



# ЭЛЕКТРОНЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МОЗГА ПАЦИЕНТОВ С СИНДРОМОМ АРНОЛЬДА – КИАРИ В ХОДЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ\*

С.Б. Цветовский<sup>1</sup>, В.В. Ступак<sup>1</sup>, А.Б. Дмитриев<sup>2</sup>, Г.В. Томаш<sup>2</sup>, И.А. Грибачева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии

<sup>2</sup>Городская клиническая больница № 1, Новосибирск

<sup>3</sup>Новосибирский государственный медицинский университет

**Цель исследования.** Оценка характера и степени отклонений от нормы функционального состояния головного и шейного отдела спинного мозга пациентов с синдромом Арнольда – Киари и динамики состояний в ходе хирургического лечения данной патологии на основе использования комплекса электрофизиологических методик.

**Материал и методы.** У 28 пациентов в предоперационном периоде и на 12–30-е сут после хирургического лечения регистрировались зрительные вызванные потенциалы (ЗВП), соматосенсорные (ССВП), стволовые акустические (АСВП) и моторные (М) ответы на транскраниальную магнитную стимуляцию (ТКМС).

**Результаты.** При первичных обследованиях ЗВП и ССВП обнаруживали отличия от нормы, обусловленные гидроцефалией и повышенным внутричерепным давлением. Латентное время компонента P100 на ЗВП у большинства пациентов было аномально укороченным, наблюдались латеральные асимметрии задержки и амплитуды P100, изменения формы ЗВП. Увеличение задержек P100 и асимметрия ЗВП отмечались при наличии очагов сосудисто-дисметаболического генеза, дистрофических изменений. На ССВП изменены корковые компоненты N30, компоненты N20 существенно менялись лишь у пациентов с сирингомиелией на шейном уровне. У этих же пациентов худшими были М-ответы на ТКМС. АСВП регистрировались со сниженным компонентом V и увеличенным межпиковым интервалом IV–V.

**Заключение.** Синдром Арнольда – Киари находит отражение во множественных отклонениях от нормы электрофизиологических показателей, характеризующих функциональное состояние ЦНС. В послеоперационной динамике преобладали позитивные сдвиги, нормализация электрофизиологических характеристик.

**Ключевые слова:** синдром Арнольда – Киари, мультимодальные вызванные потенциалы, моторные ответы, динамика в ходе лечения.

ELECTRONEUROPHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE BRAIN IN PATIENTS WITH CHIARI MALFORMATION BEFORE AND AFTER SURGERY  
S.B. Tsvetovskiy, V.V. Stupak, A.B. Dmitriev, G.V. Tomash, I.A. Gribacheva

**Objective.** The impartial instrument assessment of a nature and degree of cephalic and cervical spinal cord functional abnormalities and dynamics of their changes in patients with Chiari malformation before and after surgery.

**Material and Methods.** Visual evoked potentials (VEP), somatosensory (SSEP) and brainstem auditory evoked potentials (BAEP), and motor responses to the transcranial magnetic stimulation (TMS) were registered in 28 patients preoperatively and in 12–30 days postoperatively.

**Results.** Initial VEP and SSEP showed deviations from normal values caused by hydrocephalus and increased intracranial pressure. In majority of patients a latent time of VEP P100 was abnormally short. Lateral asymmetries of P100 delay and amplitude, and VEP shape changes were also observed. P100 delays increase and VEP asymmetry were observed when foci of vascular dysmetabolic genesis and dystrophic changes were present. SSEP had changes in N30 cortical components. Initial N20 components were radically changed only in patients with cervical syringomyelia. The same patients had the worst M-responses to the TMS. BAEP were registered with decreased V component and increased interpeak IV–V interval.

**Conclusion.** Arnold – Chiari syndrome is reflected in various deviations of electrophysiological parameters characterizing a functional condition of the central nervous system. Postoperative dynamics showed prevalence of positive shifts and normalization of electrophysiological parameters

**Key Words:** Arnold – Chiari syndrome, multimodal evoked potentials, motor responses, intra-treatment dynamics.

Hir. Pozvonoc. 2006;(2):55–61, (3):76–83.

\* Окончание. Начало в № 2/2006, с. 55–61.

Обследования пациентов при поступлении методом соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) выявили, что показатели проведения по путям чувствительности у 81,4 % пациентов имеют признаки отклонений от нормы различной выраженности. Изменения ССВП прежде всего касались компонентов N30 и заключались в снижении этих компонентов, аномальном уменьшении задержки их максимумов, их межполушарной асимметрии (рис. 1).

Латеральные различия амплитуд и задержек основных компонентов

ССВП (N20), их существенные отклонения от нормы встречались реже, однако разница амплитуд N20 от 10,0 % и более регистрировалась в 48,0 % всех случаев, а асимметрия задержек, превышающая 0,1 мс, – в 37,0 %. Разница в задержках пиков компонентов N20 могла достигать 1 мс. ССВП с большей задержкой имели в основном меньшую амплитуду. Лишь в одном случае значительное снижение амплитуды ССВП от одной из верхних конечностей (правой) сочеталось со столь же существенно меньшим латентным временем пика

N20 – 17,1 мс для ССВП от правой, 19,8 мс – от левой. После устранения компримирующего воздействия на проводящие пути в послеоперационном периоде зафиксирована положительная динамика: латеральные различия в задержках исчезли, равные для обеих рук задержки 18,8 мс меньше, чем задержка при дооперационном обследовании для левой; амплитуда ССВП от правой руки много увеличилась, форма приблизилась к норме (рис. 2).

Кроме латеральных различий, признаки обусловленного компрес-

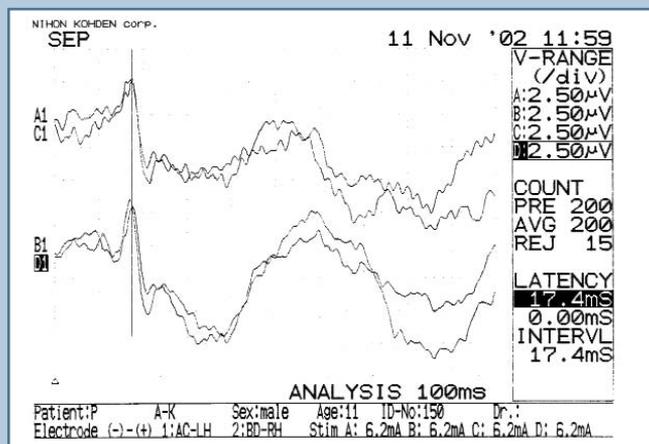


Рис. 1

Снижение и изменение задержки корковых компонентов N30 и умеренные изменения компонента N20 – наиболее частые отклонения от нормы показателей проведения по путям чувствительности при синдроме Арнольда – Киари

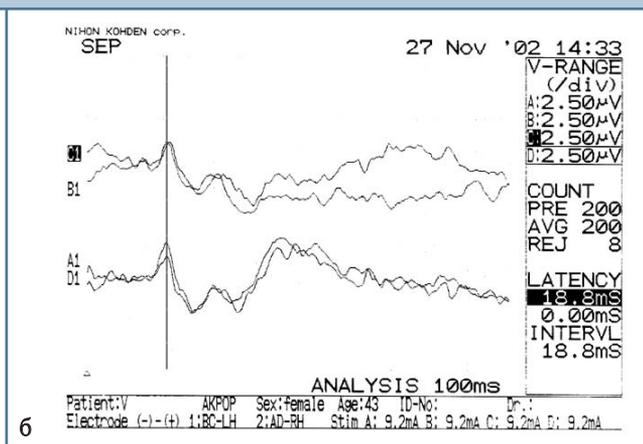
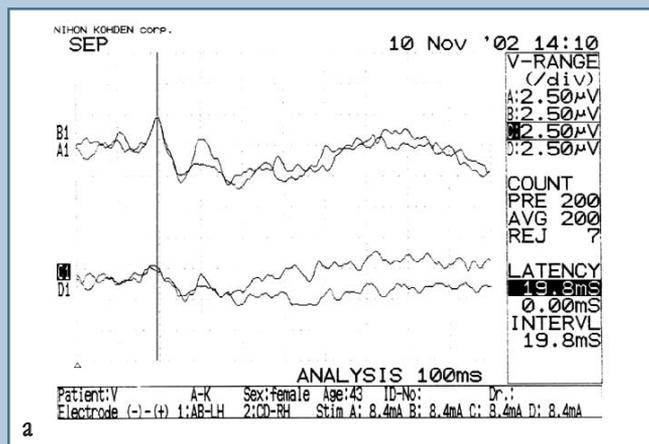


Рис. 2

Исходное значительное изменение сенсорного проведения с правой верхней конечности (нижние кривые на каждой из двух записей) и улучшение в послеоперационном периоде:

- а – до операции;
- б – после операции

сией стволовой области снижения и десинхронизации проведения по путям чувствительности у большинства испытуемых в параметрах N20 были выражены в целом умеренно. Среднее для группы латентное время максимума N20 составило 19,3 мс, грубого уширения, сглаживания и снижения N20, отражающего десинхронизацию, не наблюдалось. При этом превышающие среднегрупповое значение задержки компонента N20, лежащие в диапазоне 19,8–21,2 мс, совпадали с увеличенным более 5,85 мс латентным временем генерируемых на уровне ствола компонентов V коротколатентных акустических стволовых вызванных потенциалов (АСВП).

Уширение первичного компонента N20, одностороннее или двухстороннее, наиболее выраженные изменения формы и асимметрия ССВП от левой и правой рук зафиксированы у пациентов с наличием сирингомиелитических кист. У этих же пациентов худшими были моторные (М) ответы на транскраниальную магнитную стимуляцию (ТКМС) – низкая амплитуда с очень большой разницей

по задержкам и амплитуде или невозможность получения ответов на одной или обеих верхних конечностях.

После операций динамика количественных характеристик ССВП следующая: уменьшение времени задержки сенсорного проведения с двух или одной конечностей (уменьшение задержки пиков N20) – 38,5 % случаев (рис. 3); уменьшение задержки ССВП от одной из верхних конечностей в сочетании с небольшим увеличением задержки ССВП от другой – 30,8 %; отсутствие динамики по временным показателям – 20,0 %; двухстороннее или одностороннее увеличение задержек – 10,7 %. Увеличение амплитуд ССВП (только пика N20 или N20 и последующих) зарегистрировано в 46,0 %, при этом увеличение амплитуды и улучшение формы ССВП наблюдалось и в случаях, когда послеоперационные задержки оказались больше исходных. Например, у пациентки М. исходные задержки 19,6 мс от левой руки и 20,3 от правой, после операции – 20,2 и 20,4 мс соответственно, в то же время амплитуда N20 ССВП от левой руки увеличилась на 25,0 %, исчезли признаки

десинхронизации – уширение и сглаженность вершины пика N20. Небольшое увеличение амплитуды отмечено и у ССВП от правой руки.

При отдельном рассмотрении динамики компонентов N30 ССВП в 57,2 % сравнений отмечены позитивные сдвиги, заключающиеся в увеличении амплитуды (в том числе и при отсутствии такового для N20) и нормализации латентного времени максимумов этих компонентов.

Значимое снижение амплитуд отмечено в 14,3 % сравнений, причем наблюдалось одностороннее снижение, лишь в одном случае небольшое снижение амплитуд было двухсторонним.

ССВП от нижних конечностей регистрировались лишь у 4 из 28 обследованных пациентов. Тем не менее в этих исследованиях зафиксирована позитивная послеоперационная динамика. Например, у пациентки Т. исходно большая разница в задержках ССВП от левой и правой нижних конечностей, после операции задержки и их латеральные различия уменьшились: значения задержек до операции – 42,6 мс от левой ко-

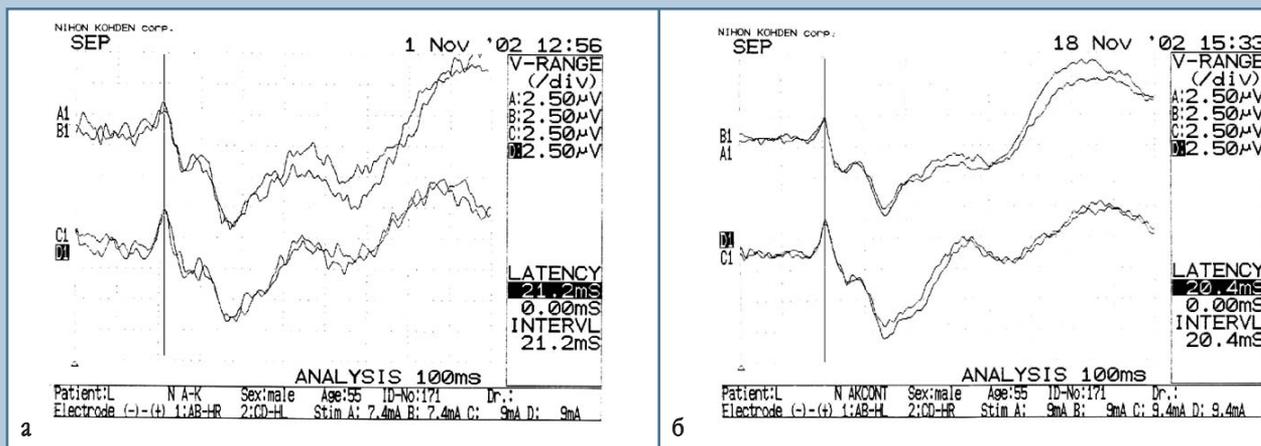


Рис. 3

Динамика показателей проведения по путям соматической чувствительности: уменьшение времени задержки соматосенсорных вызванных потенциалов:

а – до операции (задержка 21,2 мс);

б – после операции (задержка 20,4 мс)

нечности, 44,6 мс – от правой; после операции – 42,4 мс от левой, 45,4 мс – от правой.

Отражающие М-реакции электрофизиологические явления – М-ответы от мышц кистей на ТКМС представляли собой полифазные колебания потенциала, моменты возникновения которых варьировали в диапазоне от 18,4 до 28,1 мс (в среднем – 21,1 мс), продолжительность реакций – 20 мс, амплитуда размаха колебаний – до 2 мВ. Практически во всех случаях реакции с левой и правой конечностей были в большей или меньшей степени асимметричными, различающимися по амплитуде и латентному времени. Максимальная зарегистрированная разница в задержках составила 2,2 мс, среднее значение разницы – 1,2 мс (рис. 4). Латеральные различия амплитуд зарегистрированных М-ответов – от незначительных до отношения 1:6. У трех пациентов не удалось получить М-ответы с одной из верхних конечностей. У большинства обследованных на конечностях, с которых хуже было сенсорное проведение, ниже и более задержанными были М-ответы. Отсут-

ствие М-ответов на одной из рук совпадало с худшими параметрами ССВП с той же конечности по сравнению с контрлатеральной. У пациентов с сирингомиелией в двух случаях из трех наблюдалась диссоциация латеральных различий ССВП и М-ответов, снижение проведения по двигательным путям не совпадало с таковым для путей чувствительности.

При послеоперационных обследованиях пациентов в 78,6 % случаев зарегистрированные М-ответы по амплитуде превышали таковые в обследованиях при поступлении. У одного из пациентов увеличение амплитуды было пятикратным, у большинства других оно было также очевидным – не менее 40,0 %. Для латентного времени начала М-реакций такой несомненной однонаправленной позитивной динамики у данной группы пациентов не зафиксировано. Уменьшение задержек М-ответов на обеих или одной руке наблюдалось у 53,6 % пациентов, ускорение на одной и замедление на другой – у 21,4 %, у четверти испытуемых – увеличение задержек реакций на обеих или одной руке. При этом больше половины

ситуаций с увеличением задержек не сопровождались снижением амплитуды, амплитуда увеличивалась, что не позволяет считать динамику отрицательной.

Позитивная динамика М-ответов наблюдалась как параллельно с таковой для ССВП, так и в качестве самостоятельного феномена. Например, у пациентки У. динамики ССВП практически нет: как и до операции, ССВП от левой руки ниже, а М-ответы обнаруживают позитивную динамику – уменьшение задержки реакции на левой руке, двукратный рост амплитуды на правой.

Существенное снижение показателей сенсорного проведения, определяемого функциональным состоянием проводящих путей на уровне ствола, и ухудшение параметров М-реакций совпадали также лишь в 3/4 случаев. Например, у пациентки Т. после операции уширен N20 на ССВП от правой руки, больше задержка N20, но увеличились N30. М-ответы ниже и более задержанны. Вероятно, картина отражает факт снижения внутричерепного давления при отсутствии улучшения проведения по специфиче-

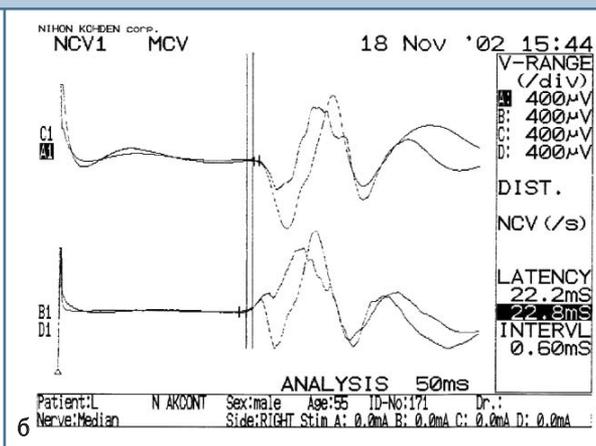
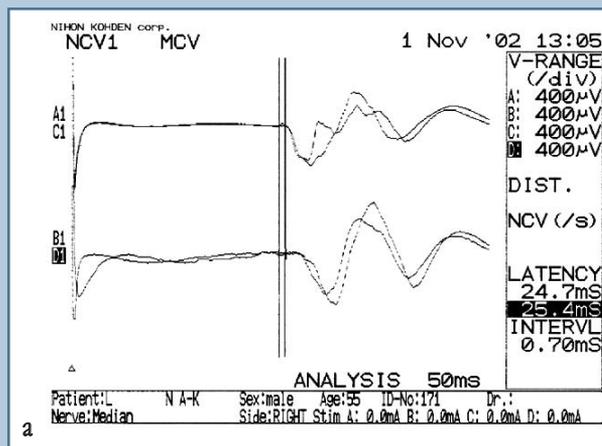


Рис. 4

Положительная динамика в послеоперационном периоде вызванных моторных ответов на транскраниальную стимуляцию двигательных зон коры (верхние кривые – моторные ответы от *m.thenar* на левой руке, нижние – на правой):

а – до операции;

б – после операции: увеличение амплитуды моторных ответов, уменьшение задержек и латеральных различий по задержкам

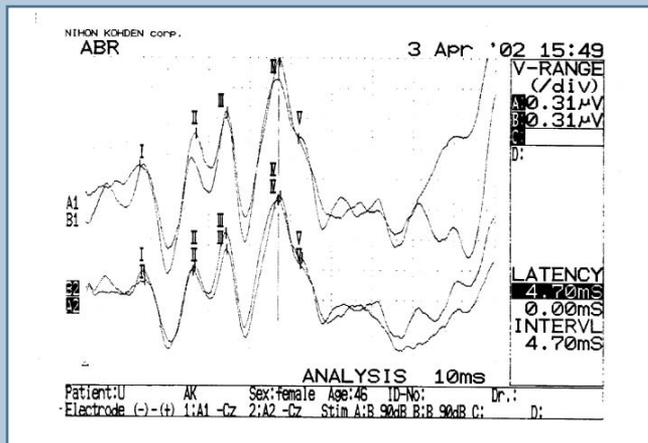


Рис. 5

Изменение нормального соотношения компонентов акустических стволовых вызванных потенциалов, генерируемых на стволовом уровне (снижение амплитуды компонента V)

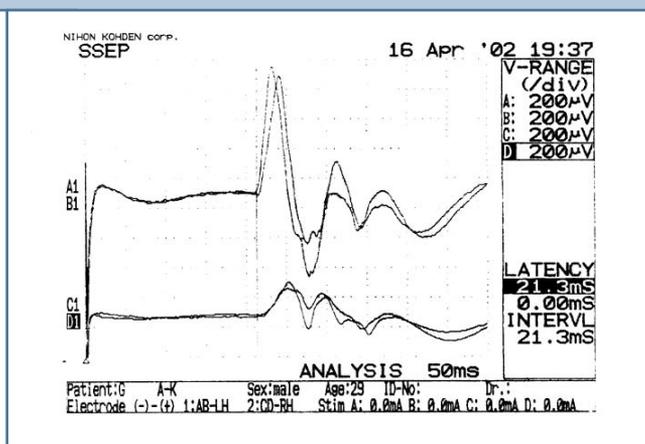
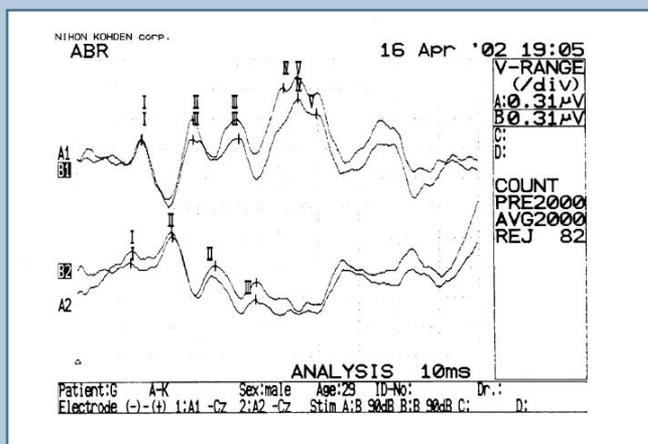


Рис. 6

Умеренные изменения акустических стволовых вызванных потенциалов в левом отведении (компонент V ниже по амплитуде компонента IV); грубые изменения акустических стволовых вызванных потенциалов в правом отведении; выраженная асимметрия моторных ответов на магнитную стимуляцию моторных зон коры – снижение и задержка на правой руке

ческим проводящим путям. У пациентки Ф. после операции снизились ССВП от правой руки, бывшие исходно более низкими и задержанными, М-ответы увеличились с двух сторон, но на правой намного больше.

При первичных обследованиях представлениям о норме соответствовали АСВП у 21,4 % обследованных пациентов, у остальных отмечены различные отклонения.

Для нормы характерны следующие параметры комплекса компонентов IV–V: компонент IV, генерируемый на уровне латеральной петли, располагается на восходящем фронте ком-

понента V, источником генерации которого считаются нижние бугры четверохолмия, амплитуда максимума пика IV ниже, чем амплитуда пика V. У 39,3 % больных отмечено снижение амплитуды компонента V разной степени, нарушение нормального соотношения компонентов. Значительное снижение амплитуды пика V (около 60,0 % от амплитуды пика IV) показано на рис. 5, иллюстрирующем симметричное двухстороннее снижение амплитуды компонента V, однако в 27,2 % наблюдений (10,7 % от общего числа случаев) оно было односторонним. При этом в 21,4 % первичных

обследований снижение амплитуды компонента V сочеталось с увеличением межпикового интервала IV–V. В 32,1 % случаев зарегистрировано увеличение этого интервала, вследствие чего комплекс IV–V приобрел двухвершинную форму.

Отклонения от нормы временных параметров АСВП выглядели следующим образом: увеличение латентного времени пика компонента V до значений более 6 мс (норма – 5,7 мс) зарегистрировано в 4 (14,3 %) случаях, причем у одной из пациенток задержки достигали 6,62 мс у АСВП, записы-

ваемых с левого электрода, и 6,5 мс – с правого.

Значительное уменьшение задержки пика компонента V (до 5,4–5,23 мс при норме 5,7 мс) отмечено в 4 (14,3 %) случаях. Тенденция к отклонению этого времени от нормы в сторону уменьшения (меньше 5,6 мс) отмечена еще у 6 (21,4 %) пациентов.

Латеральные различия в латентном времени пика компонента V коротколатентных АСВП зафиксированы в 29,6 % случаев. Максимальная зарегистрированная разница составила 0,2 мс (среднее значение – 0,12 мс). Корреляция между наличием асимметрии ЗВП в правом и левом окципитальных отведениях и асимметрией задержек пятого пика коротколатентных АСВП при этом отсутствовала. В то же время выраженные латеральные различия АСВП сочетались с таковыми для ССВП и для М-ответов на ТКМС, то есть для показателей, характеризующих проведение на уровне ствола импульсации по чувствительным и двигательным путям (рис. 6). Однако закономерных совпадений латерализации умеренных изменений параметров АСВП со снижением показателей проведения по чувствительным и двигательным путям для контралатеральной конечности не выявлено.

У всех пациентов, имевших задержки пика V АСВП более 5,85 мс, задержки компонентов N20 ССВП были больше среднegrupпового значения

(19,3 мс) и находились в диапазоне 19,8–20,2 мс.

После хирургического лечения отмечена положительная динамика параметров АСВП, заключающаяся в одновременном или по отдельности увеличении амплитуды, нормализации формы (соотношения компонентов), уменьшении латеральных различий и больших задержек. Зарегистрирована она в 53,6 % сравниваемых наблюдений (рис. 7). В 21,5 % случаев наряду с позитивными изменениями отмечались негативные для одного или более параметров, динамика была неоднозначной. Динамика отсутствовала в 14,3 % случаев. Негативные сдвиги преобладали в 10,7 % наблюдений.

### Обсуждение

Проведенные обследования пациентов с мальформацией Арнольда – Киари до хирургического лечения выявили различные отклонения от нормы электрофизиологических характеристик, отражающие, несомненно, наличие патогенных факторов данного синдрома, а именно внутричерепную гипертензию и компрессию мозговых структур. Значительно измененными у большинства больных оказались ЗВП. Механизм генерации ЗВП является полисинаптическим, при этом ствол мозга не участвует в проведении афферентной импульсации в затылочную кору. В большинстве случаев отклонения параметров

ЗВП от нормы включали в себя аномальное укорочение латентного времени образующих ЗВП компонентов. Наблюдавшееся нами укорочение задержек может быть обусловлено значительным смещением генерирующих ЗВП структур мозга относительно точек регистрации потенциалов, связанным с пролабированием мозжечка и гипертензионным синдромом. Сходные изменения ЗВП наблюдались у пациентов с объемными опухолями головного мозга [6]. Уменьшение времени задержки максимума компонента P100 принципиально отличается изменения ЗВП от таковых при наличии очагов демиелинизации, так как уже в начальной стадии рассеянного склероза латентное время пиков P100 увеличивается.

Вероятно, в основном фактором гипертензии на надстволовом уровне определяются изменения вторичных, корковых компонентов N30 ССВП. Считается, что эти компоненты отражают широко распространенную активацию ассоциативной коры и неспецифических таламических структур, то есть генерируются в большом объеме нервной ткани, что и может определять их чувствительность к внутричерепной гипертензии. Аналогичным образом эти компоненты меняются у больных с верифицированными ишемическими повреждениями мозга [7]. В то же время изменения пиков N20 ССВП и характеристик М-ответов на стимуляцию двигательных зон коры, как и параметры

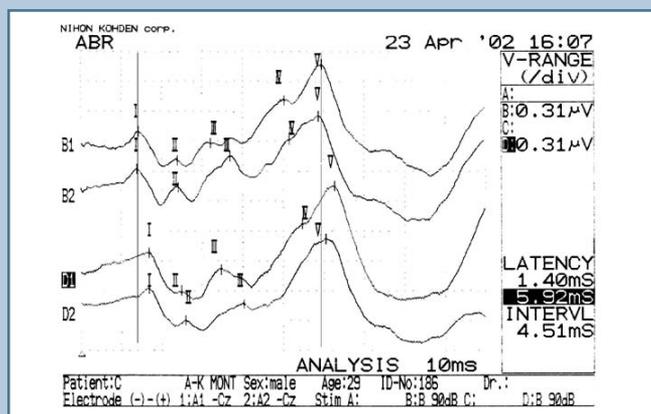
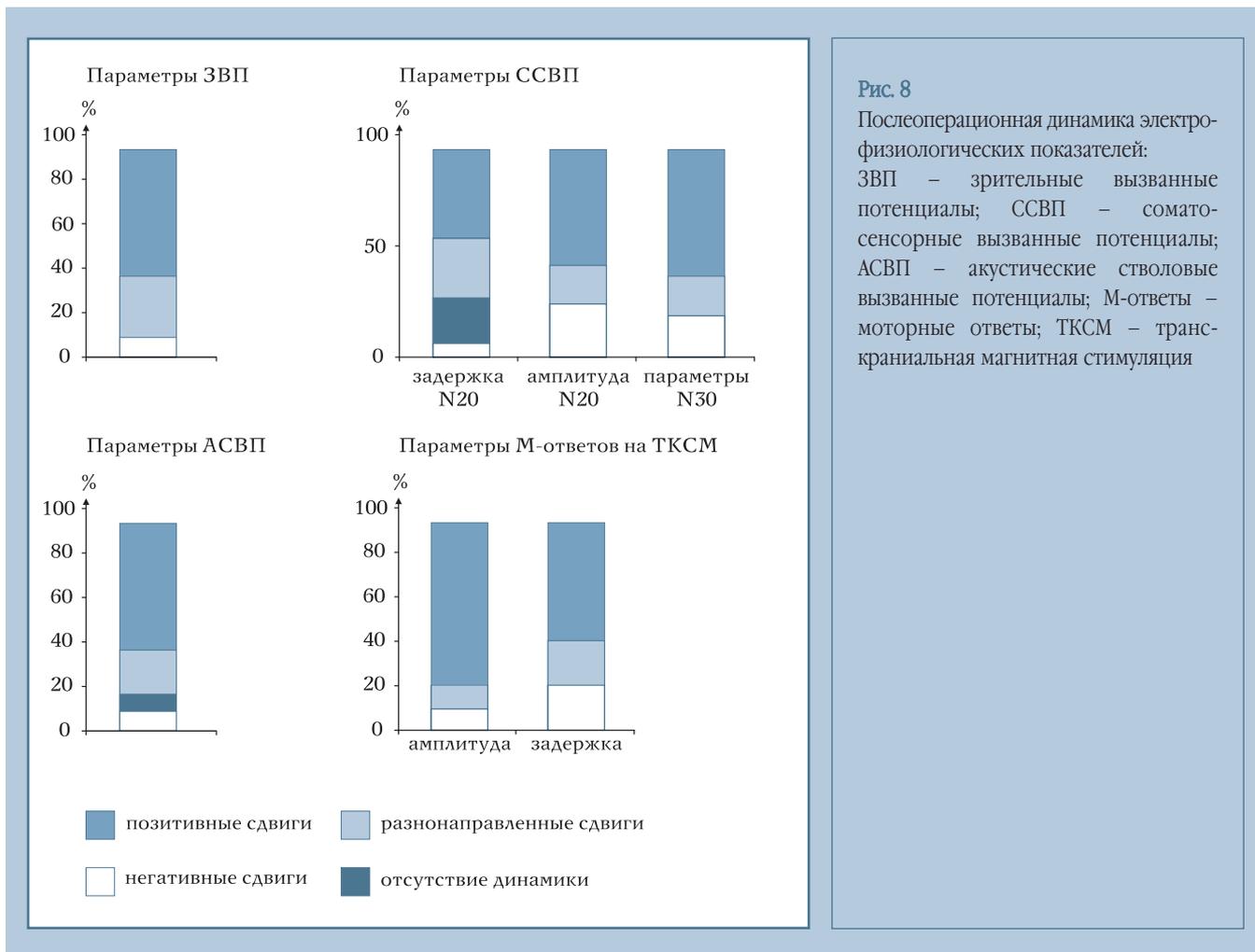


Рис. 7

Уменьшение задержек компонентов коротколатентных слуховых вызванных потенциалов после хирургической коррекции патологии краниоцервикального перехода (две нижние кривые – до операции, две верхние – после операции)



коротколатентных АСВП, отражают, в первую очередь, компрессию стволовой области. Степени патологических изменений и их сочетаний весьма разнообразны, что подтверждает целесообразность использования для объективной оценки функционального состояния структур мозга пациентов с мальформацией Арнольда – Киари комплекса методик, позволяющих оценить изменения как условий электрогенеза на церебральном уровне, так и проведения по чувствительным и двигательным путям. К числу проявлений патологических изменений следует отнести и многочисленные значительные латеральные различия электрофизиологических характеристик. Однако надо иметь в виду, что наиболее выраженные латеральные различия, особенно ЗВП, могут быть связаны с наличием

дополнительных патогенных факторов, таких, как микроочаги подкорковых образований мозга сосудистого генеза, локальные дистрофические изменения, дополнительная компрессия за счет аденомы гипофиза и т.д.

Нормализация ликвородинамики и устранение сирингомиелических кист после хирургического лечения определяли послеоперационную динамику электрофизиологических показателей, в которой отчетливо преобладали позитивные сдвиги (рис. 8). Следует отметить, что при составлявших меньшую часть разнонаправленных изменениях позитивные сдвиги были более выраженными, например улучшение показателей проведения с одной конечности наряду с ухудшением с другой. Это же относится к изменениям отдельных параметров различных ВП и М-ответов (например,

увеличение амплитуды М-ответов при некотором увеличении задержки). В процессе исследования ни разу не наблюдались у одного и того же пациента одновременные негативные изменения показателей, регистрируемых более чем в двух методиках обследований, они «компенсировались» положительной динамикой других данных.

При хирургическом лечении пациентов с синдромом Арнольда – Киари использовались оригинальные способы щадящего операционного доступа и формирования большой затылочной цистерны путем лазерной фотокоагуляции миндалик мозжечка (патент РФ на изобретение № 2230521; положительное решение на выдачу патента по заявке № 2004101999/14). Результаты проведенных электрофизиологических

ких исследований свидетельствуют о том, что выбранная хирургическая тактика и применение лазерного хирургического инструмента обеспечивают эффективное лечение данной патологии.

### Заключение

Синдром Арнольда – Киари находит отражение во множественных откло-

нениях от нормы электрофизиологических показателей, характеризующих функциональное состояние нервного аппарата зрения, проведение по чувствительным и двигательным путям, функциональное состояние ствола. После хирургической коррекции аномалии в динамике электрофизиологических характеристик явно преобладают позитивные сдвиги. Таким образом, электрофизиологи-

ческий контроль функционального состояния мозговых структур подтверждает адекватность и эффективность используемой методики хирургического лечения синдрома Арнольда – Киари.

### Литература

1. **Крупина Н.Е.** Патогенез основных неврологических симптомов у больных с мальформацией Киари // Журн. неврол. и психиатр. им. С.С. Корсакова. 2002. № 4. С. 20–25.
2. **Крупина Н.Е.** Мальформация Киари I типа и сирингомиелия // Журн. неврол. и психиатр. им. С.С. Корсакова. 2002. № 7. С. 4–9.
3. **Хайер Д.** Демиелинизирующие заболевания // Неврология / Под ред. М. Самуэльса. М., 1998. С. 398–413.
4. **Вишневский А.Л., Посохина О.В., Рыжова О.Е.** Возможности исследования соматосенсорных вызванных потенциалов при патологии позвоночника // Хирургия позвоночника. 2005. № 3. С. 101–110.
5. **Торопина Г.Г., Егоров О.Е., Яхно Н.Н.** Нейрофизиологические корреляты боли и чувствительных расстройств у больных сирингомиелией // Журн. неврол. и психиатр. им. С.С. Корсакова. 2004. № 3. С. 42–51.
6. **Цветовский С.Б., Стулак В.В., Соловьева Т.А. и др.** Контроль функционального состояния мозга больных с вне- и внутримозговыми опухолями на различных этапах хирургического лечения с применением лазерного инструмента и иммуноактивирующей терапии // III съезд нейрохирургов: Тез. докл. СПб., 2002. С. 166–167.
7. **Цветовский С.Б., Рабинович Е.С., Чепева Е.В.** Электрофизиологические методы в диагностике очаговых ишемических повреждений мозга // Патогенез, профилактика, диагностика и лечение ишемических и гипоксических состояний. Новосибирск, 1996. С. 53–54.

#### Адрес для переписки:

Цветовский Сергей Борисович  
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,  
НИИТО,  
SCvetovskiy@niito.ru