования ишемии головного мозга, эпилептиформной активности, послеоперационной когнитивной дисфункции у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС), перенесших КШ с/без применения ИК. Однако, в исследованиях не включали пациентов с онкопатологией, и лиц старше 70 лет. Что, в свою очередь, открывает возможности для ранней диагностики функционального состояния ЦНС у больных раком легкого и сердечно-сосудистыми заболеваниями при симультанных (одномоментных на сердце и легком с/без ИК) операциях. Это будет способствовать проведению своевременной коррекции возникающих осложнений, и разработке направленной реабилитации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭЭГ, искусственное кровообращение, симультанные операции, онкология.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The role of quantitative electroencephalography in the diagnosis of postoperative cerebral consequences in patients with cardiovascular pathology who underwent cardiac surgery using artificial circulation. Importance for oncology (literature review)

E. I. Kuznetsova, D. D. Tsyrenov

N. N. Blokhin National Medical Investigation Centre of Oncology, Moscow, Russia

SUMMARY

Currently, special attention of researchers is attracted to the problem of diagnosing postoperative brain damage and cognitive impairment in patients with cardiovascular pathology after cardiac surgery without/under conditions of artificial circulation (AC). The main method of assessing the functional state of the brain is quantitative electroencephalography (EEG). Because of cardiovascular and oncological pathology could persist in one patient it is actual simultaneous cardiac and oncological surgery under EEG monitoring.

Objective: based on the literature data, to find out the role of EEG in diagnosis of cerebral complications in patients with cardiovascular pathology after cardiac surgery without /under conditions of AC.

Methods. We found and analyzed data in specialized medical data base Pubmed, Scopus, Web of Science about EEG methods in patients after heart bypass with/without AC from 1980 to 2023 years.

Results. The quantitative EEG is very important for early diagnosis and prognosis for cerebral ischemia, epileptiform activity, postoperative cognitive dysfunction in patients with coronary heart disease (CHD) after coronary artery bypass with/without AC. However, the studies did not included patients with oncopathology, people over 70 years of age. It opens possibilities for early diagnosis of central nervous system functional condition in patients with lung cancer and cardiovascular disorders in simultaneous (concomitant heart and lung with/without AC) surgery. It will help a correction of complications in time and a development of guided rehabilitation.

KEYWORDS: EEG, artificial blood circulation, simultaneous surgery, oncology.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Совершенствование методов диагностики и лечения злокачественных опухолей способствует увеличению числа излеченных пациентов, продолжительность жизни которых приближается к общепопуляционной. Разработка и внедрение риск-адаптированных протоколов лечения, таргетных и иммуноориентированных технологий привели к тому, что даже при наиболее агрессивных вариантах лимфом взрослых удается получить многолетнюю выживаемость у 85–88 % больных [1, 2, 3]. Сочетание онкологической и сердечно-сосудистой патологии может предполагать проведение одновременных онкохирургических и кардиохирургических вмешательств (например, в виде аортокоронарного шунтирования (АКШ), в том числе и в условиях искусственного кровообращения). Подобные симультанные операции связаны с риском повреждения центральной нервной системы (ЦНС). С целью улучшения послеоперационных неврологических исходов в клинической практике применяются различные методы для оценки ряда параметров, таких как мозговой кровоток, случаи эмболии головного мозга, активность коры головного мозга, глубина анестезии и насыщение головного мозга кислородом. [4].

В рекомендациях Американской ассоциации по заболеваниям сердца и операциям АКШ в условиях искусственного кровообращения (ИК) в разделе неблагоприятных церебральных последствий включены инсульт, делирий и послеоперационные когнитивные нарушения [5]. По данным литературы у пациентов после АКШ инсульты возникают в 1–3 % наблюдений, делирий в 15 %, послеоперационная когнитивная дисфункция (ПОКД) (снижение памяти, внимания, скорости психомоторного реагирования) возникает в 50–80 % наблюдений [6].

Для исследования функционального состояния головного мозга наибольшее распространение в клинической практике получила компьютерная электроэнцефалография (ЭЭГ). Применение количественной ЭЭГ позволяет проанализировать распределение по областям коры отдельных частотных диапазонов (альфа-, дельта-, тета-, бета- и др.) и затем проводить статистическую обработку [7].

За последние годы совершенствование медицинских технологий позволило проводить кардиохирургическое лечение даже пожилых пациентов с несколькими сопутствующими заболеваниями; однако риск повреждения головного мозга после таких вмешательств повышен у данной категории пациентов. При тяжелых формах ИБС в сочетании со злокачественными новообразованиями эффективным методом лечения являются одновременное или поэтапное АКШ и онкологическая операция в соответствии со стадией опухоли и состоянием сердца [8]. Впервые в России в 90-х годах XX века выдающиеся хирурги М. И. Давыдов и Р. С. Акчуринов выполнили одномоментные операции на сердце и на легком при раке с/без использования ИК у онкологических больных с сопутствующей тяжелой сердечно-сосудистой патологией. Выполнение одномоментных операций на сердце и легком при раке из стернотомного доступа в условиях ИК, является эффективным методом хирургического лечения рака легкого и профилактики коронарной смерти у пациентов с тяжелой кардиальной патологией [9].

Поскольку данные литературы по ЭЭГ-исследованиям у онкологических больных, перенесших одномоментные онкологические и кардиохирургические операции отсутствуют, то данный факт свидетельствует о необходимости проведения подобных исследований, обобщения и анализу полученных результатов. Было показано, что ЭЭГ-исследования у пациентов после кардиохирургических оперативных вмешательств имеют диагностическое значение при церебральной патологии с явлениями ишемии [10] в оценке функционального состояния головного мозга при возникновении послеоперационных осложнений, судорог, когнитивных дисфункций, а также в качестве мониторинга во время оперативных вмешательств с применением ИК [11,12]. Использование мониторинга функций головного мозга с помощью количественной ЭЭГ во время кардиохирургических операций с ИК, позволяет выявлять судороги, неврологические нарушения, контролировать глубину наркоза, интраоперационную ишемию в результате нарушения кровоснабжения ЦНС, и способствовать защите мозга [13]. По данным ЭЭГ до начала операции можно прогнозировать риск цереброваскулярных осложнений [14]. Показатели ЭЭГ могут предоставлять информацию не только о нарушении электрической активности нейронов, но и о потенциальной обратимости их повреждения [15]. Интраоперационный ЭЭГ-мониторинг позволяет выявлять ишемическое повреждение мозга с высокой специфичностью (1,0) и умеренной чувствительностью (0,55) [16]. Имеются данные, что при снижении церебрального кровотока до уровня 22 мл /100 г/мин регистрируется снижение амплитуды и/или замедление биоэлектрической активности головного мозга с последующим увеличением индекса низкочастотной дельта-активности и уплощением ЭЭГ [17].

В проспективном исследовании Massaut J et al. показана информативность ЭЭГ для диагностики ишемии головного мозга во время кардиохирургических операций в условиях остановки кровообращения (ОК) и глубокой гипотермии. ОК более 30 мин ведет к подавлению быстрой активности на ЭЭГ до окончания операции. Эти изменения отсутствовали при операциях без ОК [18].

Suzuki I et al. применили ЭЭГ для раннего выявления дисфункции ЦНС у пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство с применением ИК. Исследования проводили во время и после операции. Показано, что после фазы повторного согревания в большинстве наблюдений (87 %) на ЭЭГ выявлено смещение преобладающего пика спектральной матрицы с низкой частоты на более высокую, что свидетельствовало о восстановлении биоэлектрической активности головного мозга. Стабильное преобладание низких частот, или постепенное сглаживание спектральной матрицы в 13 % наблюдений, свидетельствовало о ранней послеоперационной дисфункции ЦНС [19].

Интраоперационная ЭЭГ является показателем состояния головного мозга после гипотермической остановки кровообращения (ГОК) во время АКШ. В экспериментальном исследовании показано, при значительном понижении температуры отмечается уплощение ритмов ЭЭГ, а при согревании происходит восстановление данных показателей.

При понижении температуры до 20°C гипотермия вызывает замедление волн ЭЭГ, а еще большее понижение ведет к уплощению ЭЭГ. Отмечено, что после длительной ГОК в послеоперационном периоде на 6 сутки сохраняется значимое смещение спектра ЭЭГ от более высокой частоты к более низкой [20]. Однако, не ясно, что является критерием уровня гипотермии, достаточной для безопасной ОК.

В проспективном исследовании Belletti et al. сообщается о взаимосвязи между температурой тела и параметрами количественной ЭЭГ SedLine во время АКШ с применением ИК. Интраоперационно непрерывно измеряли индекс состояния пациента, коэффициент подавления ЭЭГ, частоту двусторонних краев спектра и температуру тела. Использовали линейное смешанное моделирование для изучения связи между параметрами ЭЭГ и температурой тела. Коэффициент подавления ЭЭГ увеличивался при охлаждении и снижался при повторном согревании [21].

В описательном обзоре William M McDevitt et al. указывают на большой потенциал ЭЭГ для выявления как клинических, так и субклинических нарушений электрофизиологии головного мозга во время операции и после нее. Однако, имеется недостаточно сравнительных данных, демонстрирующих преимущества периоперационного мониторинга ЭЭГ [22].

В проспективном рандомизированном исследовании Heck M. et al. у 45 пациентов, перенесших операцию АКШ, биспектральный индекс ЭЭГ (BIS) использовали для прогнозирования показателей гемодинамики и возбуждения в ходе индукции анестезии. Поддержание значения BIS на уровне 50 перед интубацией обеспечивает безопасные гемодинамические условия во время индукции анестезии у кардиохирургических пациентов [23]. Биспектральный индекс ЭЭГ отражает состояние функции ЦНС и оценивается от 0 до 100. Индекс уровня бодрствования имеет значение от 70 и выше, а операции обычно проводят на уровне от 40–60.

Для уменьшения вероятности послеоперационного делирия и когнитивной дисфункции после кардиохирургических вмешательств использование нейромониторинга направлено на контроль снабжения головного мозга кислородом [24]. В проспективном исследовании Momeni M. et al. показано значение интраоперационного ЭЭГ-мониторинга, глубины анестезии и церебральной оксиметрии для прогнозирования послеоперационного делирия (ПОД) и послеоперационной когнитивной дисфункции (ПОКД) у пациентов, перенесших кардиохирургические вмешательства. При снижении показателей оксиметрии (rScO₂) на 25 %, по сравнению с исходным уровнем, происходит интраоперационное подавление ЭЭГ-активности, что связано соответственно с ПОД и ПОКД. [25]

По данным литературы частота встречаемости интраоперационных судорог во время операции на сердце составляет от 0 до 20 %, из которых 85–100 % были субклиническими, и обнаруживались только с помощью ЭЭГ [26,27]. Клинически выраженные приступы у пациентов после кардиохирургических операций возникают в 1–4 % наблюдений, в основном в форме периоперационных генерализованных тонико-клонических судорог. Однако, у пациентов после

кардиохирургических операций значительная доля судорог обнаруживается только с помощью ЭЭГ [28]. Латеральное замедление биоэлектрической активности головного мозга, очаговые билатеральные эпилептиформные разряды наблюдаются у пациентов с постгипоксической энцефалопатией в раннем послеоперационном периоде АКШ [29]. Pugnaghi M. et al. сообщают о бессудорожных приступах с субъективными проявлениями у 4-х пациентов после кардиохирургических операций с использованием ИК. Приступы часто имеют мультифокальное происхождение и возникают с высокой частотой, но без потери сознания. Однако эти виды приступов могут приводить к изменению нейронных сетей с повышением риска клинически выраженных судорог. Побочное воздействие ИК на мозговое кровообращение связано с риском осложнений, таких как инсульт, когнитивная дисфункция и делирий. Непульсирующий или имеющий минимальную частоту пульсаций поток ИК, повышенный уровень РаСО₂ негативно влияют на церебральную ауторегуляцию. При отсутствии пульсации в капиллярах возникает гетерогенный кровоток. Сосуды с отсутствующей перфузией тесно прилегают к сосудам с очень быстрой перфузией. Этот механизм использовался при определении острого неврологического повреждения, с проявлениями в виде судорог и миоклонуса у пациентов после остановки сердца. Вазоконстрикция, вызванная нарушением оксигенации, может способствовать возникновению судорог у пациентов после перенесенной ишемии головного мозга [30].

В исследовании Tschernatsch M. et al. включающем 100 пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство, показано наличие связи между судорогами и послеоперационным делирием. Суточный мониторинг ЭЭГ в отделении интенсивной терапии выявил высокую частоту патологических паттернов ЭЭГ (33 %) и электрографических припадков (9 %) у пациентов, перенесших операцию на сердце. Обнаружена связь между электрографическими приступами и делирием после кардиохирургических операций [31]. У пациентов после кардиохирургического вмешательства с развившемся в послеоперационном периоде делирием на ЭЭГ отмечалась высокая частота интраоперационных эпилептиформных разрядов. Рассматривая патогенетические механизмы аномальных синхронных разрядов эпилептических приступов вследствие накопления глутамата, воспалительных процессов в головном мозге, повреждения гематоэнцефалического барьера, авторы приходят к выводу, что возникновение эпилептиформных разрядов и делирия может иметь общий механизм [32]. Количественная ЭЭГ может быть косвенным методом, позволяющим прогнозировать делирий после операции на сердце. Частота делирия у пациентов после кардиохирургических операций в 9 раз выше, чем у пациентов после некардиохирургических операций (41,7 % и 4,5 % соответственно). Имеются различия между ЭЭГ пациентов в состоянии делирия и без него. У пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство, показатели мощности в дельта-диапазоне частот ЭЭГ тесно коррелируют с делирием и могут служить маркерами для раннего выявления делирия [33].

У кардиохирургических пациентов аномалии на ЭЭГ регистрируются до 49% в период до операции и указывают на ухудшение последствий длительной недостаточности кровообращения. Головной мозг чувствителен к операционным нагрузкам, о чем свидетельствует появление на ЭЭГ нарастания низкочастотной медленноволновой активности, увеличения билатеральных и непрерывных нарушений, замедления доминирующей активности. Отмеченные изменения были обратимыми [34]. Голуховой Е. З. и соавт. показано значение компьютерной ЭЭГ для диагностики послеоперационных ишемических изменений у пациентов, перенесших АКШ с применением ИК. Исследования проводили за 2–3 дня до АКШ с ИК и на 10–15-е сутки после операции. Послеоперационные изменения на ЭЭГ включали увеличение мощности бета-ритмов, преимущественно в поддиапазоне бета1, увеличение мощности частот дельта- и тета-активности в левом полушарии головного мозга. Нарастание бета1-активности рассматривается авторами как патологический признак дисфункции коры головного мозга. Увеличение мощности низкочастотных составляющих в левой височной области может быть признаком дисфункции коры головного мозга в данном регионе [35]. Тарасовой И. В. и соавт. при ЭЭГ-исследовании обнаружены связанные с проведением операции КШ в условиях ИК патологические изменения биоэлектрической активности, преимущественно в лобных отделах коры головного мозга. Показано, что до операции ЭЭГ пациентов с ИБС демонстрирует ухудшение процессов обработки внутренней информации. Наличие даже умеренных стенозов сонных артерий усугубляет ишемическое повреждение головного мозга после ИК [36]. Однако, в исследования не включали больных старше 65 лет и пациентов с онкопатологией.

У пожилых пациентов, которые составляют значительную часть кардиохирургических больных, часто наблюдается снижение альфа-мощности в лобных областях во время операции на сердце [37]. Альфа-ритм является производным взаимодействия затылочной коры со структурами соматосенсорного анализатора, и в свою очередь, спектральные характеристики альфа-ритма в лобно-височных областях тесно коррелируют с когнитивными функциями [38]. Важным фактором риска снижения когнитивных способностей является гипоперфузия, вызванная сердечной недостаточностью. Перфузия крови, иммунный ответ и окислительный стресс являются возможными основными механизмами когнитивной дисфункции, указывая на то, что гематоэнцефалический барьер, глиальные клетки и β -амилоид могут играть активную роль в этих механизмах [39]. Показано, что инфаркты гиппокампа связаны с клиническими симптомами когнитивных нарушений или эпилепсии. Ishibashi N. et al. сообщают, что при сердечно-легочном шунтировании с ультразвуком потоком наиболее уязвим к ишемическим повреждениям гиппокамп [40]. Гиппокамп и другие области мозга восприимчивы к церебральной ишемии, что приводит к когнитивным нарушениям, и сердечной недостаточности. Рекомендовано оценивать когнитивный статус пациентов после АКШ проводить комплексную послеоперационную

когнитивную оценку с использованием нейропсихических тестов, исследование церебральных биомаркеров и ЭЭГ-исследования [41]. У кардиохирургических пациентов ЭЭГ-изменения в виде повышенного уровня низких частот, снижения суммарной мощности и соотношение медленных и быстрых ритмов, могут указывать на ПОКД [42].

Заключение

Количественная ЭЭГ является ценным диагностическим методом для оценки ишемических повреждений головного мозга и связанных с ними когнитивными дисфункциями у больных ИБС после КШ в условиях ИК. В связи с тем, что сердечно-сосудистая и онкологическая патология достаточно часто сосуществуют, то для снижения рисков кардиальной дисфункции в послеоперационном периоде после онкологических операций обсуждаются возможности симультанного хирургического вмешательства, например, одновременного проведения резекции легкого при раке и АКШ. В связи с этим, проведение ЭЭГ для мониторинга нейрофизиологических процессов в головном мозге позволяет своевременно выявлять и корректировать церебральную дисфункцию при симультанных оперативных вмешательствах. Наиболее ценным является прогностическое значение метода. Еще до начала операции по данным ЭЭГ можно прогнозировать риск цереброваскулярных осложнений. Нейрофизиологические исследования после кардиохирургических вмешательств выполняются редко, динамика мощности ритмов ЭЭГ обладает изменчивостью и зависит от функционального состояния. В проводимые исследования традиционно не включают больных с хроническими обструктивными болезнями легких и онкопатологией. Все это диктует необходимость развивать проведение симультанных операций у онкологических больных с ЭЭГ-мониторингом, оценивать и анализировать получаемую информацию о нейрофизиологических особенностях головного мозга, частоте и спектре послеоперационных осложнений и методах их коррекции.

Список литературы / References

1. Барях Е. А., Кременецкая А. М., Кравченко С. К. и соавт. Новый короткий высокоинтенсивный протокол терапии Беркиттоподобной лимфомы взрослых БПМ-04: промежуточные результаты. Гематология и трансфузиология. 2006. Т. 51. № 6. С. 3–11.
Baryakh E. A., Kremetskaya A. M., Kravchenko S. K. et al. New short high-intensity treatment protocol for Burkitt-like lymphoma in adults BPL-M-04: interim results. Hematology and transfusiology. 2006. T. 51. No. 6. P. 3–11.
2. Виноградова Ю. Е., Луценко И. Н., Капланская И. Б. и соавт. Эффективность терапии различных вариантов анаплазированных Т-крупноклеточных лимфом. Терапевтический архив. 2008. Т. 80. № 7. С. 33–37.
Vinogradova Yu. E., Lutsenko I. N., Kaplanskaya I. B. et al. The effectiveness of therapy for various types of anaplastic large T-cell lymphomas. Therapeutic archive. 2008. T. 80. No. 7. P. 33–37.
3. Барях Е. А., Тюрина Н. Г., Воробьев В. И. и соавт. Двенадцатилетний опыт терапии лимфомы Беркитта по протоколу ЛБ-М-04. Терапевтический архив. 2015. Т. 87. № 7. С. 4–14.
Baryakh E. A., Tyurina N. G., Vorobyov V. I. et al. Twelve years of experience in the treatment of Burkitt's lymphoma using the LB-M-04 protocol. Therapeutic archive. 2015. T. 87. No. 7. P. 4–14.
4. Scalletta S., Taccone F. S., Donadello K. Brain injury after cardiac surgery // Minerva Anestesiologica. 2015;81(6):662–77.
5. Hillis LD, Smith PK, Anderson JL et al. American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. J Thorac Cardiovasc Surg. 2012 Jan;143(1):4–34. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.10.015 J Thorac Cardiovasc Surg. 2012.PMID: 22172748
6. Ge Y, Ma Z, Shi H, et al. Incidence and risk factors of postoperative cognitive dysfunction in patients underwent coronary artery bypass grafting surgery. Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban. 2014;39(10):1049–1055.

7. Марк Р. Нюер Количественный анализ и топографическое картирование ЭЭГ: методики, проблемы, клиническое применение / Марк Р. Нюер // Успехи физиологических наук. 1992. Т. 23, № 1. С. 20–39.
Mark R. Nuer Quantitative analysis and topographic mapping of EEG: techniques, problems, clinical applications / Mark R. Nuer // Advances in physiological sciences. 1992. Т. 23, No. 1. P. 20–39.
8. Ming-Kui Zhang, Han-Wen Zhang, Han-Wen Zhang, Hui Xue. Coronary artery bypass grafting in patients with malignancy: a single-institute case series of eight patients // BMC Surgery 13 октября 2022;22(1):359. doi: 10.1186/s12893-022-01805-7
9. Герасимов С. С., Давыдов М. И., Давыдов М. М. Современная стратегия хирургического лечения онкологических больных с тяжёлыми сопутствующими сердечно-сосудистыми заболеваниями. Российский онкологический журнал. 2018; 23 (3–6): 120–128. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1028-9984-2019-23-3-6-120-128>
Gerasimov S. S., Davydov M. I., Davydov M. M. Modern strategy for surgical treatment of cancer patients with severe concomitant cardiovascular diseases. Russian journal of oncology. 2018; 23 (3–6): 120–128. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1028-9984-2019-23-3-6-120-128>
10. Сазонова О. Б., Бородин С. М., Лубнин А. Ю., Баранов О. А. Интраоперационная диагностика церебральной ишемии с помощью компьютерной ЭЭГ. // 1991. Нейроанестезиология. с. 63–68.
Sazonova O. B., Borodkin S. M., Lubnin A. Yu., Baranov O. A. Intraoperative diagnosis of cerebral ischemia using computer EEG. // 1991. Neuroanesthesiology. p. 63–68.
11. Постнов В. Г., Караськов А. М., Ломиворотов В. Н., Зельман В. Л., Кадочникова М. Х., Жукова О. В. Возможности применения электроэнцефалографии в кардиохирургии // Анестезиология, реаниматология и перфузиология. 2009. № 1. с. 35–42.
Postnov V. G., Karaskov A. M., Lomivorotov V. N., Zelman V. L., Kadochnikova M. H., Zhukova O. V. Possibilities of using electroencephalography in cardiac surgery // Anesthesiology, resuscitation and perfusionology. 2009. No. 1. p. 35–42.
12. Kurtz P, Gaspard N, Wahl AS, et al. Continuous electroencephalography in a surgical intensive care unit. Intensive Care Med. (2014) 40:228–34. 10.1007/s00134-013-3149-8.
13. Zou M. Predicting Outcomes in cardiac Surgery Using Processed Electroencephalography J Cardiothorac Vasc Anesth 2022 doi: 10.1053/j.jvca.2022.05.014
14. Sebel P S. Central nervous system monitoring during open heart surgery: an update // J Cardiothorac Vasc Anesth 1998;12(2 Suppl 1):3–8.
15. Chen Y., Xu W., Wang L., Yin X., Cao J., Deng F., et. al. Transcranial Doppler combined with quantitative EEG brain function monitoring and outcome prediction in patients with severe acute intracerebral hemorrhage. Crit. Care. 2018;22(1):36. DOI: 10.1186/s13054-018-1951-y
16. Florence G., Guerit J. M., Gueguen B. Electroencephalography (EEG) and somatosensory evoked potentials (SEP) to prevent cerebral ischemia in the operative room // Neurophysiol. Clin. 2004 Vol. 34. P. 17–32.
17. Gugino LD, Aglio LS, Yli-Hankala A. Monitoring the electroencephalogram during bypass procedures. Semin Cardiothorac Vasc. Anesth. 2004; 8(2): 61–83
18. Massaut J, Dubois-Primo J, Devillé A, Govaerts M J, Deuvaert F. Fourier analysis demonstrate EEG slowing after circulatory arrest at 20 degrees (Comparative Study) // Acta Anaesthesiol Belg 1984;35 Suppl:371–8. PMID: 6516746
19. Suzuki I, Kanabuchi K, Koide S, Kawada S, Shohitsu A. Early detection of central nervous system dysfunction during cardiopulmonary bypass using EEG monitoring // Nihon Geka Gakkai Zasshi. 1988;89(7):1083–92.
20. Mezrow CK., Midulla PS., Sadeghi AM. et. al. Quantitative electroencephalography: a method to assess cerebral injury after hypothermic circulatory arrest. J Thorac Cardiovasc Surg 1995; 109(5):925–34. doi: 10.1016/s0022-5223(95)70318-7
21. Belletti A, Lee D, Yanase F. et. al. Changes in SedLine-derived processed electroencephalographic parameters during hypothermia in patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass // Front Cardiovasc Med. 2023 Jul 4;10:1084426. DOI: 10.3389/fcvm.2023.1084426
22. William M McDevitt, Tanwir Gul, Timothy J Jones, Barnaby R Scholefield, Stefano Seri, Nigel E Drury. Perioperative electroencephalography in cardiac surgery with hypothermic circulatory arrest: a narrative 2022 Sep 9;35(4): ivac198. doi: 10.1093/icvts/ivac198.
23. Heck M, Kümle B., Boldt J. et al. Electroencephalogram bispectral index predicts hemodynamic and arousal reactions during induction of anesthesia in patients undergoing cardiac surgery // J Cardiothorac Vasc Anesth. 2000 14 (6):693–7. doi: 10.1053/jcan.2000.18447. PMID: 11139111 DOI: 10.1053/jcan.2000.18447
24. Benjamin Milne, Thomas Gilbey, Livia Gautel, Gudrun Kunst. Neuromonitoring and Neurocognitive Outcomes in Cardiac Surgery: A Narrative Review. J Cardiothorac Vasc Anesth 2022 Jul;36(7):2098–2113. doi: 10.1053/j.jvca.2021.07.029
25. Momeni M., Meyer S., Marie-Agnès Docquier Guillaume Lemaire et. al. Predicting postoperative delirium and postoperative cognitive decline with combined intraoperative electroencephalogram monitoring and cerebral near-infrared spectroscopy in patients undergoing cardiac interventions // J Clin Monit Comput 2019 Dec;33(6):999–1009. doi: 10.1007/s10877-019-0
26. Murashita T, Pochettino A. Intraoperative electroencephalogram-guided deep hypothermia plus antegrade and/or retrograde cerebral perfusion during aortic arch surgery // J Card Surg. 2016. 31: 216–9.
27. Maryam Y Naim, J William Gaynor, Jodi Chen, Susan C Nicolson. Subclinical seizures identified by postoperative electroencephalographic monitoring are common after neonatal cardiac surgery // J Thorac Cardiovasc Surg. 2015; 150: 169–80.
28. Pataraia E, Jung R, Aull-Watschinger S, Skhirtladze-Dworschak K, Dworschak M. Seizures after adult cardiac surgery and interventional cardiac procedures. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2018;32:2323–2329. doi: 10.1053/j.jvca.2017.12.036.
29. Hanif S., Sinha S., Siddiqui K. A. Electroencephalography findings in patients with acute post coronary artery bypass graft encephalopathy. Neurosciences (Riyadh). 2014.19(4):331–333
30. Matteo Pugnaghi, Francesco Cavallieri, Mauro Zennaro et al. Epilepsy in patients undergoing cardiac surgery with ExtraCorporeal Circulation: case series and description of a peculiar clinical phenotype. BMC Neurol 2022;22(1):136. doi: 10.1186/s12883-022-02665-7. PMID: 35410181
31. Tschernatsch M., Juenemann M., Alhaidar F. et. al. Epileptic seizure discharges in patients after open chamber cardiac surgery—a prospective prevalence pilot study using continuous electroencephalography // Intensive Care Med 2020 Jul;46(7):1418–1424.
32. Na Li, Xing Liu, Yuhua Gao, et al. Association of electroencephalogram epileptiform discharges during cardiac surgery with postoperative delirium: An observational study // Front Surg. 2022 9:900122. doi: 10.3389/fsurg.2022.900122.
33. Yuechuan Xue, Wanglin Liu, Longxiang Su, Huaiwu He, Huan Chen, Yun Long Quantitative electroencephalography predicts postoperative delirium in cardiac surgical patients after cardiopulmonary bypass: a prospective observational study. // Front Med (Lausanne) 2023 Oct 27;10:1163247. doi: 10.3389/fmed.2023.1163247. eCollection 2023
34. Sotaniemi K A. The benefits of open-heart surgery as reflected in the EEG // Scand J Thorac Cardiovasc Surg. 1981; 15(2):205–12.
35. Голухова Е. З., А. Г. Полунина, Н. П. Лефтерова, О. Д. Морелли Электроэнцефалография как инструмент диагностики ишемических изменений головного мозга после аортокоронарного шунтирования // Кардионеврология 2012. № 107–112.
Golukhova E. Z., A. G. Polunina, N. P. Lefterova, O. D. Morelli Electroencephalography as a tool for diagnosing ischemic changes in the brain after coronary artery bypass surgery // Cardioneurology 2012. No. 107–112.
36. Тарасова И. В., Трубникова О. А., Барбараш О. Л., Барбараш Л. С. Изменение электроэнцефалограммы у пациентов с ранней стойкой послеоперационной когнитивной дисфункцией при коронарном шунтировании с искусственным кровообращением // Неврологический журнал 2017. № 3. с. 136–141.
Tarasova I. V., Trubnikova O. A., Barbarash O. L., Barbarash L. S. Changes in the electroencephalogram in patients with early persistent postoperative cognitive dysfunction during coronary artery bypass grafting with cardiopulmonary bypass // Neurological Journal 2017. No. 3. pp. 136–141.
37. Choy Lewis, Suraj D Parulkar, John Beboway, Saadia Sherwani et. al. Neurological complications of cardiac surgery have a large effect on patient outcomes // J Cardiothorac Vasc Anesth. 2018.32(5):2313–2322
38. Полунина А. Г. Показатели электроэнцефалограммы при оценке когнитивных функций // Ж. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова 2012; 112(7):74–82.
Polunina A. G. Electroencephalogram indicators in assessing cognitive functions // Journal of Neurology and Psychiatry named after S. Korsakov 2012; 112(7):74–82.
39. Chengyang Xu, Xueshu Tao, Xiaonan Ma, Zhipeng Cao. Cognitive Dysfunction after Heart Disease: A Manifestation of the Heart-Brain AxisOxid // Med Cell Longev 2021;4899688
40. Ishibashi N., Iwata Y., Okamura T., Zurakowski D., Lidov H. G., Jonas R. A. Differential neuronal vulnerability varies according to specific cardiopulmonary bypass insult in a porcine survival model. J Thorac Cardiovasc Surg. 2010;140(6):1408–1415 39.
41. Shi-Min Yuan, Hong Lin. Postoperative Cognitive Dysfunction after Coronary Artery Bypass Grafting // Braz J Cardiovasc Surg 2019 34(1):76–84.
42. Reis HJ, Oliveira AC, Mukhamedyarov MA, Zefirov AL, Rizvanov AA, Yalvaç ME, et al. Human cognitive and neuro-psychiatric bio-markers in the cardiac peri-operative patient. Cur Mol Med. 2014;14(9):1155–1163.

Статья поступила / Received 09.02.24
Получена после рецензирования / Revised 12.02.24
Принята в печать / Accepted 23.02.24

Сведения об авторах

Кузнецова Елена Ивановна, д.б.н., научный сотрудник отделения функциональной диагностики. E-mail: kuznetsovaeeg@mail.ru.
ORCID: 0000-0001-9341-316X

Цыренов Дамба Дамдинович, к.м.н., врач-кардиолог, зав. отделением функциональной диагностики. E-mail: tsyrenov.damba@yandex.ru.
SPIN-код автора: 9196–5380. ORCID: 0000-0002-1723-0780

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Блохина» Минздрава России, Москва

Автор для переписки: Кузнецова Елена Ивановна. E-mail: kuznetsovaeeg@mail.ru

About authors

Kuznetsova Elena I., Dr Bio Sci, senior researcher at Functional Diagnostics Dept. E-mail: kuznetsovaeeg@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9341-316X

Tsyrenov Damba D., PhD Med, cardiologist, head of Functional Diagnostics Dept. E-mail: tsyrenov.damba@yandex.ru. SPIN code: 9196–5380.
ORCID: 0000-0002-1723-0780

N.N. Blokhin National Medical Investigation Centre of Oncology, Moscow, Russia

Corresponding author: Kuznetsova Elena I. E-mail: kuznetsovaeeg@mail.ru

Для цитирования: Кузнецова Е. И., Цыренов Д. Д. Роль количественной электроэнцефалографии в диагностике церебральных последствий кардиохирургических вмешательств с применением искусственного кровообращения. Актуальность для онкологии (обзор литературы). Медицинский алфавит. 2024; (7): 41–45. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-7-41-45>

For citation: Kuznetsova E. I., Tsyrenov D. D. The role of quantitative electroencephalography in the diagnosis of postoperative cerebral consequences in patients with cardiovascular pathology who underwent cardiac surgery using artificial circulation. Importance for oncology (literature review). Medical alphabet. 2024; (7): 41–45. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-7-41-45>

