

в сочетании с трансмиокардиальной лазерной реваскуляризацией, которая играет определяющую роль в улучшении результатов сочетанных операций. Причины этого кроются в самой сути выполняемых гибридных вмешательств и связаны с такими факторами, как полнота реваскуляризации миокарда, снижение постнагрузки и, соответственно, уменьшение работы сердца (в результате воздействия шоковых волн), интраоперационная денервация миокарда и увеличение проходимости шунтов, уменьшение числа ИМ на госпитальном этапе (вследствие вазодилатации КА и ВГА), уменьшение числа ИМ в отдаленные сроки (вследствие коллатерализации миокарда), улучшение перфузии и устранение стенокардии в течение длительного времени.

Изложенные в работе материалы и анализ данных приводятся впервые и, на наш взгляд, представляют реальный клинический интерес.

*Работа выполнена при финансовой поддержке
Министерства образования и науки РФ
(Государственный контракт
№ 16.522.12.2007 от 06.06.2011 г.).*

ЛИТЕРАТУРА

1. *Actis Dato G. M., Hakimpour M., Bacciega M.* et al. TMR and CABG: the best way to obtain a complete and a more lasting revascularization // *Ann. Thorac. Surg.* 2000. Vol. 69. P. 1993–1995.
2. *Agarwal R., Sankar N. M., Ajit M., Cherian K. M.* Correspondence. Reply // *Ann. Thorac. Surg.* 2000. Vol. 69. P. 1995.
3. *Allen K. B., Dowling R. D., Del Rossi A. J.* et al. Transmyocardial laser revascularization combined with coronary artery bypass grafting: a multicenter, blindet, prospective, randomized, controlled trial // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2000. Vol. 119. P. 540–549.
4. *Allen K. B., Dowling R. D., Schuch D.* et al. Adjunctive transmyocardial revascularization: 5-year follow-up of a prospective randomized trial // *Ann. Thorac. Surg.* 2004. Vol. 78. P. 457–465.
5. *Bridges C. R., Horvath K. A., Nugent W. C.* et al. The Society of Thoracic Surgeons practice guideline series: transmyocardial laser revascularization // *Ann. Thorac. Surg.* 2004. Vol. 77. P. 1494–1502.
6. *Cherian K. M., Agarwal R., Sankar N. M.* Transmyocardial laser revascularization // *Advanced in cardiac surgery* / Ed. R. B. Karp. N. Y.: Mosby Inc., 1999. Vol. 11. P. 55–68.
7. *Diegeler A., Cheng D., Allen K.* et al. Transmyocardial Laser Revascularization: A Consensus Statement of the International Society of Minimally Invasive Cardiothoracic Surgery (ISMICS) 2006 // *Innovations.* 2006. Vol. 1. P. 314–322.
8. *Di Mauro M., Iaco A. L., Contini M.* et al. Reoperative coronary artery bypass grafting: analysis of early and late outcomes // *Ann. Thorac. Surg.* 2005. Vol. 79. P. 81–87.
9. *Frazier O. H., Tuzun E., Eichstadt A.* et al. Transmyocardial laser revascularization as an adjunct to coronary artery bypass grafting: a randomized, multicenter study with 4-year follow-up // *Texas Heart J.* 2004. Vol. 31. P. 231–239.
10. *Graham M. M., Chambers R. J., Davies R. F.* Angiographic quantification of diffuse coronary artery disease: reliability and prognostic value for bypass operations // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1999. Vol. 118. P. 618–627.
11. *Horvath K. A., Ferguson T. B., Guyton R.* The Society of Thoracic Surgeons: Statement submitted to the Medicare Coverage Advisory Committee, Centers of Medicare and Medical Services, regarding transmyocardial revascularization. 2004.
12. *Hughes G. C., Kypson A. P., Annex B. H.* et al. Induction of angiogenesis after TMR: a comparison of homium: YAG, CO₂, and excimer lasers // *Ann. Thorac. Surg.* 2000. Vol. 70. P. 504–509.
13. *Kleisi T., Cheng W., Jacobs M. J.* et al. In the current era, complete revascularization improves survival after coronary artery bypass surgery // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2005. Vol. 129. P. 1283–1291.
14. *Loubani M., Chin D., Leverment J., Galinanes M.* Mid-term results of combination transmyocardial laser revascularization and coronary artery bypass // *Ann. Thorac. Surg.* 2003. Vol. 76. P. 1163–1166.
15. *Peterson E. D., Kaul P., Kaczmarek R. G.* et al. From controlled trials to clinical practice: monitoring transmyocardial revascularization use and outcomes // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2003. Vol. 42. P. 1611–1616.
16. *Pratali S., Chiaramonti F., Milano A., Bortolotti U.* Transmyocardial laser revascularization 12 years later // *Interact. CardioVasc. Thorac. Surg.* 2010. Vol. 11. P. 480–481.
17. *Stamou S. C., Boyce S. W., Cooke R. H.* et al. One-year outcome after combined coronary artery bypass grafting and transmyocardial laser revascularization for refractory angina pectoris // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002. Vol. 39. P. 1365–1368.
18. *Trehan N.* Clinical experience with TMLR sole application and TMR combined with CABG // *Transmyocardial laser revascularization* / Eds T. Krabatsch, R. Hetzer et al. Berlin: Advances in Laser Medicine, 1998, № 17.
19. *Trehan N., Mishra M., Bapna R.* et al. Transmyocardial laser revascularization combined with coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 1997. Vol. 12. P. 276–284.
20. *Van der Sloot J. A., Huikeshoven M., Tukkie R.* et al. Transmyocardial revascularization using an XeCl excimer laser: results of a randomized trial // *Ann. Thorac. Surg.* 2004. Vol. 78. P. 875–882.
21. *Wehberg K. E., Julian J. S., Todd J. C.* et al. Improved patient outcomes when transmyocardial revascularization is used as adjunctive revascularization // *Heart Surg. Forum.* 2003. Vol. 6. P. 1–3.

Поступила 21.05.2012

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2012

УДК 616.832:616.132-089

НЕЙРОМОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СПИННОГО МОЗГА ПРИ ОПЕРАЦИЯХ НА АОРТЕ

Л. А. Бокерия, В. С. Аракелян, И. Н. Щаницын, Н. Р. Гамзаев, В. Г. Папаташвили, Н. А. Гудаспов,
И. В. Сирадзе, Ю. М. Цыганков*

ФГБУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева» (директор – академик РАН и РАМН Л. А. Бокерия) РАМН, Москва

Цель. Выявление ранних предикторов ишемии и разработка алгоритма защиты спинного мозга на основе нейромониторинга.

Материал и методы. Нейромониторинг проводился у 46 пациентов во время операций в условиях искусственного кровообращения по поводу аневризм грудного и торакоабдоминального отделов аорты. Электрофизиоло-

* Бокерия Лео Антонович, доктор мед. наук, профессор, академик РАН и РАМН.
121552, Москва, Рублевское шоссе, д. 135. E-mail: leoan@heart-house.ru

гический мониторинг (25 пациентов) включал контроль соматосенсорных и двигательных вызванных потенциалов (ССВП и ДВП). Всего интраоперационно и в первые часы после операции было взято 716 проб ликвора и крови. Исследовались лактат, белок S-100, глюкоза, электролитный и газовый состав. Спинномозговое давление поддерживалось на уровне не выше 10 мм рт. ст.

Результаты. Неврологические осложнения развились у 6 пациентов (у 3 — ишемия спинного мозга, у 3 — острое нарушение мозгового кровообращения). Госпитальная летальность составила 6,5% (3/46). Пациенты были распределены на две группы: с неврологическими осложнениями (6 пациентов) и без неврологических осложнений (40 пациентов). Корректно регистрировать ССВП удалось в 100% случаев, ДВП — только в 72%. Необратимые изменения вызванных потенциалов с высокой чувствительностью (100%) и специфичностью (90%) были связаны с неврологическими осложнениями после операции. При статистическом анализе доказано, что повышение в ликворе уровня лактата (более 2 ммоль/л через 15 мин после пережатия аорты) и белка S-100 (более 1,4 мкг/л через 6 ч после пережатия аорты) связано с неврологическими осложнениями после операции. По другим показателям не было достоверных различий между группами. Обнаружена связь повышения спинномозгового давления через 15 мин после пережатия аорты с развитием неврологических осложнений. В 40% случаев (10/25) расширенный нейромониторинг влиял на тактику хирургического и анестезиологического пособия. На основании полученного опыта создан алгоритм действий хирурга, анестезиолога и перфузиолога, основанный на нейромониторинге.

Заключение. Метод мониторинга вызванных потенциалов и уровня лактата в ликворе обладает высокой чувствительностью и специфичностью и может быть включен в протокол операций на грудном и торакоабдоминальном отделах аорты. Определение белка S-100 в ликворе является высокоспецифичным методом диагностики ишемии спинного и головного мозга в раннем послеоперационном периоде. Алгоритм защиты спинного мозга, основанный на интраоперационном нейромониторинге, позволяет снизить частоту спинальных осложнений.

Ключевые слова: вызванные потенциалы, хирургия, аневризма аорты, ишемия спинного мозга, биохимические маркеры ишемии.

Spinal cord neuromonitoring during aortic surgeries

L. A. Bockeria, V. S. Arakelyan, I. N. Schanitsyn, N. R. Gamzaev, V. G. Papitashvili, N. A. Gidasov, I. V. Siradze, Yu. M. Tsygankov

A. N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery of the Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

Objective. The aim of the study was to reveal early predictors of ischemia and to work out the algorithm for spinal protection based upon neuromonitoring.

Material and methods. Neuromonitoring was performed in 46 patients undergoing cardiopulmonary bypass surgery for thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysms. Electrophysiological monitoring (25 patients) included control of somatosensory and motional evoked potentials (SSEP and MEP). 716 blood and spinal fluid samples were taken intraoperatively and during the first hours after operation. Lactate, protein S-100, glucose, electrolyte and gas composition were analyzed. Cerebrospinal fluid pressure was at the level of 10 mm Hg.

Results. Neurological complications developed in 6 patients (spinal cord ischemia in 3 patients, acute cerebrovascular accident in 3 patients). Hospital mortality was 6.5% (3/46). There were two groups of patients: the first one included patients with neurological complications (6 patients) and the second one — without neurological complications (40 patients). We succeeded to register SSEP correctly in 100% of cases, MEP — only in 72%. Irreversible changes of induced potentials with high sensitivity (100%) and specificity (90%) were connected with neurological complications post surgery. It is proved that increase of lactate level in liquor (more than 2 mmol/L in 15 min after aortic compression) and S-100 protein (more than 1.4 mkg/L in 6 hours after aortic compression) is connected with neurological complications post surgery, using statistical analysis. There were no significant differences in other indexes between groups. It was seen the relationship of cerebrospinal pressure increase after 15 min after aortic compression with neurological complication development. In 40% of cases (10/25), a wide neuromonitoring influenced on tactics of surgical and anaesthetic support. Based on this experience, the algorithm of impact for a surgeon, an anesthesiologist and a perfusionist is set up, based on neuromonitoring.

Conclusion. The method of monitoring of induced potentials and lactate level in liquor has a high sensitivity and specificity, and can be included into an operative note, performed on thoracic or thoracoabdominal parts of aorta. To identify S-100 protein in liquor is a high specific method of diagnosis for spinal cord ischemia and cerebral ischemia in the earlier postoperative period. Protection algorithm for spinal cord, based on intraoperative neuromonitoring, allows rate decreasing of spinal complications.

Key words: induced potentials, surgery, aortic aneurysm, spinal cord ischemia, biochemical markers of ischemia.

Введение

Аневризмы грудного и торакоабдоминального отделов аорты остаются одной из сложнейших проблем в сосудистой хирургии. Развитие методов диагностики, хирургических и анестезиологических пособий привело к значительному снижению операционных осложнений и летальности. Однако развитие невро-

логических осложнений (параплегия и парализация) является серьезной проблемой, решение которой до сих пор не найдено. Несмотря на применение различных методов защиты, риск ишемии спинного мозга, по данным крупных исследований, остается на уровне 3,8–16% [4, 5, 27].

Стратегия защиты спинного мозга включает три направления: поддержание адекватной перфузии

спинного мозга, минимизация давления спинномозговой жидкости (СМЖ) и уменьшение повреждения спинного мозга после ишемического инсульта. Основным недостатком применяемых методов защиты без контроля функции спинного мозга является то, что клинический результат оценивается только после выхода пациента из наркоза, когда необратимое повреждение уже произошло. Поэтому наряду с методами защиты изучаются различные способы оценки функции спинного мозга в режиме реального времени: электрофизиологический нейромониторинг, определение биохимических маркеров ишемии, прямое измерение давления в сегментарных артериях, церебральная оксиметрия, другие экспериментальные и клинические методы.

До сих пор нет единого мнения о преимуществе того или иного метода нейромониторинга [14, 17, 18]. Изучение соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) для определения ишемии спинного мозга при операциях на аорте начали применять в 80-х годах прошлого века. Интерес к электрофизиологическому мониторингу снизился после публикации в 1988 г. E. S. Crawford и соавт. результатов исследования, в котором была выявлена высокая частота (67%) ложноположительных результатов [6]. Дальнейшее развитие метода, применение дополнительной регистрации ССВП с верхней конечности и многоуровневая запись ССВП позволили классифицировать причины изменений вызванных потенциалов (спинальная ишемия, ишемия периферического нерва, ишемия в бассейне сонной артерии, системная гипоперфузия, действие анестетиков и миорелаксантов), что значительно повысило чувствительность метода и снизило частоту ложноположительных результатов [7, 13]. С 1988 г. как альтернатива ССВП стал применяться метод регистрации двигательных вызванных потенциалов (ДВП), который показал высокую чувствительность и специфичность [9, 23].

В ряде работ для диагностики неврологических осложнений при операциях на аорте исследовали биохимические маркеры в крови и ликворе, отражающие ишемические изменения в нервной ткани [1, 8, 21]. Уровень большинства биомаркеров начинает повышаться в СМЖ или крови лишь через несколько часов, что не позволяет их использовать для интраоперационного мониторинга. Однако есть предпосылки исследования биомаркеров в раннем послеоперационном периоде для определения отсроченной параплегии и оценки различных методов лечения. В недавних исследованиях показано, что повышение уровня лактата в ликворе в первые минуты после пережатия аорты является высокочувствительным и специфичным маркером ишемии спинного мозга [3, 19].

Материал и методы

В исследование вошли 46 пациентов, оперированных на грудном и торакоабдоминальном отделах аорты в условиях искусственного кровообращения (табл. 1).

Анализ биохимических маркеров ишемии спинного мозга проводился у всех пациентов (белок S-100 — у 22 пациентов), электрофизиологический нейромониторинг — у 25 пациентов. Для изучения

чувствительности и специфичности методов мониторинга, а также их влияния на хирургическую и анестезиологическую тактику пациенты были разделены на две группы. В группу 1 включены пациенты без неврологических осложнений после операции ($n=40$), в группу 2 — пациенты с неврологическими осложнениями ($n=6$), из них 3 пациента с острым нарушением мозгового кровообращения (инсульт у 2, транзиторная ишемическая атака у 1) и 3 пациента с ишемией спинного мозга (параплегия у 1, парапарез у 2).

В протокол расширенного нейромониторинга включены: мониторинг спинномозгового давления, изучение биохимического, электролитного и газового состава крови и ликвора, мониторинг соматосенсорных и двигательных вызванных потенциалов.

Забор проб крови и ликвора выполняли после введения в наркоз (до кожного разреза), через 5 мин после пережатия аорты, через 15 мин, через 1, 2, 6, 12 и 24 ч соответственно. Всего для анализа набрано 716 проб ликвора и крови. Давление спинномозговой жидкости непрерывно контролировалось в течение всей операции. Во время операции и в послеоперационном периоде давление СМЖ поддерживалось на уровне не выше 10 мм рт. ст. Мониторинг вызванных потенциалов проводили при помощи 8-канального нейроусреднителя Keypoint (Dantec, Дания). Исследовали соматосенсорные и двигательные вызванные потенциалы.

При мониторинге ССВП применялась стимуляция периферических нервов, а регистрация велась при помощи электродов, размещенных на коже головы и спины (рис. 1, а).

Соматосенсорные вызванные потенциалы позволяли определять поражение афферентных путей проведения спинного мозга. Многоуровневая запись

Таблица 1

Клиническая характеристика оперированных пациентов

Параметр	Все пациенты ($n=46$)	Группа без неврологических осложнений ($n=40$)	Группа с неврологическими осложнениями ($n=6$)
Возраст, лет	49 (29–60)	49 (28–60)	46 (41–61)
Рост, см	171 (163–181)	172 (162–182)	170 (164–174)
Вес, кг	79 (60–99)	79 (60–97)	82 (57–102)
ИМТ, кг/м ²	26 (23–33)	26 (23–31)	27 (20–36)
Пол (м/ж)	37/9	31/9	6/0
Диагноз			
АГА	28	26	2
ТААА II	2	1	1
ТААА III	2	1	1
РАА I	1	1	0
РАА III	13	11	2
Максимальный диаметр аорты по данным КТ, мм	60 (42–80)	61 (44–81)	60 (45–74)

Примечание. ИМТ — индекс массы тела; ТААА — торакоабдоминальная аневризма аорты (II и III тип по Crawford); РАА — расслаивающаяся аневризма аорты (I и III тип по DeBakey), АГА — аневризма нисходящего отдела грудной аорты. Для количественных признаков определены: медиана, 10-й и 90-й перцентили.

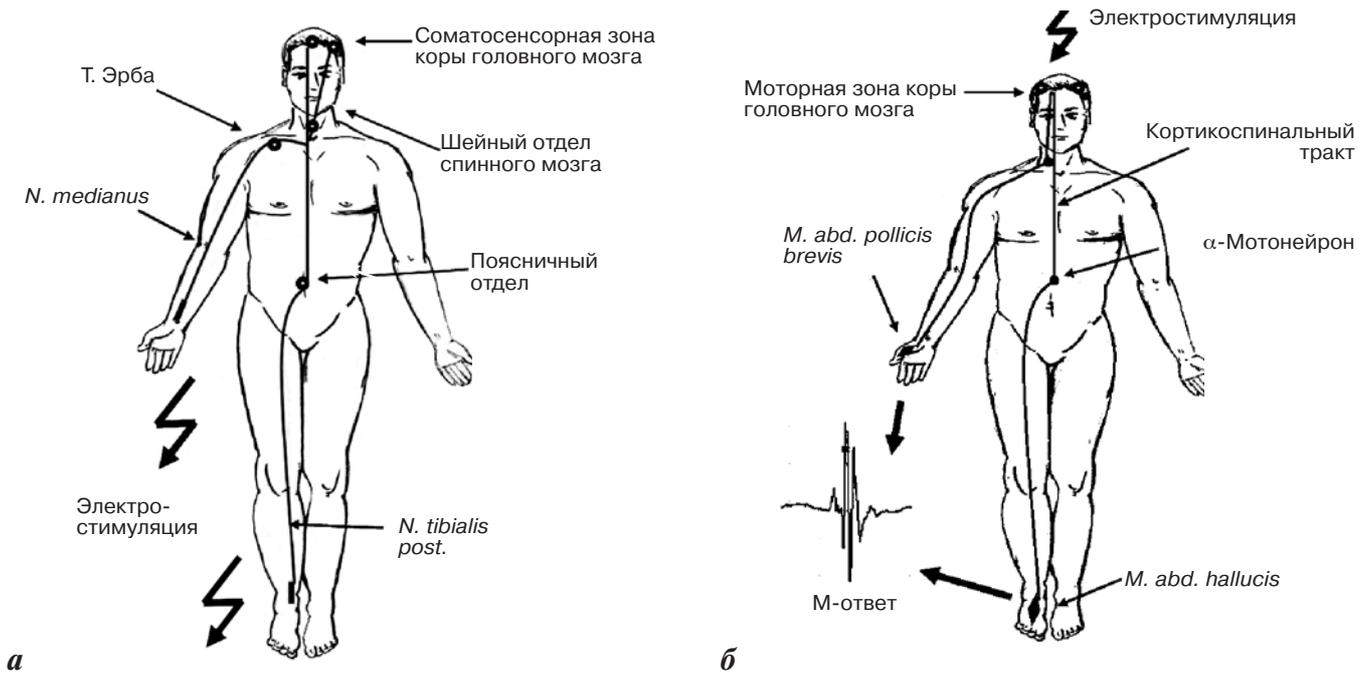


Рис. 1. Схема мониторинга соматосенсорных (а) и двигательных (б) вызванных потенциалов

ССВП давала возможность классифицировать отклонения в латенции и амплитуде. В зависимости от типа поражения выделяли спинальную ишемию, ишемию периферического нерва, ишемию в бассейне сонной артерии, системную гипоперфузию.

При мониторинге ДВП применялась транскраниальная электрическая стимуляция, а регистрация велась с периферических мышц (рис. 1, б). Различия в латенции и амплитуде регистрируемых потенциалов расценивалось как поражение передних рогов спинного мозга (двигательных путей проведения). По электродам на верхних конечностях проводили контроль за системными факторами, такими как действие миорелаксантов, температуры и гипотензии.

Анестезию поддерживали на постоянном уровне инфузией пропофола и фентанила. Для наблюдения за уровнем седации контролировали энтропию электроэнцефалограммы (Datex-Ohmeda). Во время основного этапа избегали болюсного введения анестетиков. Не использовали галогенсодержащие анестетики и закись азота. Полное расслабление мышц не позволяло регистрировать двигательные вызванные потенциалы, поэтому операции проводились при умеренной мышечной релаксации. Использовались миорелаксанты короткого действия: рокурония бромид (эсмерон) или цисатракурия безилат (нимбекс). Для контроля за миорелаксацией использовали блок нервно-мышечного расслабления (Datex-Ohmeda).

При аневризме грудного отдела аорты и расслаивающей аневризме аорты протезировали нисходящий отдел грудной аорты (рис. 2, а, б).

При торакоабдоминальной аневризме аорты (ТААА) у 2 пациентов протезировали нисходящий отдел грудной аорты до уровня отхождения чревного ствола, в двух других случаях проводили протезирование композитным эксплантатом дистального отдела нисходящей грудной и брюшной аорты с ветвями,

в одном случае операцию дополняли аортобедренным бифуркационным протезированием (рис. 2, в). На рисунке 3 показано распределение пациентов в зависимости от уровня реконструкции аорты. У 21,7% (10/46) пациентов аорта пережималась в критической области наиболее частого отхождения артерии Адамкевича (зона 4–6: средняя треть нисходящего отдела грудной аорты – интервисцеральный отдел брюшной аорты) [15, 22].

При характеристике исследуемых пациентов для количественных признаков определяли медиану и ранги (10–90 перцентили). Качественные признаки были представлены в абсолютных значениях и процентах. Проверка на нормальность распределения проводилась при помощи критерия Шапиро–Уилка. Учитывая тот факт, что распределение большинства параметров не соответствовало нормальному, при сравнении групп по количественным признакам и при выявлении различий в значениях биохимических маркеров ишемии применялись методы непараметрической статистики: U критерий Манна–Уитни, критерий Колмогорова–Смирнова, критерий серий Вальда–Вольфовица. Сравнение групп по качественным признакам проводили путем оценки таблиц сопряженности и расчета критерия χ^2 (использовали точный критерий Фишера, так как в большинстве наблюдений абсолютные частоты в ячейках таблицы были менее 5). Для выявления взаимосвязи количественных или порядковых признаков применяли непараметрические методы корреляционного анализа Спирмена, Кендала. Для оценки факторов риска спинальных осложнений проводилась проверка нулевой статистической гипотезы о равенстве частот для каждого фактора. Применялся анализ таблиц сопряженности 2x2 при помощи точного критерия Фишера. Для всех используемых методов статистически значимым считали $p < 0,05$.

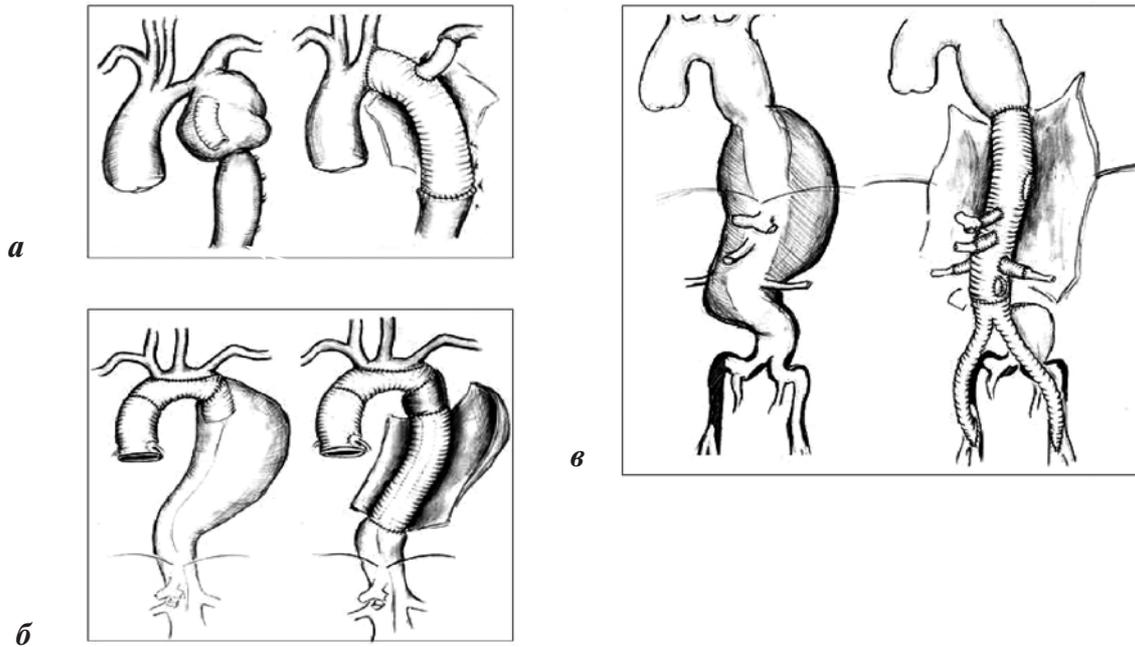


Рис. 2. Схема операций при аневризме грудного (а), торакоабдоминального (б) отдела аорты и при расслаивающейся аневризме аорты (б)

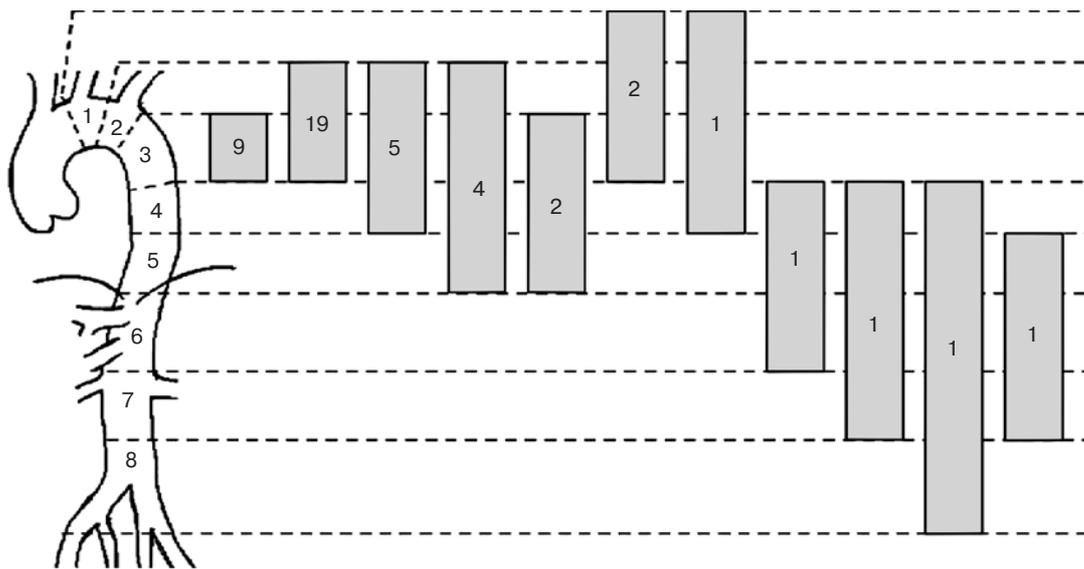


Рис. 3. Распределение пациентов в зависимости от уровня реконструкции аорты (цифрами в столбцах указано число пациентов)

Результаты

Общая госпитальная летальность в нашем исследовании составила 6,5% (3/46). Причинами летальных исходов были инсульт, инфаркт миокарда и кровотечение в раннем послеоперационном периоде. Неврологические осложнения в нашем исследовании выявлены у 13% (6/46) пациентов. Из них у 3 (6,5%) пациентов были параплегия или парапарез.

При одновариантном анализе выявлены следующие факторы риска спинальных осложнений: наличие ТААА, реконструкция аорты в критической зоне отхождения артерии Адамкевича (на уровне VI грудного – II поясничного позвонков) и кровопотеря более 800 мл (или более 15% объема циркулирующей крови).

В нашей работе исследование биохимических маркеров ишемии спинного мозга проведено у 46 пациентов, что, вероятно, является наибольшим опытом. Нами выявлена связь повышения уровня лактата в ликворе через 15 мин после пережатия аорты с развитием неврологических осложнений после операции (рис. 4, а и 5, а). Не было выявлено значимых изменений уровня глюкозы, электролитов (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Cl^-), газового состава крови и ликвора (pO_2 , pCO_2 , BE , pH). Уровень белка S-100 в ликворе через 6 ч после пережатия аорты более 1,4 мкг/л с чувствительностью 93% и специфичностью 95% указывал на ишемию ЦНС (рис. 4, б и 5, б).

Обнаружена связь повышения давления через 15 мин после пережатия аорты с развитием неврологи-

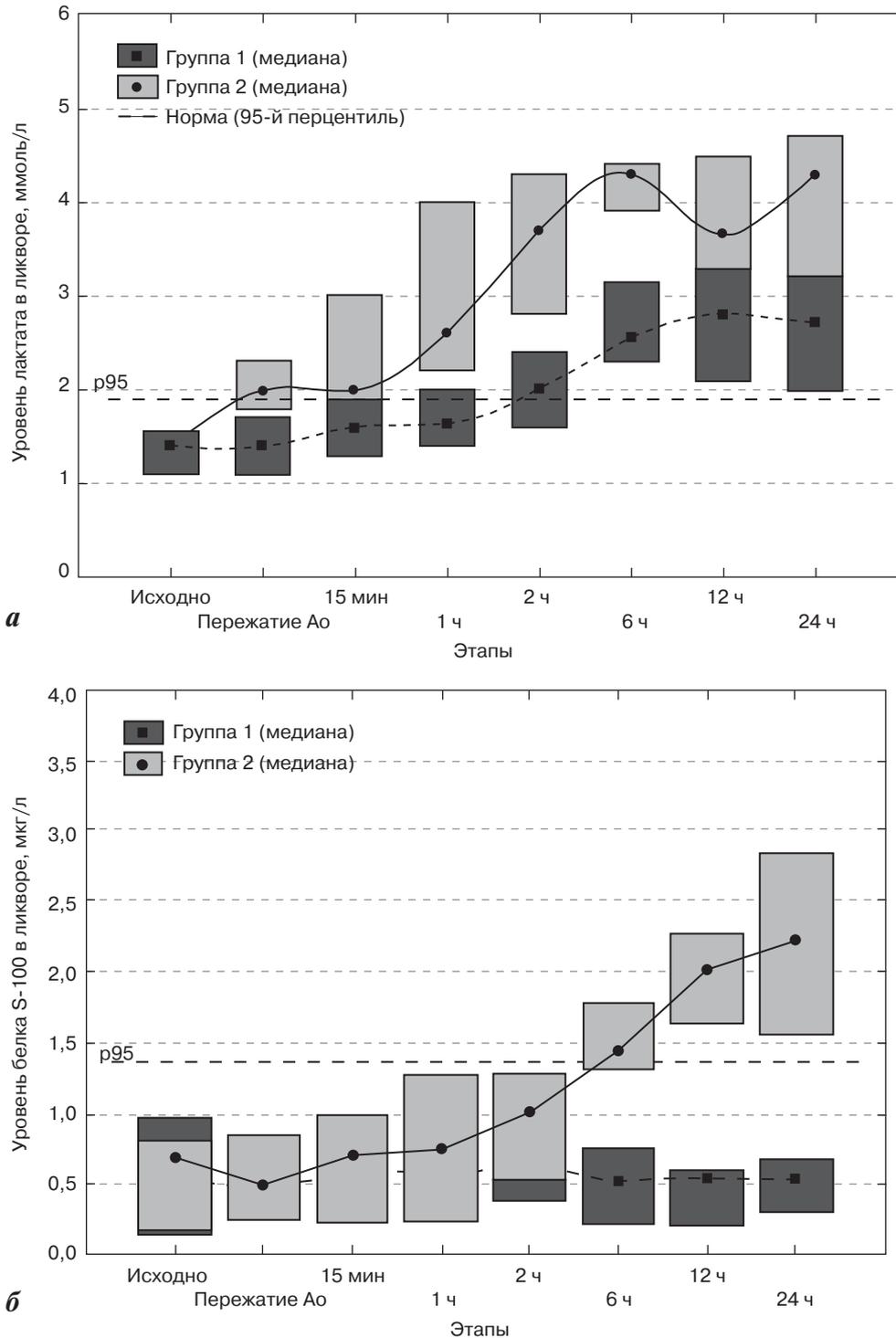


Рис. 4. Динамика уровня лактата (а) и белка S-100 (б) в ликворе

ческих осложнений после операции. Повышение давления СМЖ после пережатия аорты более 20 мм рт. ст. (или более чем на 10 мм рт. ст. от исходного уровня) характеризуется специфичностью 88% в отношении ишемии спинного мозга. Однако чувствительность и положительная прогностическая ценность составили всего 67 и 29% соответственно, что не позволяет использовать изолированный мониторинг СМД для диагностики ишемии спинного мозга.

Соматосенсорные вызванные потенциалы удалось корректно регистрировать в 100% случаев, ДВП —

только в 72%. Была разработана тактика анестезиологического контроля для поддержания постоянного уровня седации и миорелаксации и определены параметры оптимального уровня миорелаксации и седации для адекватной регистрации вызванных потенциалов. Многоуровневая запись ССВП и дополнительная регистрация ССВП и ДВП с верхней конечности позволили нам классифицировать изменения вызванных потенциалов. Были определены признаки изменения вызванных потенциалов, характерные для различных причин: действие анестезии и миорелакса-

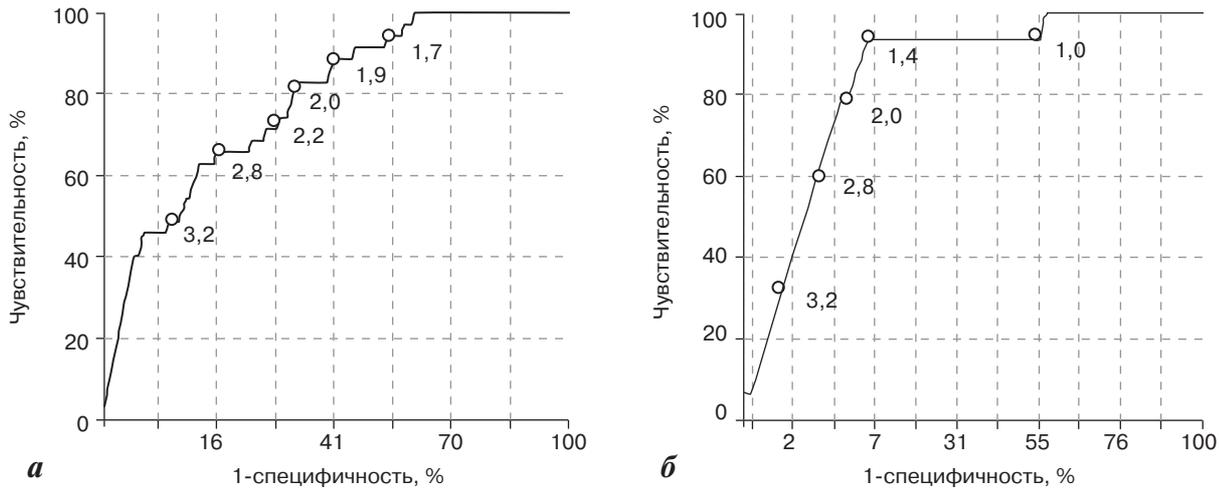


Рис. 5. Характеристические кривые чувствительности и специфичности методов определения лактата (ммоль/л) (а) и белка S-100 (мкг/л) (б) в ликворе для диагностики ишемии центральной нервной системы

ции, периферическая ишемия нерва, ишемия головного мозга. Доказана высокая чувствительность и специфичность необратимых изменений ССВП в прогнозировании спинальных осложнений после операции. Изменения вызванных потенциалов, связанные с ишемией спинного мозга, были выявлены у 5 (20%, 5/25) пациентов. Применение дополнительных методов защиты спинного мозга привело к полному восстановлению параметров вызванных потенциалов до исходного уровня у двух пациентов, после операции у них не было признаков поражения спинного мозга. У двух пациентов восстановление вызванных потенциалов было неполным к концу операции, и после операции в обоих случаях развился спинальный инсульт. У одного пациента с парапарезом амплитуда ССВП снижалась во время операции более чем на 60 мин, но к концу операции восстановилась до исходных значений. Использование в дополнение к электрофизиологическому мониторингу измерения лактата в ликворе позволяет повысить специфичность метода до 100% (табл. 2).

В 40% случаев (10/25) нейромониторинг влиял на тактику хирургического и анестезиологического по-

собия. На основе нейромониторинга был разработан алгоритм защиты спинного мозга при операциях на аорте (рис. 6).

Обсуждение

В настоящий момент в России проводится менее 300 операций в год по поводу аневризм грудного и торакоабдоминального отделов аорты, хотя потребность в них во много раз больше. Это не удивительно, ведь подобные операции требуют больших финансовых затрат, наличия в клинике высокотехнологических методов лечения (искусственное кровообращение, гемодиализ и др.) и опытных специалистов – не только хирургов, но и анестезиологов, перфузиологов и реаниматологов. Увеличение числа крупных центров сердечно-сосудистой хирургии в России, широкое внедрение альтернативных методов лечения (эндопротезирование, гибридные технологии), несомненно, приведет к увеличению количества операций. Соответственно, изучение механизмов повреждения спинного мозга, методов мониторинга и защиты является актуальной темой для научных исследований.

Таблица 2

Сравнение эффективности маркеров ишемии спинного мозга

Маркеры ишемии	Чувствительность, %	Специфичность, %	Положительная прогностическая ценность, %	Отрицательная прогностическая ценность, %
Давление СМЖ более 20 мм рт. ст.	67	88	29	97
Лактат в ликворе более 2,0 ммоль/л	83	67	31	94
Лактат в ликворе более 2,5 ммоль/л	66	81	51	92
Лактат в ликворе более 2,8 ммоль/л	63	88	55	92
III тип изменений ССВП	75	100	100	95
Все изменения ССВП	100	52	29	100
Все изменения ССВП+лактат в ликворе более 2,0 ммоль/л	100	76	44	100
Изменения ССВП, связанные с ишемией спинного мозга	100	90	67	100
Все изменения ССВП+лактат в ликворе более 2,5 ммоль/л	100	95	85	100
Все изменения ССВП+лактат в ликворе более 2,8 ммоль/л	100	100	100	100

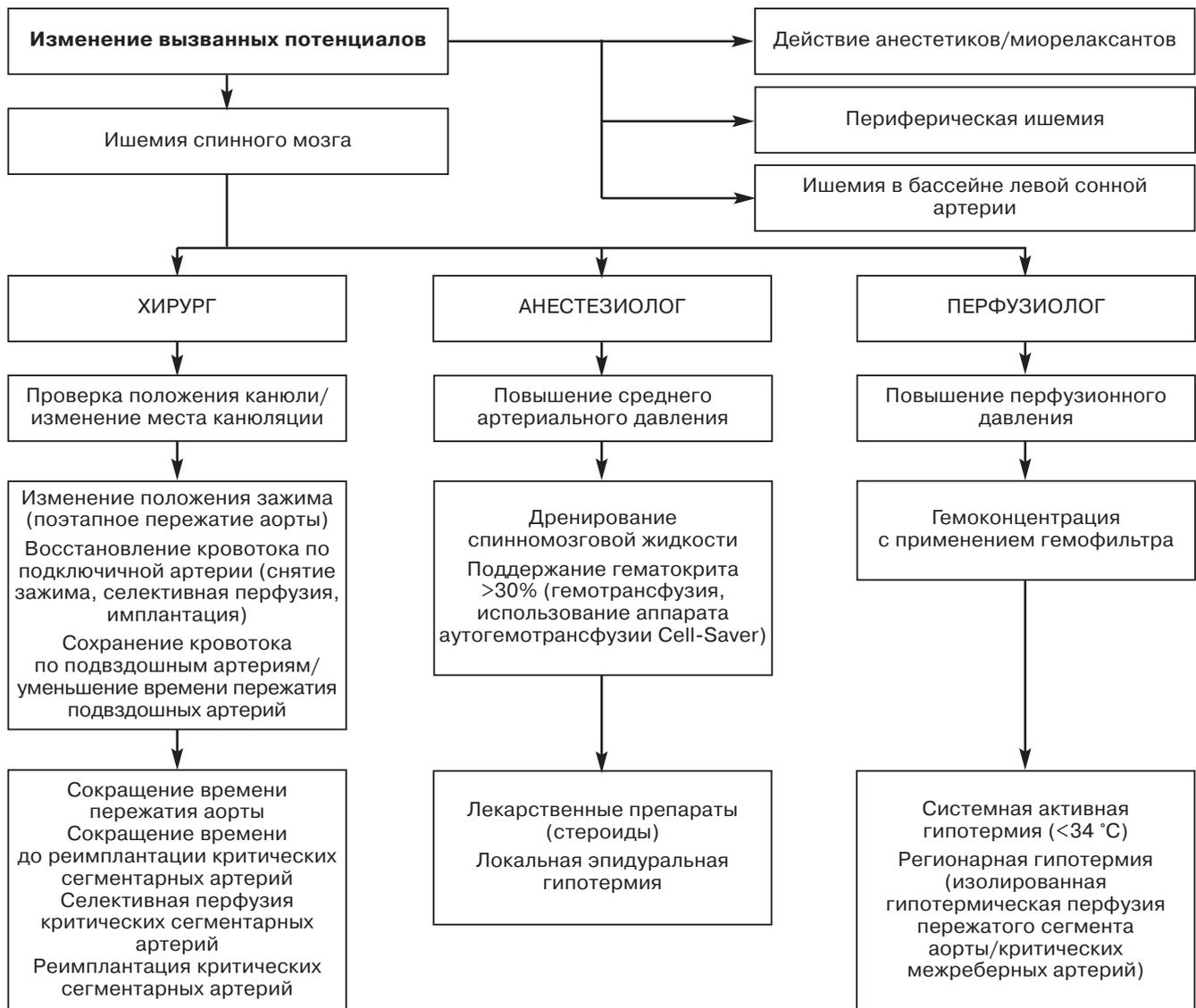


Рис. 6. Алгоритм защиты спинного мозга на основе интраоперационного нейромониторинга

По данным ведущих клиник, занимающихся лечением аневризм аорты, нейромониторинг стал рутинно применяться при операциях на торакоабдоминальном отделе аорты [10, 11, 26].

Наиболее широко применяется электрофизиологический нейромониторинг, однако ведутся исследования и других методов (определение биохимических маркеров ишемии, прямое измерение давления в сегментарных артериях, церебральная оксиметрия и др.).

Нами выявлена связь повышения уровня лактата в ликворе через 15 мин после пережатия аорты и повышения уровня белка S-100 в ликворе через 6 ч после пережатия аорты с развитием неврологических осложнений после операции. Полученные результаты подтверждают исследования других авторов [3, 20, 21].

Было выявлено значимое повышение уровня лактата в крови у пациентов с неврологическими осложнениями сразу после пережатия аорты, что отличается от результатов ранее выполненных исследований [3]. Однако, учитывая влияние факторов, не связанных с ишемией ЦНС (ишемия внутренних органов на

фоне нарушения перфузии и гипотонии, повышение уровня глюкозы, периферический спазм на фоне кардиотоников, дыхательный алкалоз и др.), и малое число наблюдений, мы не можем сделать заключение о прямой связи уровня лактата в крови с ишемией ЦНС. Дополнительные исследования с большим числом наблюдений, возможно, помогут определить значимость уровня лактата в крови в диагностике неврологических осложнений.

Повышение уровня белка S-100 в ликворе у пациентов с неврологическими осложнениями происходит лишь в раннем послеоперационном периоде, что ограничивает применение этого метода в интраоперационном нейромониторинге. Однако есть перспективы его использования в реанимации. У седатированных пациентов, находящихся на искусственной вентиляции легких, невозможно оценить неврологический статус, а проведение КТ/МРТ сопряжено с техническими трудностями при транспортировке пациента. В реанимации исследование биохимических маркеров, несомненно, проще проведения электрофизиологического мониторинга. Кроме того, воз-

можно использование уровня белка S-100 для контроля лечения и прогноза у пациентов с неврологическими осложнениями. Необходимо отметить, что полученный нами уровень белка S-100, равный 1,4 мкг/л, с чувствительностью 93% и специфичностью 95% указывает на ишемию ЦНС. Однако исследование проводилось всего у 22 пациентов, из них неврологические осложнения были всего у 3. То есть, скорее всего, показатели чувствительности и специфичности завышены, а определенный критический уровень нельзя считать достоверным. Сделанный вывод говорит лишь о значимом повышении уровня белка S-100 при ишемии ЦНС, для определения же точного критического уровня необходимо проведение дополнительных исследований.

В настоящее время доказана эффективность дренирования СМЖ при повышенном давлении для профилактики и лечения неврологических осложнений [5]. В нашем исследовании обнаружена связь повышения давления через 15 мин после пережатия аорты с развитием неврологических осложнений после операции, что подтверждает необходимость дренирования СМЖ. До настоящего времени исследователям не удалось определить критический уровень давления СМЖ, при котором возникает ишемия спинного мозга. Это может быть связано с большим разбросом значений давления СМЖ и зависимостью его от многих причин (давление, ЦВД, гиперволемиа, уровень диоксида углерода) [28]. По данным нашего исследования, изолированный мониторинг СМД не обладает необходимой эффективностью для диагностики ишемии спинного мозга.

Доказана высокая чувствительность и специфичность необратимых изменений ССВП в прогнозировании спинальных осложнений после операции. Таким образом, многоуровневая запись и дополнительная регистрация ССВП с верхней конечности, а также контроль степени анестезии и нейромышечной релаксации позволили с чувствительностью 100% и специфичностью 90% выявить ишемию спинного мозга. Использование в дополнение к электрофизиологическому мониторингу измерения лактата в ликворе позволяет повысить специфичность метода до 100%. В нашем исследовании не удалось оценить чувствительность метода мониторинга ДВП, так как только у одного пациента с развившимся спинальным инсультом интраоперационно удалось зарегистрировать ДВП. Однако у пациентов без значимых изменений ДВП во время операции не было поражения спинного мозга, что позволяет говорить о высокой прогностической ценности отрицательного результата мониторинга ДВП (100%). Глубокая миорелаксация и болюсное введение анестетиков явились основной причиной, которая не позволила зарегистрировать ДВП. По данным крупных исследований, достоверные ДВП удается регистрировать в 96–100% случаев [10, 18]. Поэтому мы считаем, что оптимизация анестезиологического пособия позволит в дальнейшем регистрировать ДВП в большем проценте случаев.

Из-за малого числа пациентов, у которых осуществлялся расширенный нейромониторинг (изучение биохимических показателей ишемии, давления СМЖ и вызванных потенциалов спинного мозга), не проводилось сравнение с контрольной группой без нейромониторинга.

Однако, по нашему мнению, дальнейшее накопление опыта позволит оценить эффективность нейромониторинга для профилактики спинальных осложнений. В настоящий момент удалось снизить частоту спинальных осложнений до 6,5%.

Подробный анализ всех изменений вызванных потенциалов позволил сделать несколько важных выводов.

На основе изменений вызванных потенциалов у пациентов с нарушением дистальной аортальной перфузии подтверждена основная роль дистальной аортальной перфузии в предотвращении спинальных осложнений.

Нейромониторинг позволяет определить необходимость реимплантации межреберных артерий и сократить время на реконструкцию и время ишемии спинного мозга.

Отмечена зависимость спинального кровотока от системного артериального давления в условиях пережатия аорты и недостаточной перфузии спинного мозга, что объясняется усилением коллатерального кровотока при повышении артериального давления.

Нейромониторинг позволяет выявить недостаточную дистальную аортальную перфузию и принять соответствующие меры (изменение положения канюли, увеличение объемной скорости перфузии).

Выявлено, что сохранение кровотока по подключичной артерии играет важную роль в предотвращении ишемии спинного мозга во время пережатия аорты. Определено, что интраоперационная оценка роли поясничных и подвздошных артерий в кровообращении спинного мозга и сохранение кровотока по ним имеет важное значение, особенно в случае циркулярного пристеночного тромбоза при ТААА. Таким образом подтверждена эффективность этапного подхода к лечению, позволяющего сохранить кровотоки по основным коллатералам спинного мозга.

Значимость коллатерального кровотока подтверждается и другими исследователями. По данным М. J. Jacobs и соавт. [16], у 16% пациентов с ТААА II и III типов основное кровоснабжение спинного мозга осуществлялось из поясничных артерий на уровне III–V поясничных позвонков и у 8% пациентов – из подвздошных артерий. По мнению некоторых авторов, перевязка поясничных артерий во время предшествующей операции по поводу инфраренальной аневризмы аорты является фактором риска неврологических осложнений при операции на грудном отделе [2, 25]. Однако J. Flores и соавт. [12] доказывают обратное, – предшествующая операция на брюшном отделе аорты не является фактором риска. Кроме того, по данным других исследователей, двухэтапный подход, при котором во время первого этапа перевязываются практически все поясничные артерии, приводит лишь к умеренному снижению перфузионного давления в спинном мозге и стимулирует развитие коллатералей. Это позволяет снизить частоту спинальных осложнений во время операции на грудном отделе [11].

Проведенное исследование результатов нейромониторинга открывает перспективы для дальнейшего изучения механизмов развития спинальных осложнений, поиска новых, более простых в использовании методов нейромониторинга и определения эффек-

тивности различных методов защиты спинного мозга. В том числе оценка роли коллатерального кровотока спинного мозга может способствовать пересмотру подходов к лечению ТААА и РАА в сторону этапного лечения.

Заключение

Метод мониторинга вызванных потенциалов и уровня лактата в ликворе обладает высокой чувствительностью и специфичностью, и может быть включен в протокол операций на грудном и торакоабдоминальном отделах аорты. Определение уровня белка S-100 в ликворе является высокоспецифичным методом диагностики ишемии спинного и головного мозга в раннем послеоперационном периоде. Алгоритм защиты спинного мозга, основанный на интраоперационном нейромониторинге, позволяет снизить частоту спинальных осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Anderson R. E., Winnerkvist A., Hansson L. O.* et al. Biochemical markers of cerebrospinal ischemia after repair of aneurysms of the descending and thoracoabdominal aorta // *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2003. Vol. 17, № 5. P. 598–603.
2. *Biglioli P., Roberto M., Cannata A.* et al. Upper and lower spinal cord blood supply: the continuity of the anterior spinal artery and the relevance of the lumbar arteries // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2004. Vol. 127, № 4. P. 1188–1192.
3. *Casiraghi G., Poli D., Landoni G.* et al. Intrathecal lactate concentration and spinal cord injury in thoracoabdominal aortic surgery // *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2011. Vol. 25, № 1. P. 120–126.
4. *Coselli J. S., Bozinovski J., LeMaire S. A.* Open surgical repair of 2286 thoracoabdominal aortic aneurysms // *Ann. Thorac. Surg.* 2007. Vol. 83, № 2. P. 862–864.
5. *Coselli J. S., LeMaire S. A., Koksoy C.* et al. Cerebrospinal fluid drainage reduces paraplegia after thoracoabdominal aortic aneurysm repair: results of a randomized clinical trial // *J. Vasc. Surg.* 2002. № 35. P. 631–639.
6. *Crawford E. S., Mizrahi E. M., Hess K. R.* et al. The impact of distal aortic perfusion and somatosensory evoked potential monitoring on prevention of paraplegia after aortic aneurysm operation // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1988. № 95. P. 357–367.
7. *De Mol B. A., Boezeman E. H., Hamerlijnck R. P.* et al. Experimental and clinical use of somatosensory evoked potentials in surgery of aneurysms of the descending thoracic aorta // *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1990. № 38. P. 146–150.
8. *Dongen E. P., Beek H. T., Schepens M. A.* et al. The relationship between evoked potentials and measurements of S-100 protein in cerebrospinal fluid during and after thoracoabdominal aortic aneurysm surgery // *J. Vasc. Surg.* 1999. № 30. P. 293–300.
9. *Dongen E. P., Schepens M. A., Morshuis W. J.* et al. Thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm repair: Use of evoked potential monitoring in 118 patients // *J. Vasc. Surg.* 2001. № 34. P. 1035–1040.
10. *Estreza A. L., Sheinbaum R., Miller C. C.* et al. Neuromonitor-guided repair of thoracoabdominal aortic aneurysms. Aortic Symposium 2010 // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010. № 140. P. 131–135.
11. *Etz C. D., Zoli S., Mueller C. S.* Staged repair significantly reduces paraplegia rate after extensive thoracoabdominal aortic aneurysm repair // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010. Vol. 139, № 6. P. 1464–1472.
12. *Flores J., Shiya N., Kunihara T.* et al. Risk of spinal cord injury after operations of recurrent aneurysms of the descending aorta // *Ann. Thorac. Surg.* 2005. Vol. 79, № 4. P. 1245–1249.
13. *Guerit J. M., Verhelst R., Rubay J.* et al. Multilevel somatosensory evoked potentials (SEPs) for spinal cord monitoring in descending thoracic and thoracoabdominal aortic surgery // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 1996. № 10. P. 93–103.
14. *Guerit J. M., Witdoeck C., Verhelst R.* et al. Sensitivity, specificity, and surgical impact of somatosensory evoked potentials in descending aorta surgery // *Ann. Thorac. Surg.* 1999. № 67. P. 1943–1946.
15. *Ishimaru S., Kamaguchi S., Koizumi N.* et al. Preliminary report on prediction of spinal cord ischemia in endovascular stent graft repair of thoracic aortic aneurysm by retrievable stent graft // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1998. № 115. P. 811–818.
16. *Jacobs M. J., de Mol B. A., Elenbaas T. W.* et al. Spinal cord blood supply in patients with thoracoabdominal aortic aneurysms // *J. Vasc. Surg.* 2002. № 35. P. 30–37.
17. *Jacobs M. J., Meylaerts S. A., de Haan P.* et al. Strategies to prevent neurologic deficit based on motor-evoked potentials in type I and II thoracoabdominal aortic aneurysm repair // *J. Vasc. Surg.* 1999. № 29. P. 48–59.
18. *Keyhani K., Miller C. C. III, Estrera A. L.* et al. Analysis of motor and somatosensory evoked potentials during thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm repair // *J. Vasc. Surg.* 2009. № 49. P. 36–41.
19. *Khaladj N., Teebken O. E., Hagl C.* et al. The role of cerebrospinal fluid S100 and lactate to predict clinically evident spinal cord ischaemia in thoracoabdominal aortic surgery // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2008. № 36. P. 11–19.
20. *Kunihara T., Shiya N., Yasuda K.* Changes in S100 beta protein levels in cerebrospinal fluid after thoracoabdominal aortic operations // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2001. № 122. P. 1019–1020.
21. *Lases E. C., Schepens M. A., Haas F. J.* et al. Clinical prospective study of biochemical markers and evoked potentials for identifying adverse neurological outcome after thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm surgery // *Br. J. Anaesth.* 2005. Vol. 95, № 5. P. 651–661.
22. *Lazorthes G., Gouaze A., Zadeh J. O.* Arterial vascularization of the spinal cord. Recent studies of the anastomotic substitution pathways // *J. Neurosurg.* 1971. № 35. P. 253–262.
23. *Meylaerts S. A., Jacobs M. J., van Iterson V.* et al. Comparison of transcranial motor evoked potentials during thoracoabdominal aortic aneurysm repair // *Ann. Surg.* 1999. № 6. P. 742–749.
24. *Schepens M. A., Heijmen R. H., Ranschaert W.* et al. Thoracoabdominal aortic aneurysm repair: results of conventional open surgery // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2009. Vol. 37, № 6. P. 640–645.
25. *Schlosser F. J., Verhagen H. J., Lin P. H.* et al. TEVAR following prior abdominal aortic aneurysm surgery: Increased risk of neurological deficit // *J. Vasc. Surg.* 2009. Vol. 49, № 2. P. 308–314.
26. *Shine T. S., Harrison B. A., De Ruyter M. L.* Motor and somatosensory evoked potentials: their role in predicting spinal cord ischemia in patients undergoing thoracoabdominal aortic aneurysm repair with regional lumbar epidural cooling // *Anesthesiology.* 2008. Vol. 108, № 4. P. 580–587.
27. *Svensson L. G., Crawford E. S., Hess K. R.* et al. Experience with 1509 patients undergoing thoracoabdominal aortic operations // *J. Vasc. Surg.* 1993. Vol. 17, № 2. P. 357–368.
28. *Ulus A. T., Hellberg A., Ulus F., Karacagil S.* Effect of central venous pressure on spinal cord oxygenation // *Asian Cardiovasc. Thorac. Ann.* 2009. Vol. 17, № 1. P. 46–53.

Поступила 21.05.2012