

П.В. Казакова, Н.Г. Судакова, Д.В. Русанова, Е.В. Катаманова, М.П. Дьякович

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ С ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКОГО И ФИЗИЧЕСКОГО ФАКТОРОВ

Ангарский филиал ФГБУ «ВСНЦ ЭЧ» СО РАМН – НИИ медицины труда и экологии человека (Ангарск)

*Показана возможность применения биоуправления у пациентов с экзогенной токсической энцефалопатией в отдаленном периоде хронической ртутной интоксикации, а также с вибрационной болезнью от воздействия локальной вибрации. Эффективность метода биологической обратной связи (БОС) оценивалась по данным ЭЭГ, слуховых, зрительных и соматосенсорных вызванных потенциалов, электронейромиографии, термометрии, дозированной холодовой пробы, реографии. БОС-тренинг у лиц с хронической ртутной интоксикацией способствовал уменьшению общемозговых изменений по ЭЭГ, улучшению показателей вызванных потенциалов мозга, у пациентов с вибрационной болезнью – снижению проявления ангиодистонического синдрома, восстановлению нервно-мышечной проводимости.*

**Ключевые слова:** биологическая обратная связь, отдаленный период хронической ртутной интоксикации, вибрационная болезнь от воздействия локальной вибрации, электроэнцефалография, электронейромиография, термометрия, дозированная холодовая проба, реография

## OPPORTUNITIES OF USE OF THE BIOFEEDBACK METHOD IN REHABILITATION OF PATIENTS WITH OCCUPATIONAL DISEASES CAUSED BY CHEMICAL AND PHYSICAL FACTORS

P.V. Kazakova, N.G. Sudakova, D.V. Rusanova, E.V. Katamanova, M.P. Dyakovich

Institute of Occupational Health and Human Ecology ESSC HE SB RAMS, Angarsk

*The article shows the opportunity of use of biomonitoring in patients with exogenous toxic encephalopathy in the remote period of chronic mercury intoxication (CMI) and with vibration disease caused by local vibration. The efficiency of the biofeedback method was assessed on the basis of the data of electroencephalography, auditory, visual and somatosensory generated potentials, electroneuromyography, thermometry, dosed cold test and rheography. Biofeedback training in people with CMI caused decrease of total brain changes in EEG, improvement of amplitude indices at of the brain generated potentials, in people with vibration disease it caused decrease of manifestation of angiodystonic syndrome and restoration of neuromuscular conductivity.*

**Key words:** biofeedback, remote period of chronic mercury intoxication, vibration diseases caused by local vibration, electroencephalography, electroneuromyography, thermometry, dosed cold test, rheography

Проблема медицинской реабилитации больных с профессиональными заболеваниями от воздействия физических и химических факторов имеет высокую социальную значимость, так как с одной стороны в этих случаях страдают стажированные рабочие с высокой квалификацией, с другой – эти заболевания в большинстве своем характеризуются необратимым прогрессирующим течением, отсутствием эффективных патогенетических медикаментозных методов лечения.

Вибрационная болезнь (ВБ) занимает второе место в структуре профзаболеваний, выявленных на территории Иркутской области в 2011 г. (24,7 %) [7], в основном она регистрируется в производстве летательных аппаратов. У больных ВБ наблюдаются изменения на различных уровнях нервной системы: периферический нервный аппарат, являясь источником патологического процесса, вызывает рефлекторные ответные реакции со стороны нейронов спинного мозга, симпатических ганглиев, ретикулярной формации и высших отделов головного мозга [3, 10]. Хотя доля хронических профессиональных отравлений, зарегистрированных в основном в химической промышленности и представленных в большей степени хронической

ртутной интоксикацией (ХРИ), весьма мала (0,88 %), но она, по данным Госслужбы медико-социальной экспертизы Иркутской области, характеризуется высокой степенью инвалидизации (до 93 %). Так, в ходе многолетних наблюдений за больными с ХРИ установлена высокая частота встречаемости токсических энцефалопатий, развитие патологических процессов в нервной ткани на ранних стадиях токсического повреждения и в течение длительного периода [2, 9]. Все вышесказанное определяет необходимость выбора патогенетически обоснованных методов терапии, учитывающих особенности и механизмы формирования указанных заболеваний.

В последние годы возрос интерес к нефармакологическим методам лечения, к которым относится метод биологической обратной связи (БОС). Сочетание расслабления и высокой степени контроля сознания, концентрации внимания, значительных волевых усилий принципиально отличают этот метод от других релаксационных процедур [5, 6, 12]. В то же время коррекция психосоматических нарушений методом БОС в комплексном лечении больных с заболеваниями профессионального генеза не нашла должного применения.

Для больных с ХРИ было характерно наличие токсической энцефалопатии, в клинической картине преобладала хроническая выраженная астения с обсессивно-фобическими, ипохондрическими включениями, субсиндромальным тревожным генерализованным расстройством с выраженным вегетативным сопровождением (с признаками гипоталамической недостаточности), резко повышенная раздражительность, слезливость, обидчивость, подозрительность, склонность к агрессивным реакциям и депрессии. Вегетативные нарушения сопровождались сосудистой реакцией, сердцебиением, покраснением лица, потливостью, одышкой с явлениями тетании. Тремор носил интенционный характер с высокой амплитудой. Данные изменения свидетельствуют о значительных нарушениях в личностной сфере и отражают динамику органического процесса в ЦНС. Картина ЭЭГ у пациентов с ХРИ характеризовалась обще-мозговыми изменениями, представленными общей дезорганизацией  $\alpha$ -ритма, усилением инверсии частотно-пространственной структуры  $\alpha$ -ритма и снижением нормированной регулярности  $\alpha$ -ритма, а также доминированием медленных волн различной степени выраженности. Наиболее часто регистрировалась диффузная асинхронная медленноволновая активность  $\Delta$ - и  $\theta$ -диапазона, признаки дисфункции подкорковых структур мозга с некоторым превалированием нестабильности верхнестволовых отделов. При ХРИ в патологический процесс вовлекались и подкорковые образования, что проявлялось в затягивании времени начала ответа по данным СВП (до 137,3 мс). При этом наряду с увеличением латентности СВП наблюдается уменьшение амплитуды V-волны. Для пациентов с ХРИ характерно увеличение латентности и уменьшение амплитуды ЗВП, что косвенно подтверждает нарушение активирующего влияния ретикулярной формации на ствольные образования и таламус. По результатам регистрации ССВП установлено замедление времени прохождения афферентной волны возбуждения по проводящим путям от шейного отдела до коркового представительства, что может являться следствием поражения центральных проводящих путей у обследованных лиц.

Исходя из наличия выявленных у больных с ХРИ обще-мозговых изменений, выражающихся в снижении  $\alpha$ -активности и повышении патологической активности  $\Delta$ -диапазона, целесообразным представлялось применение в качестве реабилитационной процедуры  $\alpha$ -стимулирующего БОС-тренинга. Этот вид тренинга способствует увеличению  $\alpha$ -активности в правой лобной доле [4], что может обуславливать снижение глубины депрессии и развитие позитивных эмоциональных реакций. Такой эффект будет способствовать коррекции функционального и психоэмоционального состояния больных.

Основными синдромами ВБ являлись миодистонический, ангиодистонический с частыми и редкими ангиоспазмами. В литературе имеются данные о том, что метод температурно-миографического тренинга успешно применяется при борьбе со

спастическими болями и болезни Рейно [1, 11, 13], описано использование метода БОС для произвольного повышения температуры кончиков пальцев, что приводило к снижению симпатикотонии, а значит, к снижению спазма периферических сосудов [14]. Указанные факты позволили обосновать применение температурно-миографического БОС-тренинга для достижения выраженного терапевтического эффекта у больных с миодистоническим и ангиодистоническим синдромами ВБ.

**Цель работы:** оценка эффективности использования различных видов биоуправления у пациентов с ХРИ и ВБ от воздействия локальной вибрации.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения эффективности применения БОС-тренинга было сформировано и обследовано несколько групп пациентов с хронической ртутной интоксикацией и вибрационной болезнью.

Первую (основную) группу составили 20 лиц, имеющих II стадию ХРИ, которым на фоне медикаментозной терапии проводился курс БОС-тренинга с включением ЭЭГ-альфа-тренинга с использованием интерфейса БИ-012 и программы Boslab, созданной в Институте медицинской и биологической кибернетики СО РАМН [12]. Курс состоял из 10 ежедневных сеансов длительностью 50 – 90 минут с использованием музыкотерапии. Медикаментозный комплекс включал кавинтон, церебролизат, пирацетам, тиосульфат натрия (или унитиол 5,0 в/м, № 3), рексетин, курантил, поливитамины.

Во вторую группу (группу сравнения) вошли 20 пациентов с ХРИ, получавших идентичную медикаментозную терапию, но не участвующих в БОС-тренинге. Обследованные обеих групп (бывшие работники цеха ртутного электролиза) достоверно не различались по возрасту ( $52,0 \pm 1,3$  и  $53,9 \pm 1,6$  лет), стажу работы в контакте с ртутью ( $15,0 \pm 1,5$  и  $12,2 \pm 1,2$  лет), степени утраты трудоспособности ( $95,0 \pm 4,9$  % лиц в обеих группах).

В третью группу вошли 19 пациентов с ВБ от воздействия локальной вибрации – работники агрегатно-сборочного производства авиационного производства, средний возраст составил  $48,9 \pm 0,9$  лет, стаж работы в контакте с локальной вибрацией –  $13,3 \pm 0,8$  лет, степень утраты трудоспособности в группе –  $57,9 \pm 2,8$  %. Этим пациентам проводился курс температурно-миографического БОС-тренинга продолжительностью 10 сеансов, длительность сеансов подбиралась индивидуально и составляла от 15 до 30 минут. Сигнал температуры регистрировался с помощью датчика с третьего пальца ведущей руки, интегральная миограмма – с обеих верхних конечностей. БОС-тренинг проводился по температурной и миографической кривым. Во время сеанса пациенты получали задание максимально расслабить мышцы рук и повысить температуру пальцев. Обратная связь, свидетельствующая об уровне миограммы и температуры, подавалась в виде звуковых сигналов в том случае, если кривые на мониторе, отражающие тренды изменения мощности тренируемых параметров,

пересекали заданные пороги. Пороговыми уровнями считались значения сигналов, зарегистрированные перед сеансом биоуправления.

Для оценки эффективности БОС-тренинга до и после курса пациентам с ХРИ проводилась электроэнцефалография (ЭЭГ) с регистрацией слуховых (СВП) и зрительных вызванных потенциалов (ЗВП), а также электронейромиография (ЭНМГ) с регистрацией соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП). Компьютерная ЭЭГ регистрировалась на электроэнцефалографе DX-NT32.V19 («DX-Complexes» LTD, г. Харьков) по стандартной методике. Пациентам с ВБ выполнялась термометрия, дозированная холодовая проба, реография верхних конечностей. Реография проводилась по общепринятой методике с помощью комплекса «Реан-Поли» (г. Иваново), изучалась амплитуда кровенаполнения верхних конечностей. Проводилась стимуляционная ЭНМГ с регистрацией ССВП по общепринятой методике [3, 10]. ЭНМГ исследование проводилось на 2-канальном электромиографе «Нейро-ЭМГ-Микро» («Нейрософт»,

г. Иваново). ССВП регистрировались с точки Эрба, с шейного отдела спинного мозга и со скальпа.

Статистическую обработку результатов осуществляли при помощи пакета прикладных программ «Statistica 6.0». Для последующего попарного сравнения количественных показателей использовали t-критерий Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Выполненная работа не ущемляла права и не подвергала опасности благополучие субъектов исследования в соответствии с требованиями биоэтической этики, утвержденными Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (2000). Исследования проведены с информированного согласия пациентов в соответствии с Приказом Минздрава РФ № 266 (19.06.2003).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На фоне БОС-тренинга у больных с ХРИ было выявлено достоверное возрастание  $\alpha$ -активности ( $31,8 \pm 4,9$  до  $46,2 \pm 5,6$  %;  $p < 0,05$ ) с увеличением его нормированной регулярности и тенденции к восста-

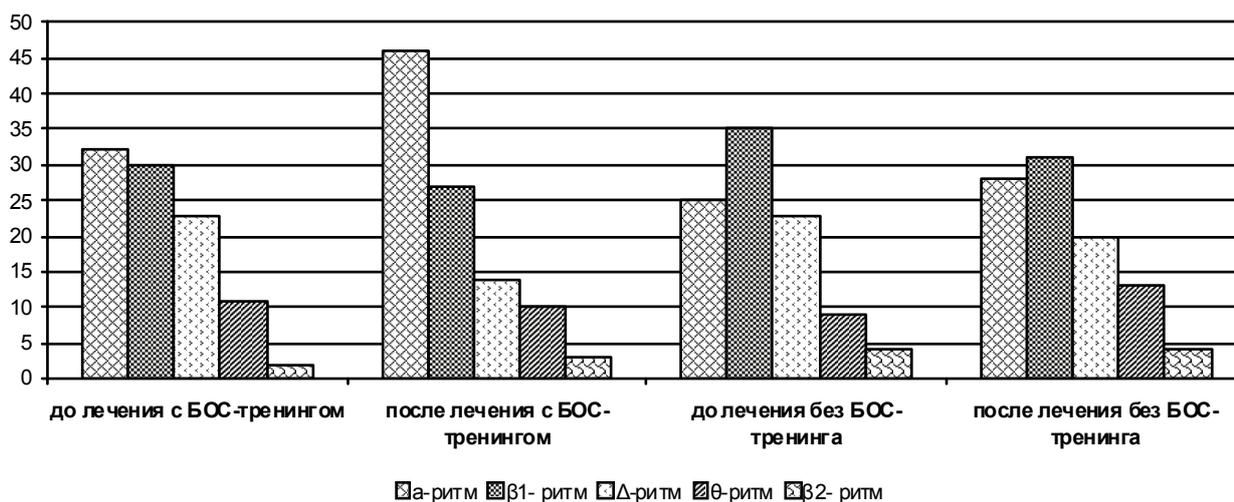


Рис. 1. Величины индексов основных и патологических ритмов ЭЭГ у пациентов в отдаленном периоде ХРИ (%): статистически достоверные различия между показателями в группах обследованных: \* – при  $p < 0,05$ .

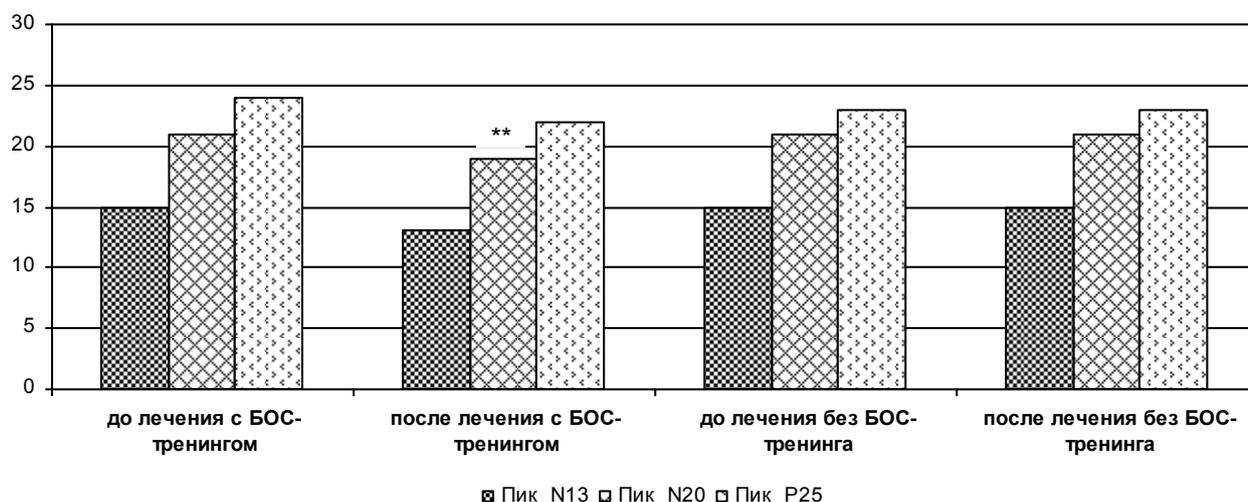


Рис. 2. Данные регистрации ССВП у пациентов в отдаленном периоде ХРИ (мс): статистически достоверные различия между показателями в группах обследованных: \* – при  $p < 0,05$ ; \*\* – при  $p < 0,01$ .

новлению частотно-пространственной локализации. Одновременно происходило уменьшение медленно-волновой активности Δ-диапазона ( $с 22,6 ± 4,9 до 14,1 ± 3,4 %; p < 0,05$ ), соответственно уменьшались общемозговые изменения. У пациентов с ХРИ, относящихся к группе сравнения, значимых улучшений после лечения не выявлено (рис. 1). На фоне БОС-тренинга было выявлено достоверное сокращение времени ответа по ЗВП с 422,2 до 341,7 мс, у лиц, не участвовавших в БОС-тренинге, регистрировалось изменение этого показателя от 440,4 до 457,0 мс, что свидетельствовало об адекватном улучшении функционирования подкорковых структур головного мозга. У лиц, не участвовавших в БОС-тренинге, такого эффекта не наблюдалось. У пациентов с ХРИ, участвующих в БОС-тренинге, в отличие от лиц группы сравнения, установлено восстановление времени прохождения импульса на уровне шейного отдела спинного мозга (пик N13;  $p < 0,05$ ), а также корковой активности соматосенсорной зоны (пик N20;  $p < 0,01$ ) в результате прихода к коре специ-

ческой сенсорной посылки по проекциям из таламических ядер (пик P25;  $p < 0,05$ ) (рис. 2).

В ходе обследования лиц с ВБ выявлено, что у пациентов до лечения отмечалось снижение температуры конечностей до  $24,4 ± 1,1 °C$  по сравнению с нормой. Время восстановления температуры тенара ведущей руки после дозированной холодной пробы у 12 пациентов (75%) составляло более 20 минут. Данные ЭНМГ до лечения показали достоверные изменения показателей по срединному нерву: снижение амплитуды максимального М-ответа ( $p < 0,01$ ; рис. 3), скорости проведения импульса (СПИ) в дистальном отделе нервного ствола и на уровне локтя ( $p < 0,05$ ), возрастание резидуальной латентности (РЛ;  $p < 0,01$ ). По локтевому нерву отмечалось снижение СПИ в дистальном отделе ( $p < 0,01$ ) и возрастание РЛ ( $p < 0,05$ ). Снижение СПИ также регистрировалось при исследовании большеберцового нерва ( $p < 0,01$ ). Анализ проведения импульса по афферентным аксонам показал снижение амплитуды потенциала действия (ПД)

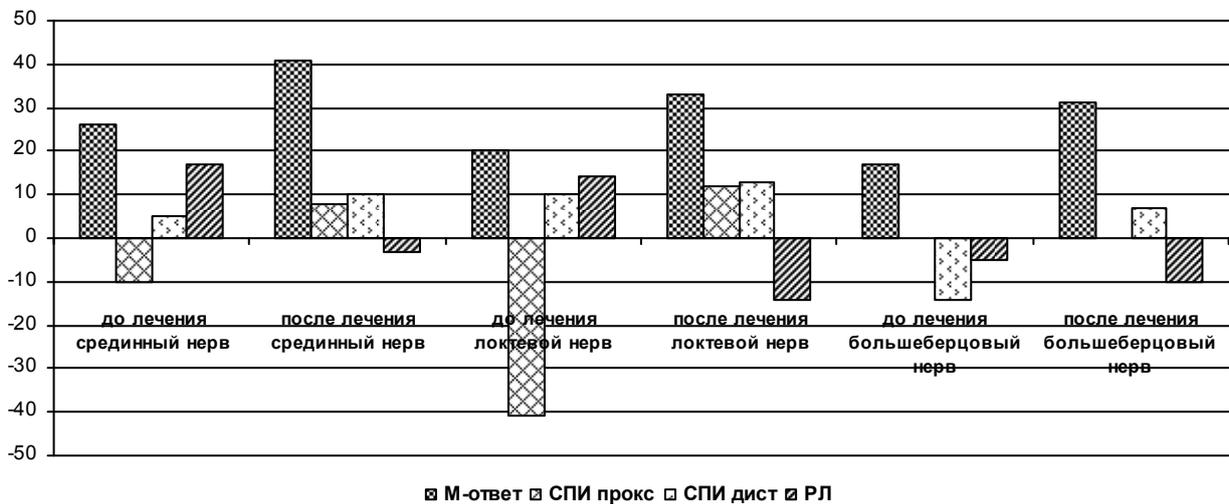


Рис. 3. Показатели моторной скорости проведения в % к референтным значениям у пациентов с ВБ: статистически достоверные различия между показателями в группах обследованных: \* – при  $p < 0,05$ ; \*\* – при  $p < 0,01$ .

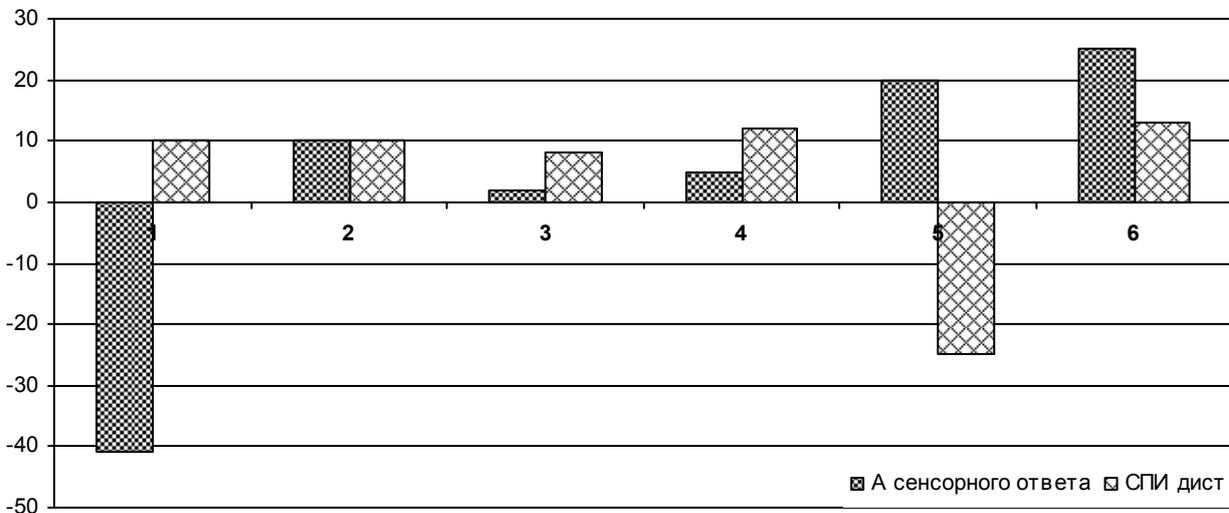


Рис. 4. Данные регистрации сенсорной скорости проведения у пациентов с ВБ (в % к референтным значениям): статистически достоверные различия между показателями в группах обследованных: \* – при  $p < 0,05$ ; \*\* – при  $p < 0,01$ .

срединного ( $p < 0,05$ ) и большеберцового нервов ( $p < 0,01$ ), снижение СПИ до субпороговых значений по локтевому нерву ( $p < 0,05$ ) (рис. 4). По данным ССВП отмечалось изменение состояния афферентных проводящих путей на периферическом уровне: время прохождения импульса по нервным волокнам плечевого сплетения составляло  $10,7 \pm 0,20$  мс; проведение по шейному отделу спинного мозга —  $14,3 \pm 0,33$  мс. Изменения центральных афферентных проводящих структур заключались в замедлении времени активации нейронов соматосенсорной зоны коры головного мозга ( $21,2 \pm 0,54$  мс) и ассоциативных областей ( $33,5 \pm 1,08$  мс).

В ходе лечения пациенты достигали превышения порога заданных значений хотя бы по одному из показателей к 3-му сеансу. К окончанию курса поднимали температуру кончиков пальцев на  $4,8 \pm 0,20$  °С, показатели интегральной миограммы снизились на  $19,8 \pm 0,7$  ед. ( $p < 0,01$ ).

Изучение курсовой динамики регистрируемых параметров показало следующее. Достоверно повысилась температура тенара, по сравнению с исходной — до  $29 \pm 0,9$  °С ( $p < 0,05$ ), восстановление температуры после дозированной холодной пробы пришло в норму и составило  $16,4 \pm 1,4$  мин. Средняя скорость кровенаполнения увеличилась с  $0,083 \pm 0,006$  до  $0,117 \pm 0,007$  Ом ( $p < 0,01$ ).

Результаты тестирования компонентов периферических нервов до и после проведения сеансов БОС показали, что у обследованных возрастала до значений нормы ранее сниженная СПИ по сенсорным ( $p < 0,05$ ; рис. 4) и моторным аксонам обследованных нервов на верхних ( $p < 0,05$ ) и нижних конечностях ( $p < 0,01$ ; рис. 3), увеличивалась амплитуда ПД нервного ствола. После проведенного курса по данным ССВП отмечалось статистически значимое уменьшение времени активации нейронов ассоциативных областей коры мозга (с  $33,9 \pm 0,1$  до  $30,9 \pm 0,1$  мс;  $p < 0,05$ ), наблюдалась тенденция к снижению времени проведения импульса на уровне шейного отдела спинного мозга и на уровне коркового представительства соматосенсорной зоны.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение альфа-стимулирующего электроэнцефалографического тренинга у пациентов в отдаленном периоде ХРИ позволило восстановить нейродинамический баланс, проявляющийся в уменьшении общемозговых изменений по ЭЭГ с существенным нарастанием  $\alpha$ -активности и уменьшением медленноволновой патологической активности  $\Delta$ -диапазона, активировать влияния ретикулярной формации на стволовые образования и таламус, что проявлялось в улучшении показателей амплитуды и латентности ответа ЗВП. Отмечалось уменьшение времени проведения афферентной волны возбуждения на уровне шейного отдела спинного мозга, времени, необходимого для активации нейронов ближнего поля соматосенсорной зоны коры ассоциативных областей мозга.

У пациентов с ВБ от воздействия локальной вибрации температурно-миографический БОС-

тренинг способствовал приобретению навыка произвольного контроля за температурой кончиков пальцев конечностей — эффективного способа расширить сосуды конечностей, повысить периферическое сопротивление и тем самым предотвратить развитие спазма либо снизить его уровень. Пройдя курс температурно-миографического тренинга, пациенты сами могут использовать навыки саморегуляции в повседневной жизни, например, самостоятельно купировать сосудистые спазмы.

Результаты свидетельствуют о положительном эффекте применения БОС-тренинга у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия факторов химической и физической природы, а также о перспективности включения метода биоуправления в схему их медицинской реабилитации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян Т.А. Биообратная связь в лечении гипертонической болезни: механизм действия предикторы эффективности // Биоуправление-2: теория и практика. — Новосибирск, 1993. — С. 105 — 107.
2. Андреева О.К., Колесов В.Г., Лахман О.Л. Поражение нервной системы в отдаленном периоде хронической ртутной интоксикации // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — 2002. — № 3. — С. 72 — 75.
3. Бадалян Л.О., Скворцов И.А. Клиническая электронейромиография: Руководство для врачей. — М.: Медицина, 1986. — 368 с.
4. Базанова О.М., Афтанас Л.И. Успешность обучения и индивидуальные частотно-динамические характеристики альфа-активности электроэнцефалограммы // Вест. РАМН. — 2006. — № 6. — С. 30 — 33.
5. Барташевич В.В. Метод биологической обратной связи в системе комплексной терапии больных с миофасциальным болевым синдромом в санаторно-курортных условиях // Альтернативная медицина. — 2004. — № 1. — С. 13 — 15.
6. Веревкин Е.Г., Недорезов Л.В. Феноменологическая модель динамики температурно-миографического биоуправления // Биоуправление-4: теория и практика. — Новосибирск, 2002. — С. 14 — 20.
7. Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Иркутской области в 2011 году». — Иркутск, 2012. — 255 с.
8. Ивановский Ю.В., Сметанкин А.А. Принципы использования метода биологической обратной связи в системе медицинской реабилитации // Биол. обратная связь. — 2000. — № 3. — С. 2 — 9.
9. Колесов В.Г., Лахман О.Л., Андреева О.К. Течение энцефалопатии в отдаленном периоде профессиональной ртутной интоксикации // Мед. труда и пром. экология. — 2003. — № 3. — С. 46 — 48.
10. Николаев С.Г. Практикум по клинической электронейромиографии. — Иваново: ИГМА, 2003. — 264 с.

11. Мосейкин И. А. Применение биологической обратной связи в комплексном лечении дорсалгии пояснично-крестцового отдела позвоночника // Ж. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. — 2003. — Т. 103, № 4. — С. 32–36.

12. Штарк М.Б., Шварц М.С. Некоторые аспекты биоуправления в интерпретации редакторов (вместо предисловия) // Биоуправление-4: Теория и практика. — Новосибирск: ЦЭРИС, 2002. — С. 3–7.

13. Arena J.G., Bruno G.M. Preliminary results in tension headache sufferers of pre- to post- treatment ambulatory neck EMG monitoring: generalization of EMG biofeedback training and EMG changes as a function of treatment outcome // Proceedings of 25<sup>th</sup> BFB meeting. — USA, Atlanta, 1994. — P. 4–6.

14. Barber T.X. et al. Biofeedback & self control 1975/76. An Aldine annual on the regulation of bodily processing and consciousness. — Chicago: Aldine Publishing Company, 1976. — 581 p.

#### Сведения об авторах

**Казакова Полина Валерьевна** – кандидат биологических наук, медицинский психолог Ангарского филиала ФГБУ «ВСНЦ ЭЧ» СО РАМН – НИИ медицины труда и экологии человека (665827, г. Ангарск, 12а мкр., д. 3; e-mail: polina25.07@mail.ru)

**Судакова Наталья Гавриловна** – заведующая лабораторией функциональной диагностики Ангарского филиала ФГБУ «ВСНЦ ЭЧ» СО РАМН – НИИ медицины труда и экологии человека (e-mail: natas\_2004@mail.ru)

**Русанова Дина Владимировна** – кандидат биологических наук, научный сотрудник Ангарского филиала ФГБУ «ВСНЦ ЭЧ» СО РАМН – НИИ медицины труда и экологии человека (e-mail: aniiimt\_clinic@mail.ru)

**Катаманова Елена Владимировна** – доктор медицинских наук, заместитель главного врача по медицинской части Ангарского филиала ФГБУ «ВСНЦ ЭЧ» СО РАМН – НИИ медицины труда и экологии человека

**Дьякович Марина Пинхасовна** – доктор биологических наук, руководитель группы математической обработки и моделирования Ангарского филиала ФГБУ «ВСНЦ ЭЧ» СО РАМН – НИИ медицины труда и экологии человека (e-mail: marik914@rambler.ru)