

ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ

М.В. Александров¹, А.Ю. Улитин¹, В.С. Черный², О.А. Топоркова¹

¹ Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А.Л. Поленова (филиал ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России), Санкт-Петербург, Россия;

² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова», Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Александров М.В., Улитин А.Ю., Черный В.С., Топоркова О.А. Интраоперационный мониторинг как элемент системы нейрофизиологического обеспечения высокотехнологичной нейрохирургической помощи // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. – 2018. – Т. 10. – № 2. – С. 92–98. doi: 10.17816/mechnikov201810292-98

Поступила в редакцию: 02.04.2018

Принята к печати: 15.07.2018

♦ Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ИОМ) включает комплекс электрофизиологических методик, дающий возможность непрерывно наблюдать за функциональным состоянием нервной системы для минимизации ее повреждения. ИОМ представляет собой элемент единой системы обеспечения высокотехнологичной помощи в нейрохирургии. Накопленный в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова опыт показывает, что оптимальным организационным решением, позволяющим эффективно выполнять интраоперационные исследования, является формирование специализированной структуры в рамках службы функциональной диагностики.

♦ **Ключевые слова:** клиническая нейрофизиология; интраоперационный нейрофизиологический мониторинг; нейрохирургия; высокотехнологичная медицинская помощь.

INTRAOPERATIVE NEUROMONITORING AS AN ELEMENT OF NEUROPHYSIOLOGICAL SUPPORT SYSTEM HIGH-TECH NEUROSURGICAL CARE

M.V. Alexandrov¹, A.Yu. Ulitin¹, V.S. Chernyi², O.A. Toporkova¹

¹ Polenov Russian Research Institute of Neurosurgery the branch of the Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia;

² Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Saint Petersburg, Russia

For citation: Alexandrov MV, Ulitin AY, Chernyi VS, Toporkova OA. Intraoperative neuromonitoring as an element of neurophysiological support system high-tech neurosurgical care. *Herald of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov*. 2018;10(2):92-98. doi: 10.17816/mechnikov201810292-98

Received: 02.04.2018

Accepted: 15.07.2018

♦ Intraoperative neurophysiological monitoring (IONM) is comprised of a complex of electrophysiological methods allowing continuous monitoring of the functional state of the nervous system in order to minimize its damage. IONM is a part of an integrated system of high-tech medical care in neurosurgery. Experience gathered at Polenov Russian Neurosurgery Research Institute infers that the ultimate solution for effective intraoperative monitoring is to develop a specialized structure within the department of functional diagnostics.

♦ **Keywords:** clinical neurophysiology; intraoperative neurophysiological monitoring; neurosurgery; high-tech medical care.

Введение

Одним из положений наследия Николая Ниловича Бурденко являются принципы выполнения нейрохирургических операций: «Анатомическая доступность. Техническая возможность. Физиологическая дозволенность» [1]. Определить физиологическую дозволенность

оперативного вмешательства в современной нейрохирургии позволяет интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ИОМ).

Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг представляет собой непрерывное наблюдение за функциональным состоянием

нервной системы с целью предотвращения (минимизации) структурных повреждений с использованием методик регистрации электрофизиологических параметров и своевременного обнаружения опасных отклонений [2].

Интраоперационный мониторинг не может рассматриваться как некий самостоятельный самодостаточный комплекс мероприятий. Совершенно очевидно, что для эффективной интраоперационной оценки функционального состояния структур, подвергаемых неизбежному риску оперативного повреждения, их состояние должно быть в необходимом объеме оценено до операции. Сохранность их активности в послеоперационном периоде в удовлетворительном объеме также позволяет судить об успешности и эффективности интраоперационных электрофизиологических исследований, играя роль «обратной связи» [4, 5]. Результаты ранних послеоперационных, а нередко и интраоперационных электрофизиологических исследований входят в комплексную оценку реабилитационного потенциала прооперированного пациента [6, 7].

Таким образом, нейрофизиологический мониторинг является элементом единой системы обеспечения высокотехнологичной помощи в нейрохирургии. Под нейрофизиологическим обеспечением понимается *определенный (регламентированный)* перечень клинко-инструментальных нейрофизиологических исследований, выполняемых *квалифицированным* персоналом в рамках оказания специализированной (в том числе высокотехнологичной) нейрохирургической помощи [2, 8].

Нейрофизиологическое обеспечение включает в себя следующие элементы: комплекс предоперационных исследований, интраоперационный мониторинг, послеоперационная оценка функционального состояния и клинко-инструментальное динамическое наблюдение на этапе реабилитации. Нейрофизиологическое обеспечение в современных условиях стало таким же самостоятельным видом обеспечения оперативных вмешательств, как, например, анестезиологическое, радиологическое и клинко-лабораторное.

Поскольку ИОМ — элемент единой системы нейрофизиологического обеспечения, рациональное и эффективное использование привлекаемых сил и средств достигается через соответствующую организационную форму. Для систематического выполнения интраоперационных исследований должна быть создана специализированная структура в рамках службы

функциональной диагностики лечебного учреждения. В составе отделения клинической нейрофизиологии РНХИ им. проф. А.Л. Поленова с 2014 г. функционирует лаборатория нейрофизиологического мониторинга [9].

Целью работы был анализ накопленного в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова актуального опыта организации интраоперационного нейрофизиологического мониторинга при выполнении нейрохирургических операций.

Материал и методы

Основу исследования составили медико-статистические данные о работе клиники РНХИ им. проф. А.Л. Поленов (филиал НМИЦ им. В.А. Алмазова) в 2012–2017 гг. Проанализированы такие показатели, как общая коечная емкость, общее количество выполняемых оперативных вмешательств. Для характеристики работы отделения клинической нейрофизиологии использованы данные о количестве выполняемых интраоперационных нейрофизиологических исследований.

Результаты

В 2014 г. в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова создано отделение клинической нейрофизиологии. В его состав входят лаборатория нейрофизиологического мониторинга, кабинеты электронейромиографии и нейрокогнитивных исследований. Основной задачей, стоящей перед лабораторией нейрофизиологического мониторинга, является повседневное выполнение интраоперационных исследований.

В период, предшествовавший созданию отделения клинической нейрофизиологии (в 2012–2014 гг.), объем оперативных вмешательств, выполняемых под нейрофизиологическим контролем, не превышал 10 % (табл. 1). В 2017 г. проведено около 500 операций с привлечением интраоперационного мониторинга, что составило 24 % от всех осуществленных оперативных вмешательств. Следует отметить, что этот рост не был обусловлен увеличением общего количества операций, выполняемых в РНХИ. Для оптимизации структуры института и повышения комфортности пребывания больных в 2015 и 2017 гг. два нейрохирургических отделения были перемещены на клиническую базу головного учреждения (НМИЦ им. В.А. Алмазова). Произошло сокращение коечной емкости и, как следствие, сокращение общего количества выполняемых операций.

Таблица 1 / Table 1

Количество оперативных вмешательств, выполненных с привлечением интраоперационного нейрофизиологического мониторинга
Number of surgical procedures performed using intraoperative neurophysiological monitoring

Медико-статистические показатели	Период					
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Количество коек	205	205	205	155	176	138
Количество операций	2371	2600	2687	2372	2407	2042
Операции, выполненные с применением ИОМ, абс. (%)	123 (5)	224 (9)	206 (8)	322 (14)	416 (17)	490 (24)

Таблица 2 / Table 2

Объем выполненных операций с нейрофизиологическим мониторингом при различных видах патологии нервной системы (2015–2017)
Proportion of operations performed using neurophysiological monitoring for various neurological disorders (2015–2017)

Вид нейрохирургической патологии	Период					
	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Опухоли области передней черепной ямки	32	10	39	10	75	16
Опухоли и пороки развития области задней черепной ямки Из них: — картирование дна четвертого желудочка и черепных нервов	107 20	33 10	125 21	30 5	120 34	24 7
Патологические образования больших полушарий Из них: — картирование моторной коры	37 28	11 6	43 39	10 10	77 65	14 11
Патология спинного мозга и спинномозговых корешков	69	21	63	15	66	13
Опухолевые и травматические повреждения периферических отделов нервной системы	3	1	4	1%	20	4
Фармакорезистентная эпилепсия	61	19	133	32	119	25
Патология подкорковых ядер и таламуса	8	3	7	2	7	2
Другие виды патологии	5	2	2	0,5	8	2
Всего	322	100	416	100	492	100

Объем оперативных вмешательств, выполняемых с ИОМ, определяет потребность в квалифицированном персонале. В настоящее время штат отделения клинической нейрофизиологии насчитывает 7 должностей врачей функциональной диагностики, из них в лаборатории нейрофизиологического мониторинга — 3 врача.

В табл. 2 представлены виды нейрохирургических операций, выполняемых с ИОМ. Лидируют оперативные вмешательства при патологических процессах больших полушарий головного мозга, задней черепной ямки, а также спинного мозга и его корешков.

За три года осуществлено 342 исследования при операциях в области задней черепной ямки, из них 212 мониторингов операций в области мосто-мозжечкового угла. При хирургическом лечении патологии в области ствола мозга в 75 случаях выполнялось картирование ядер в области дна четвертого желудочка мозга. Произведено 145 операций по поводу патологических образований в сельлярной и парасельлярной областях.

Анализ структуры осуществленных в 2015–2017 гг. интраоперационных исследований показывает, что преобладают методики оцен-

Таблица 3 / Table 3

Распределение интраоперационных исследований по модальности нейрофизиологических методик (2015–2017)
Distribution of intraoperative monitoring according to their modalities (2015–2017)

Модальность мониторинга	2015	2016	2017
ЗВП	32	39	43
ССВП	192	199	160
АСВП	13	28	12
ЭЭГ	290	379	403
ЭКоГ	90	172	172
ЭСубКоГ	12	17	21
ЭНМГ	199	238	256
МВП	191	224	228
ТЭС	137	221	237
МЭР	8	7	7
Всего	1164	1524	1539

Примечание: ЗВП — зрительные вызванные потенциалы; ССВП — сомато-сенсорные вызванные потенциалы; АСВП — акустические стволовые вызванные потенциалы; ЭЭГ — электроэнцефалография; ЭКоГ — электрокортикография; ЭСубКоГ — электросубкортикография (стерео-ЭЭГ); ЭНМГ — электронейромиография; МВП — моторные вызванные потенциалы (М-ответ); ТЭС — транскраниальная электростимуляция; МЭР — микроэлектродная регистрация активности подкорковых ядер.

ки нервно-мышечной передачи (табл. 3). Это обусловлено обязательностью выполнения методик картирования моторной коры, двигательных путей, ядер головного и спинного мозга, нервных корешков и периферических нервов.

За последние три года увеличилось число операций с картированием моторной коры и электрокортикографией при внутримозговых образованиях в области центральных извилин — было выполнено 120 операций, из них 65 — в 2017 г.

Обсуждение

ИОМ является важным составным элементом единой системы нейрофизиологического обеспечения высокотехнологичной нейрохирургической помощи. Его эффективность существенно повышается при формировании специализированного структурного подразделения, имеющего основным предназначением организацию и повседневное выполнение интраоперационных нейрофизиологических исследований. Создание в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова лаборатории нейрофизиологического мониторинга стало опережающим шагом, направленным на удовлетворение неизбежно возрастающей потребности в интраоперационном мониторинге. Согласно Приказу МЗ РФ от 10 декабря 2013 г. № 916н «О перечне видов высокотехнологичной медицинской помощи» нейрофизио-

логический мониторинг был включен в обязательный объем данной помощи при целом ряде заболеваний. В результате создания лаборатории был осуществлен качественный рост нейрофизиологического обеспечения высокотехнологичного нейрохирургического лечения. Каждая четвертая операция в клинике института на сегодняшний день производится под нейрофизиологическим контролем.

Методологическую основу ИОМ составляют рефлекторная теория и электрофизиология нервной системы. Регистрация спонтанной и вызванной электрической активности нервной системы при интраоперационных исследованиях пока остается единственным методом прямой оценки функционального состояния нервной системы в целом и различных ее отделов в частности. Электрофизиологический метод не лишен недостатков и не всегда дает инвариантные результаты, но в современной физиологии и медицине альтернатив ему пока не создано. «Метод — отец науки», — учил нас И.П. Павлов. В этой связи интраоперационный нейрофизиологический мониторинг на сегодняшний день является, по сути, мониторингом электрофизиологическим.

Методический комплекс ИОМ включает как общепринятые в нейрофизиологии методики, так и специально разработанные для интраоперационных исследований (табл. 4). В основе нейрофизиологического мониторинга лежат ме-

Таблица 4 / Table 4

Методики интраоперационного нейрофизиологического мониторинга
Techniques of intraoperative neurophysiological monitoring

Задачи ИОМ		Методики ИОМ
Мониторинг состояния рефлекторной дуги	Афферентные пути	ЗВП, ССВП, АСВП
	Эфферентные пути	ЭНМГ, МВП, ТЭС, D-волна
«Нейрофизиологическая навигация»	Картирование моторной коры	Прямая стимуляция коры — регистрация МВП
	Картирование моторных ядер ствола мозга	Прямая стимуляция — регистрация МВП
	Локализация эпилептогенной зоны	ЭКоГ, ЭСубКоГ, ЭЭГ
	Локализация мишеней для нейромодуляции	МЭР, ЭНМГ

Примечание: ЗВП — зрительные вызванные потенциалы; ССВП — сомато-сенсорные вызванные потенциалы; АСВП — акустические стволовые вызванные потенциалы; ЭЭГ — электроэнцефалография; ЭКоГ — электрокортикография; ЭСубКоГ — электросубкортикография (стерео-ЭЭГ); ЭНМГ — электронейромиография; МВП — моторные вызванные потенциалы (М-ответ); ТЭС — транскраниальная электростимуляция; МЭР — микроэлектродная регистрация активности подкорковых ядер.

тодики регистрации спонтанной и вызванной биоэлектрической активности, примененные в специфических условиях оперативного лечения заболеваний и повреждений нервной системы. Образно ИОМ можно определить как «нейрофизиологию, внесенную в операционную». Интраоперационные методики подразделяют на две группы: первые направлены на оценку целостности элементов рефлекторной дуги (собственно мониторинг), вторые являются методиками «нейрофизиологической навигации». Методики, оценивающие сохранность отделов рефлекторной дуги (афферентного, «центрального», эфферентного), как правило, основаны на регистрации вызванной (стимулированной) биоэлектрической активности различных отделов нервной системы: периферических нервов, спинного мозга, стволовых структур, коры. Типичным примером этой группы методик служит регистрация вызванных потенциалов мозга, оценивающая афферентное звено и «центральный» отдел (корковый или стволовой). Для анализа эфферентных путей в основном используют вызванные с различных отделов проводящих путей моторные ответы. Методики нейрофизиологической навигации направлены либо на локализацию «структур-мишеней» для нейрохирургической операции, либо, наоборот, на локализацию структурно-функциональных образований (отделов коры, подкорковых структур), повреждение которых нарушает определенную функцию или целостную интегративную деятельность мозга. К методикам, направленным на локализацию «структур-ми-

шеней», следует в первую очередь отнести интраоперационную электрокортикографию, используемую для верификации расположения эпилептогенной зоны [4, 10].

В функциональной нейрохирургии двигательных нарушений (например, при болезни Паркинсона) применяют микроэлектродную регистрацию суммарной активности подкорковых структур для последующей установки электродов нейромодулятора. Классическими примерами способов локализации структурно-функциональных образований, с помощью которых оценивают сохранность определенной функции, стали методики интраоперационного картирования моторной коры и речевых зон [2, 6, 11–14].

Обычно существующие электрофизиологические методики не позволяют получить исчерпывающую информацию о состоянии структур головного или спинного мозга. Поэтому интраоперационный нейрофизиологический мониторинг является *полимодальным исследованием*: одновременно применяют, как правило, несколько методик, дополняющих друг друга [5, 16].

Для характеристики структур, играющих ключевую роль в организации некоторых функций, например, моторной коры, речевых зон, в современной специальной литературе нередко используется понятие «функционально значимые» зоны (коры, мозга). По нашему мнению, этот термин не идеален. Выделение функционально значимых структур подразумевает вероятность наличия в мозге «функционально

незначимых» структур, что не соответствует существующим представлениям об организации функций в ЦНС. В рамках парадигмы об интегративной деятельности мозга скорее можно выделять парные категории «активные – молчащие (немые)» зоны. Совершенно очевидно, что представления о роли целого ряда структур в деятельности мозга остаются более или менее вероятностной гипотезой. При этом понятия «активность» или «молчание» структуры — это результат исследования *доступными* в настоящее время методами. Вполне вероятно, что при разработке новых нейрофизиологических методик роль каких-либо «немых» структур станет более очевидной. Но «незначимых» структур в мозге, скорее всего, нет. По всей видимости, лучше бы совсем не использовать данный термин, но, поскольку он успел широко внедриться в сознание клиницистов, запрет его окажется неэффективным.

Накопленные знания позволяют уверенно говорить о структурах, играющих роль интегратора в формировании динамичной структурно-функциональной констелляции нервных центров, обеспечивающей протекание определенной функции ЦНС. Разрушение структуры-интегратора вызывает глубокое нарушение определенной функции (дисфункцию) или полную ее утрату (дезинтеграцию). Очевидно, что для нормального протекания функции активность ключевых структур-интеграторов выступает системообразующим фактором, а их разрушение критично для сохранения функции. В этой связи нам представляется более корректным обозначить такие структуры как «функционально-критические», а не «функционально значимые».

Заключение

Для эффективного нейрофизиологического обеспечения нейрохирургической помощи необходима адекватная организационная форма: специализированное структурное подразделение для выполнения интраоперационных исследований. Совершенно очевидно, что немаловажным фактором для организации такого подразделения является «политическая воля» руководства лечебного учреждения в сложных экономических условиях для современного здравоохранения. Создание специальной лаборатории для интраоперационных нейрофизиологических исследований в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова, безусловно, стало возможным благодаря традиционному уважитель-

ному отношению к физиологии. Еще при образовании Ленинградского нейрохирургического института в 1926 г. в его составе был создан экспериментальный (физиологический) отдел, который возглавил ученик И.П. Павлова академик А.Д. Сперанский. Первый директор института профессор А.Г. Молотков активно использовал «электростимуляцию» при операциях на периферической нервной системе. В 1953 г. в составе отдела патофизиологии была выделена электрофизиологическая лаборатория [9, 15].

У истоков нейрофизиологии в институте стоял один из учеников академика Л.А. Орбели — академик А.В. Лебединский, начальник кафедр нормальной физиологии Военно-морской медицинской академии и Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. А.В. Лебединский воспитал плеяду нейрофизиологов, среди которых академик Н.П. Бехтерева, работавшая в институте до 1968 г., и Т.С. Степанова, продолжающая активно трудиться в институте. [15] Электрофизиологическую лабораторию долгие годы возглавлял профессор Ю.В. Дубикайтис. В последующем электрофизиологическая лаборатория вошла в состав существующего в институте Российского эпилептологического центра. Основной сферой научно-практической деятельности электрофизиологической лаборатории стало обеспечение хирургического лечения фармакорезистентной эпилепсии. Для удовлетворения возрастающей потребности в интраоперационных исследованиях при других видах нейрохирургической патологии было создано отделение клинической нейрофизиологии.

В свою очередь, история физиологии в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова показывает, что она всегда была неразрывно связана с классической павловской школой. Эта связь сохраняется и сегодня. Несомненно, этот фактор также во многом обеспечивает успешность организации нейрофизиологического обеспечения выполнения высокотехнологичных нейрохирургических операций в институте.

Литература

1. Бурденко Н.Н. Обзор и пути дальнейшего развития нейрохирургической работы Центрального нейрохирургического института и 1-й хирургической клиники I MMI. — М.: Изд-во Акад. мед. наук СССР, 1950. — Т. 4 — С. 7–16. [Burdenko NN. Obzor i puti dal'neishego razvitiya neirokhirurgicheskoi raboty Tsentral'nogo neirokhirurgicheskogo instituta i 1-i khirurgicheskoi kliniki I MMI. Moscow: Izdatel'stvo Akad. med. nauk SSSR; 1950. 7-16 p. (In Russ.)]

2. Александров М.В., Улитин А.Ю., Топоркова О.А. Интраоперационное нейрофизиологическое картирование моторной коры // Вестник клинической нейрофизиологии. – 2015. – № 3. – С. 29–34. [Alexandrov MV, Ulitin AYu, Toporkova OA. Intraoperative neurophysiological motor mapping. *Bulletin of clinical neurophysiology*. 2015;(3):29-34. (In Russ.)]
3. Kim K, Cho C, Bang M, et al. Intraoperative Neurophysiological Monitoring: A Review of Techniques Used for Brain Tumor Surgery in Children. *Journal of Korean Neurosurgical Society*. 2018;61(3):363-375. doi: 10.3340/jkns.2018.0078.
4. Александров М.В., Улитин А.Ю. Интраоперационная электрокортикография: возможности и перспективы // Вестник военно-медицинской академии. – 2012. – № 4(40). – С. 245–254. [Alexandrov MV, Ulitin AYu. Intraoperative electrocorticography: possibilities and prospects. *Vestnik Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii*. 2012;4(40):245-254. (In Russ.)]
5. Zuccaro M, Zuccaro J, Samdani A, et al. Intraoperative neuromonitoring alerts in a pediatric deformity center. *Neurosurgical Focus*. 2017;43(4):E8. doi: 10.3171/2017.7.FOCUS17364.
6. Spena G, Schucht P, Seidel K, et al. Brain tumors in eloquent areas: A European multicenter survey of intraoperative mapping techniques, intraoperative seizures occurrence, and antiepileptic drug prophylaxis. *Neurosurgical Review*. 2016;40(2):287-298. doi: 10.1007/s10143-016-0771-2.
7. Deletis V, Sala F. Intraoperative neurophysiological monitoring of the spinal cord during spinal cord and spine surgery: A review focus on the corticospinal tracts. *Clinical Neurophysiology*. 2008;119(2):248-264. doi: 10.1016/j.clinph.2007.09.135.
8. Zuccaro M, Zuccaro J, Samdani A, et al. Intraoperative neuromonitoring alerts in a pediatric deformity center. *Neurosurgical Focus*. 2017;43(4):E8. doi: 10.3171/2017.7.FOCUS17364.
9. Александров М.В., Улитин А.Ю., Топоркова О.А. Организация интраоперационного нейрофизиологического мониторинга в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова // «Поленовские чтения»: материалы XVII научно-практической конференции; Санкт-Петербург, 2018. – СПб., 2018. – С.12. [Alexandrov MV, Ulitin AYu, Toporkova OA. Organizatsiya intraoperatsionnogo neurofiziologicheskogo monitoringa v RNKhI im. prof. A.L. Polenova. 17 nauchno-prakt. konf. “Polenovskie chteniya”. (Conference proceedings). Saint Petersburg; 2018. P. 12. (In Russ.)]
10. Костенко И.А., Александров М.В., Улитин А.Ю., и др. Эффективность интраоперационной электрокортикографии при симптоматической эпилепсии, ассоциированной с опухолями головного мозга // Вестник военно-медицинской академии. – 2017. – № 3(59). – С. 42–46. [Kostenko IA, Alexandrov MV, Ulitin AYu, et al. Effectiveness of intraoperative electrocorticography with symptomatic epilepsy associated with brain tumors. *Vestnik Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii*. 2017;3(59):42-46. (In Russ.)]
11. Lopez-Ojeda P, Sanmillan J, Fernandez-Coello A, et al. Functional approach using intraoperative brain mapping and neurophysiological monitoring for surgery of arteriovenous malformations in eloquent areas. *Canadian Journal of Neurological Sciences / Journal Canadien des Sciences Neurologiques*. 2018;45(s2):S44. doi: 10.1017/cjn.2018.208.
12. Sanmillan J, Fernández-Coello A, Fernández-Conejero I, et al. Functional approach using intraoperative brain mapping and neurophysiological monitoring for the surgical treatment of brain metastases in the central region. *Journal of Neurosurgery*. 2017;126(3):698-707. doi: 10.3171/2016.2.JNS152855.
13. Saito T, Muragaki Y, Maruyama T, et al. Intraoperative Functional Mapping and Monitoring during Glioma Surgery. *Neurologia medico-chirurgica*. 2015;55(1):1-13. doi: 10.2176/nmc.ra.2014-0215.
14. Simon M. Intraoperative Neurophysiologic Sensorimotor Mapping and Monitoring in Supratentorial Surgery. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2013;30(6):571-590. doi: 10.1097/01.wnp.0000436897.02502.78.
15. Кондаков Е.Н. Российский научно-исследовательский институт им. проф. А.Л. Поленова (1926–2001). Итоги и перспективы научной и практической деятельности / Под ред. В.П. Берснева. – СПб.: Изд-во РНХИ им. проф. А.Л. Поленова — Эскулап, 2003. – 576 с. [Kondakov EN. Rossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut im. prof. A.L. Polenova (1926–2001). Itogi i perspektivy nauchnoi i prakticheskoi deyatelnosti. Ed by V.P. Bersneva. Saint Petersburg; Izdatel'stvo RNKhI im. prof. A.L. Polenova — Eskulap; 2003. 576 p. (In Russ.)]

◆ Адрес автора для переписки (*Information about the author*)

Валерий Станиславович Черный / Valerii S. Chernyi
Тел. / Tel.: +7(952)3681881
E-mail: 9297911@list.ru