

DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab649890>

Локомоторная терапия в безопорном состоянии у пациентов с хроническим нарушением сознания: проспективное нерандомизированное моноцентровое исследование

Н.С. Нагаев¹, В.А. Белкин¹, А.А. Белкин^{1, 2}, Е.Н. Рудник^{1, 2}, Р.А. Жигужевский¹,
И.Ф. Рахматуллин³, А.В. Рознин¹

¹ Клинический институт мозга, Березовский, Россия;

² Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия;

³ ООО «Крисаф»

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Известно, что регулярная двигательная активность стимулирует синаптическую пластичность в центральной нервной системе. Нейроны, участвующие в движении и сенсорной интеграции, формируют новые связи, что способствует восстановлению утраченных функций (ангиогенез, нейрогенез, изменения в кортикальных путях). В связи с этим предполагалось, что использование аппарата «КРИСАФ» (локомоторная терапия в безопорном состоянии) у пациентов с хроническим нарушением сознания ввиду встроенных пассивных стереотипных двигательных циклов, имитирующих ползание/плавание/ходьбу, может модулировать восстановление функций больших полушарий, а впоследствии и влиять на уровень сознания по механизму афферентного онтогенетического «воспоминания».

Цель исследования — оценить динамику восстановления функций больших полушарий с помощью шкал CRS-R (пересмотренная версия шкалы восстановления после комы), BPS (поведенческая шкала боли), MAS (шкала спастичности Эшфорта), GOS-E (расширенная версия оригинальной шкалы исходов Глазго) у пациентов с хроническим нарушением сознания, получавших локомоторную терапию в безопорном состоянии.

Материалы и методы. Пациенты, включённые в описательное проспективное сравнительное когортное исследование в период с 2019 по 2024 год ($n=74$), были разделены на две группы — основную ($n=44$) и контрольную ($n=30$). Пациенты основной группы помимо основного курса реабилитационного лечения получили по 5 процедур локомоторной терапии в безопорном состоянии.

Результаты. Медиана оценки уровня сознания по шкале CRS-R у пациентов основной группы увеличилась с 6 (5,4–6,6) до 9 (8,1–9,9) баллов ($p=0,0006$), а в контрольной группе — с 5,5 (4,7–6,3) до 7 (6–8) баллов ($p=0,0609$), что свидетельствует о статистически значимой разнице ($p < 0,00001$).

Заключение. Выраженное улучшение оценки по шкале CRS-R на момент выписки у пациентов, получавших локомоторную терапию в безопорном состоянии, свидетельствует, что использование данного метода в комплексе реабилитационного лечения оказывает положительное влияние на уровень сознания пациента.

Ключевые слова: хроническое нарушение сознания; локомоторная терапия; безопорное состояние; шкала CRS-R.

Как цитировать:

Нагаев Н.С., Белкин В.А., Белкин А.А., Рудник Е.Н., Жигужевский Р.А., Рахматуллин И.Ф., Рознин А.В. Локомоторная терапия в безопорном состоянии у пациентов с хроническим нарушением сознания: проспективное нерандомизированное моноцентровое исследование // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2025. Т. 7, № 1. С. 13–23. DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab649890>

DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab649890>

Locomotor therapy in unweighted conditions in patients with chronic disorders of consciousness. A prospective non-randomized single-center study

Nikita S. Nagaev¹, Vladimir A. Belkin¹, Andrey A. Belkin^{1, 2}, Evgeniy N. Rudnik^{1, 2}, Roman A. Zhiguzhevsky¹, Ildar F. Rakhmatullin³, Andrey V. Roznin¹

¹ Clinical Institute of the Brain, Berezovsky, Russia;

² Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia;

³ LLC «Krisaf»

ABSTRACT

BACKGROUND: It is known that regular physical activity stimulates synaptic plasticity in the central nervous system. Neurons involved in movement and sensory integration form new connections, contributing to the restoration of lost functions (angiogenesis, neurogenesis, changes in cortical pathways). Based on this, it was hypothesized that KRISAF device (locomotor therapy in unweighted conditions) in patients with chronic disorders of consciousness, due to the presence of passive stereotyped motor cycles mimicking crawling/swimming/walking, may modulate the recovery of cerebral hemisphere functions and subsequently affect the level of consciousness through the mechanism of afferent ontogenetic "recollection."

AIM: To assess the changes in cerebral hemisphere function recovery based on the scores of the CRS-R, Behavioral Pain Scale, Ashworth Scale, and Glasgow Outcome Scale Extended (GOS-E) in patients with chronic disorders of consciousness undergoing locomotor therapy in unweighted conditions.

MATERIALS AND METHODS: A descriptive prospective comparative cohort study included 74 patients from 2019 to 2024. They were divided into two groups: intervention group ($n=44$) and control group ($n=30$). Patients in the intervention group, in addition to the main course of rehabilitation treatment, received 5 sessions of locomotor therapy in unweighted conditions.

RESULTS: The median level of consciousness score according to the CRS-R scale in the intervention group increased from 6 (5.4–6.6) to 9 (8.1–9.9) points ($p=0.0006$), while in the control group, it increased from 5.5 (4.7–6.3) to 7 (6–8) points ($p=0.0609$), indicating a statistically significant difference ($p < 0.00001$).

CONCLUSION: The significant improvement in the CRS-R score at discharge among patients undergoing locomotor therapy indicates that this treatment method has a positive effect on the level of consciousness.

Keywords: weightlessness; robotic-assisted; disorders of consciousness; CRS-R scale.

To cite this article:

Nagaev NS, Belkin VA, Belkin AA, Rudnik EN, Zhiguzhevsky RA, Rakhmatullin IF, Roznin AV. Locomotor therapy in unweighted conditions in patients with chronic disorders of consciousness. A prospective non-randomized single-center study. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2025;7(1):13–23. DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab649890>

Список сокращений

BPS (Behavioral Pain Scale) — поведенческая шкала боли

CRS-R (Coma Recovery Scale-Revised) — пересмотренная версия шкалы восстановления после комы

MAS (Modified Ashworth Scale) — модифицированная шкала спастичности Эшворта

GOS-E (Glasgow Outcome Scale Extended) — расширенная версия оригинальной шкалы исходов Глазго

ОБОСНОВАНИЕ

Хроническое нарушение сознания относят к категории наиболее сложных повреждений центральной нервной системы, восстановление которого признано вершиной технологий нейрореабилитации. Мультидисциплинарные исследовательские команды во всём мире разрабатывают методы реабилитации пациентов с хроническим нарушением сознания, используя новейшие достижения в области нейрофизиологии, нейропсихологии и инженерных технологий. Большей частью они направлены на мультисайтовое адъювантное воздействие, т.е. обладают вспомогательным модулирующим эффектом на функционирующие системы генерации сознания. К числу наиболее перспективных методов неинвазивной стимуляции принадлежат транскраниальная магнитная стимуляция [1], транскраниальная электрическая стимуляция постоянным током, хроническая стимуляция срединного нерва [2–4], трансаурикулярное воздействие на блуждающий нерв [5] и пр.

Следует упомянуть фармакологические методы модуляции для пациентов с хроническим нарушением сознания. В одном из последних систематических обзоров [6] было показано, что амантадин способствует ускорению неврологического восстановления у пациентов с травматическим нарушением сознания, если препарат применяется в период между 4-й и 16-й неделями, о чём свидетельствует качественно проведённое рандомизированное контролируемое исследование. Несмотря на то, что крупных рандомизированных контролируемых исследований, подтверждающих использование других дофаминергических препаратов (бромокриптин, леводопа, апоморфин), не существует, имеется большое количество литературных данных, указывающих на их роль в улучшении бодрствования и реактивности при нарушениях сознания. Так, золпидем может повышать уровень сознания у небольшой группы пациентов; золпидем и интратекальный баклофен, вероятно, увеличивают уровень сознания через мезокортикальный путь. Авторы подчёркивают, что несмотря на положительные результаты применения адъювантных методов нейростимуляции, проявляющиеся в улучшении когнитивных и моторных функций, эффект лечения у пациентов с нарушением сознания остаётся вариabельным и зависит от индивидуальных особенностей и тяжести состояния.

Успехи в разработке базовых методов нейрореабилитации пациентов существенно скромнее, что связано с отсутствием стройной теории восстановления сознания. Наш интерес вызвали работы по влиянию кинезитерапии на мышечную спастичность. В исследовании A. Thibaut и соавт. [7] оценивалось влияние физической терапии (стретчинг, позиционирование, велокинез, вертикализация) на уровень спастичности (шкала Эшворта). Исследование продемонстрировало, что частота физической терапии оказывает значительное влияние на спастичность и наличие мышечных контрактур у пациентов с хроническим нарушением сознания. В исследовании, в которое было включено 109 пациентов с синдромом ареактивного бодрствования, состоянием минимального сознания и выходом из состояния минимального сознания, выявлено, что лица, получавшие менее 4 сеансов физической терапии в неделю (низкая физическая терапия), имели более высокий уровень мышечной спастичности (по шкале Эшворта) и более частое формирование мышечных контрактур по сравнению с пациентами, получавшими от 4 до 6 сеансов физической терапии. Отрицательная корреляция между частотой физической терапии и спастичностью наблюдалась преимущественно у пациентов с длительностью нарушения сознания более 12 месяцев после травмы. Кроме того, модель логистической регрессии показала, что частота физической терапии была значимым фактором, влияющим на уровень спастичности, при этом время после травмы и применение антиспастических препаратов незначительно влияли на уровень спастичности. Однако эти факторы наряду с частотой физической терапии ассоциировались с наличием мышечных контрактур. Объяснением полученным данным может служить тот факт, что регулярная двигательная активность стимулирует синоптическую пластичность в центральной нервной системе. Нейроны, участвующие в движении и сенсорной интеграции, формируют новые связи, что способствует восстановлению утраченных функций (ангиогенез, нейрогенез, изменения в кортикальных путях) [8].

В нескольких исследованиях [9–11], изучавших влияние робот-ассистированных тренировок на состояние пациентов с нарушением сознания, было подтверждено, что эти занятия безопасны для данной группы пациентов. Исследователями также подчёркивалась мысль, что данное направление требует дальнейшего изучения в многоцентровых рандомизированных исследованиях.

Подводя итог представленному обзору литературы, можно отметить, что в изучении процесса восстановления сознания у пациентов с хроническим нарушением сознания фокус интереса всё больше смещается с адьювантных фармакологических подходов на методы физической реабилитации и воздействия средой. Это может объясняться тем, что, во-первых, выборки пациентов недостаточно велики и очень гетерогенны по природе морфологических и функциональных повреждений, во-вторых, индивидуальные программы медицинской реабилитации включают в себя широкий диапазон мультидисциплинарных воздействий. В совокупности эти два обстоятельства не позволяют получить статистически значимые преимущества отдельного метода. В то же время физические методы реабилитации, равно как и разнообразное воздействие средой, широко применяются и в других сферах реабилитации, обнаруживая эффекты у пациентов разных групп, и нет веских причин отказывать пациентам с хроническим нарушением сознания в возможности получить пользу/преимущество от их использования. Особенно перспективными представляются методы, связанные с более продолжительным по времени воздействием и с использованием сложных двигательных паттернов, таких как ползание, плавание, с точки зрения их потенциального влияния на повышение уровня сознания. Одним из таких методов является локомоторная терапия в безопорном состоянии.

Восстановление сознания на фоне локомоторной терапии в безопорном состоянии основано на нескольких ключевых нейробиологических принципах:

- 1) нейропластичность: регулярная двигательная активность стимулирует синаптическую пластичность в центральной нервной системе; нейроны, участвующие в движении и сенсорной интеграции, формируют новые связи, что способствует восстановлению утраченных функций;
- 2) сенсомоторная интеграция: в процессе выполнения повторяющихся пассивных стереотипных двигательных движений обеспечивается комплексная сенсорная стимуляция, включая тактильные, проприоцептивные и вестибулярные сигналы, что способствует активации и реорганизации нейронных сетей, связанных с сознанием и движением;
- 3) активация корковых и подкорковых структур: стереотипная двигательная активность запускает нейрональные связи, участвующие в поддержании сознания и когнитивных функций (сюда входят корковые зоны — моторная и премоторная кора, а также подкорковые структуры — базальные ганглии и таламус);
- 4) стереотипная двигательная активность в условиях разгрузки веса способна снижать выраженность спастичности, что ограничивает поток патологической афферентации (барьер к инициации нормального функционирования сенсомоторного кольца), способствуя, в свою очередь, активизации коркового моторного контроля.

Для осуществления локомоторной терапии у пациентов с хроническим нарушением сознания на сегодняшний день имеется очень ограниченный спектр оборудования. Одним из таких аппаратов мог бы стать роботизированный программно-аппаратный комплекс для локомоторной терапии в безопорном состоянии «КРИСАФ», исходно разработанный для реабилитации пациентов с позвоночно-спинно-мозговой травмой. Комплекс сочетает в себе применение роботизированной терапии и мультимодальной электростимуляции. Аппаратно-программный комплекс состоит из пяти модулей, от которых отходят тросы, к последним крепится подвешивающая система манжет. Пациента помещают в систему манжет в положении на животе. Манжеты фиксируют в области головы, верхних конечностей, груди, живота, таза, бёдер и дистальных отделов голеней. Вес пациента компенсируется пневматической системой, движение пациента осуществляется за счёт электрического привода. Программой заложена имитация трёх движений — плавания, ходьбы и прыжков (приседаний). Можно регулировать амплитуду движений, частоту, фазу, высоту положения участка тела во всех модулях. Все воссоздаваемые на аппарате движения (плавание, ходьба, прыжки) являются сложными двигательными паттернами, появляющимися у человека в результате онтогенеза. В результате возможна имитация естественных двигательных паттернов, которые в свою очередь создают сложный афферентный поток и потенцируют активность сенсомоторной коры.

Нами была сформулирована гипотеза: использование аппарата «КРИСАФ» у пациентов с хроническим нарушением сознания ввиду наличия пассивных стереотипных двигательных циклов, имитирующих ползание/плавание/ходьбу, может модулировать восстановление функций больших полушарий, а впоследствии и влиять на уровень сознания по механизму афферентного онтогенетического «воспоминания».

Цель исследования — оценить влияние локомоторной терапии в безопорном состоянии в составе реабилитационной программы на динамику восстановления функций больших полушарий на основании оценок по шкалам CRS-R (пересмотренная версия шкалы восстановления после комы), BPS (шкала болевого поведения), MAS (шкала спастичности Эшфорта), GOS-E (расширенная версия оригинальной шкалы исходов Глазго) у пациентов с хроническим нарушением сознания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Описательное проспективное сравнительное когортное исследование с последовательным набором двух групп (рис. 1).

Критерии соответствия

Критерии включения: пациенты с длительностью нарушения сознания более 28 дней; мужчины и женщины в возрасте старше 18 лет.

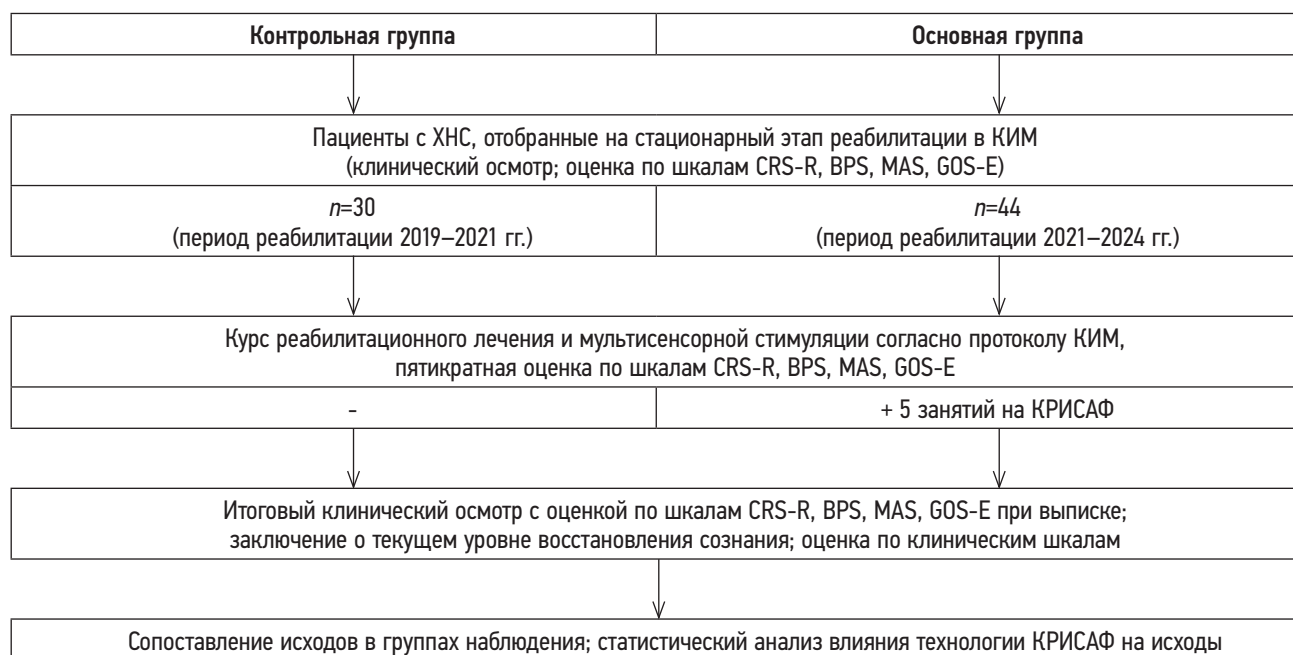


Рис. 1. Блок-схема дизайна исследования. ХНС — хроническое нарушение сознания; КИМ — Клиника института мозга.

Fig. 1. Flowchart of study design. XCH — chronic impairment of consciousness; КИМ — Clinical Institute of the Brain.

Критерии не включения: пациенты с продлённым нарушением сознания на момент госпитализации (менее 28 дней); возраст менее 18 лет; отсутствие возможности позиционирования пациента в безопорном состоянии (наличие контрактур, избыточный вес и т.д.).

Условия проведения

Исследование проведено на базе отделения реабилитации и интенсивной терапии реабилитационного центра Клиники института мозга (ОРИТ КИМ) в период с 2019 по 2024 год.

Маршрутизация пациентов в реабилитационный центр КИМ осуществлялась после предварительного телеконсилиума с участием лечащего профильного специалиста и врача ОРИТ консультируемого пациента, с одной стороны, и врача ОРИТ и отделения медицинской реабилитации КИМ — с другой.

Описание медицинского вмешательства

Пациенты были разделены на основную и контрольную группы. Пациенты основной группы помимо основного курса реабилитационного лечения получили по 5 процедур локомоторной терапии в безопорном состоянии на аппарате «КРИСАФ».

Протокол проведения реабилитационной сессии на комплексе аппаратно-программном для локомоторной терапии в безопорном состоянии. Сеанс терапии длится 30 минут, делится на три периода по 10 минут каждый. Первые 10 минут — работа в режиме «плавание» при частоте движения 0,7 Гц, амплитуда подбирается исходя из двигательных возможностей пациента,

учитывая влияние спастичности. Стимуляция стартует в фазу разгибания колена, происходит разгибание колена. Вторые 10 минут — работа в режиме «прыжки» при частоте движения 0,6–0,7 Гц, амплитуда подбирается исходя из двигательных возможностей пациента. Стимуляция стартует в фазу разгибания бёдер, результат стимуляции — толчковое движение ногами. Третьи 10 минут — работа в режиме «ходьба» при частоте движения 0,6–0,7 Гц, амплитуда подбирается исходя из двигательных возможностей пациента. Стимуляция — в фазу разгибания бёдер, в опорную фазу шага — поочерёдно.

Учитывая накопленный опыт применения электро-стимуляции во время занятий в роботизированных тренажёрах у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой [12], пациентам с хроническим нарушением сознания во время занятия на аппарате «КРИСАФ» также проводилась чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга, при этом электрические импульсы были синхронизированы с фазами сокращения различных мышечных групп.

Наложение электродов при чрескожной электрической стимуляции спинного мозга: активный электрод — между остистыми отростками Th12–L1, пассивный электрод — в подвздошной области живота. Амплитуда тока при стимуляции подбирается таким образом, чтобы визуально наблюдался мышечный ответ.

Исходы исследования

Основной исход исследования. Повышение баллов при оценке уровня сознания пациентов по шкале CRS-R

на момент выписки констатировалось как благоприятный клинический эффект после проведения локомоторной терапии в безопорном состоянии.

Методы регистрации исходов

Оценка состояния пациентов проводилась с помощью общепринятых шкал, выбранных для использования в рамках протокола исследования. Основной целью исследования была оценка динамики по шкале CRS-R, выбранной в качестве общепринятого инструмента оценки сознания у пациентов с хроническим нарушением сознания. В оценку также были включены шкалы BPS (Behavioral Pain Scale), MAS (шкала спастичности Эшворта), GOS-E (Glasgow Outcome Scale Extended).

Статистический анализ

Данные представлены в виде медиан (Me) и доверительных интервалов значений (95% ДИ). В случае нормального распределения при сравнении групп использовался t-критерий Стьюдента; при отклонении гипотезы нормальности распределения выборок при сравнении групп применялся непараметрический критерий Вилкоксона. Критерием статистической значимости получаемых выводов считалась общепринятая в медицине величина $p < 0,05$. Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в программах Microsoft Office Excel 2016 и программной среде R.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

Пациенты, включённые в исследование ($n=74$), были разделены на контрольную ($n=30$; 11 женщин и 19 мужчин) и основную ($n=44$; 16 женщин и 28 мужчин) группы, сопоставимые по полу, возрасту, сроку давности хронического нарушения сознания и степени нарушения сознания (табл. 1).

Основные результаты исследования

Динамика уровня сознания (оценка по шкале CRS-R) на момент поступления и при выписке представлена на рис. 2. Так, медиана (95% ДИ) оценки по шкале CRS-R на момент поступления у пациентов основной группы составила 6 (5,4–6,6) баллов, на фоне лечения зарегистрировано её значимое повышение до 9 (8,1–9,9) баллов ($p=0,0006$). У пациентов контрольной группы, в которой использовались аналогичные принципы реабилитационного лечения без применения КРИСАФ, оценка по шкале CRS-R до начала и после реабилитации увеличилась с 5,5 (4,7–6,3) до 7 (6–8) баллов, различия не были статистически значимыми ($p=0,0609$). При межгрупповом сравнении динамика показателей по CRS-R в основной группе была более выраженной, чем в группе контроля ($p < 0,00001$), что свидетельствует о явной эффективности локомоторной терапии в безопорном состоянии в отношении улучшения уровня сознания у пациентов с хроническим нарушением сознания.

На рис. 3 представлена динамика болевого поведения в соответствии со шкалой BPS у пациентов с хроническим нарушением сознания основной (график 1) и контрольной (график 2) группы. Так, у пациентов, прошедших локомоторную терапию, наблюдалась тенденция к снижению выраженности болевого поведения: медиана (95% ДИ) в основной группе при поступлении и выписке составила 0 (0–3) и 0 (0–0,9) баллов соответственно ($p=0,1021$), при этом обращает на себя внимание сокращение разброса значений по шкале на момент выписки. В контрольной группе существенного изменения выраженности болевого поведения на фоне лечения не выявлено: медиана оценки по шкале BPS на момент поступления и выписки составила 0 (0–2) баллов ($p=0,9169$). Вероятно, отсутствие достоверных изменений в обеих группах связано с низкой выраженностью боли при поступлении.

У всех пациентов определяли уровень мышечного тонуса в соответствии с общепринятой модифицированной шкалой Эшворта (динамика оценки представлена

Таблица 1. Характеристики сравниваемых групп

Table 1. Study groups

Параметр	Группа	
	Основная	Контрольная
Число пациентов; муж/жен	44; 28/16	30; 19/11
Возраст, лет	34,5 (18; 74)	36,7 (18; 68)
Генез нарушения сознания:		
• черепно-мозговая травма (T90.5)	25 (56,8%)	11 (36,7%)
• цереброваскулярная болезнь (I69.0–I69.3)	19 (43,2%)	19 (63,3%)
• аноксия (T98.1)		
Срок давности хронического нарушения сознания, сут	158,7	140,5

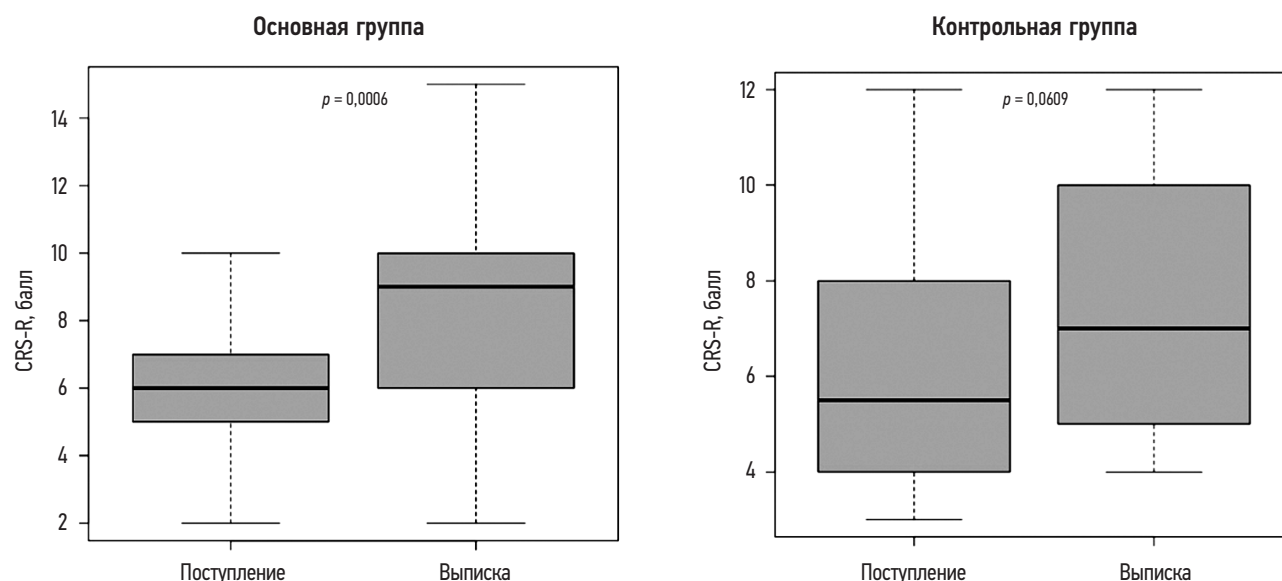


Рис. 2. Динамика оценок по шкале восстановления после комы CRS-R (пересмотренная версия) в период курса реабилитации.

Fig. 2. Changes in CRS-R scale scores during the rehabilitation course.

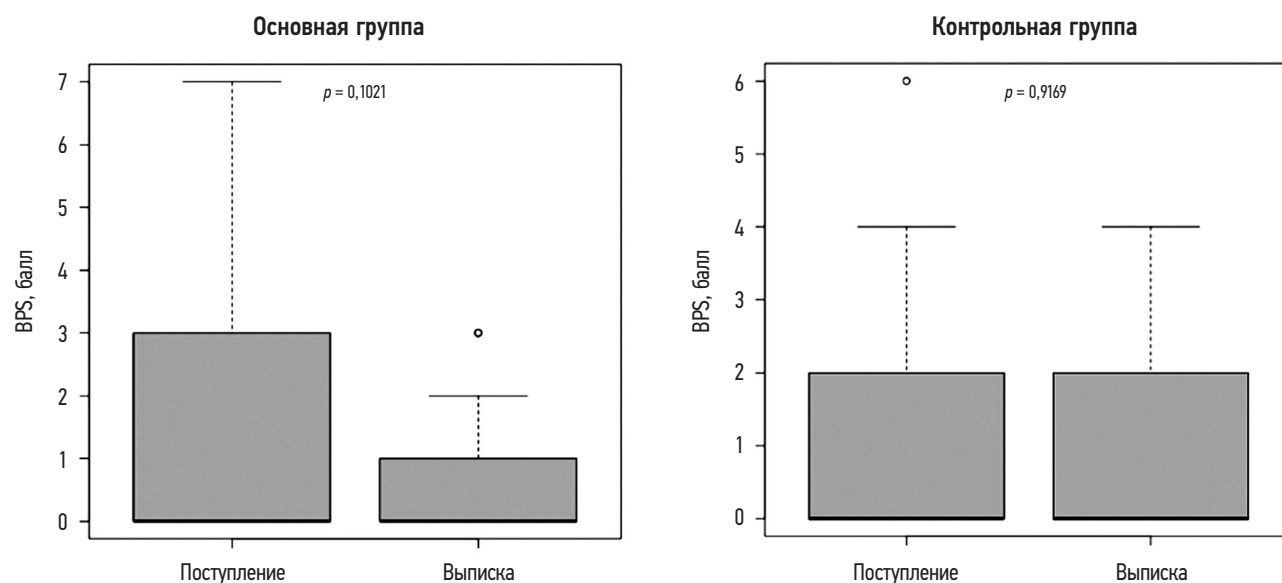


Рис. 3. Динамика выраженности болевого поведения по шкале BPS.

Fig. 3. Dynamics of the severity of pain behavior based on the BPS scale.

на рис. 4). У пациентов основной и контрольной групп на момент поступления медиана (95% ДИ) уровня спастичности составила 2 (1,7–2,3) и 2 (1,5–2,5) балла соответственно. На момент выписки зарегистрировали статистически значимое снижение оценки у пациентов, получавших локомоторную терапию, до 1 (0,7–1,3) балла ($p=0,0134$), тогда как аналогичный показатель у участников контрольной группы за время лечения существенно не изменился и составил 2 (1,5–2,4) балла ($p=0,1991$).

На рис. 5 представлена динамика восстановления уровня сознания по шкале GOS-E у пациентов основной и контрольной групп на фоне лечения. В обеих группах отмечали улучшение уровня сознания за время госпитализации ($p=0,0145$ и $p=0,0145$ для основной и контрольной группы при сравнении с показателем до начала лечения соответственно). При межгрупповом сравнении статистически значимых различий в динамике оценки по шкале GOS-E не выявлено ($p=0,5$).

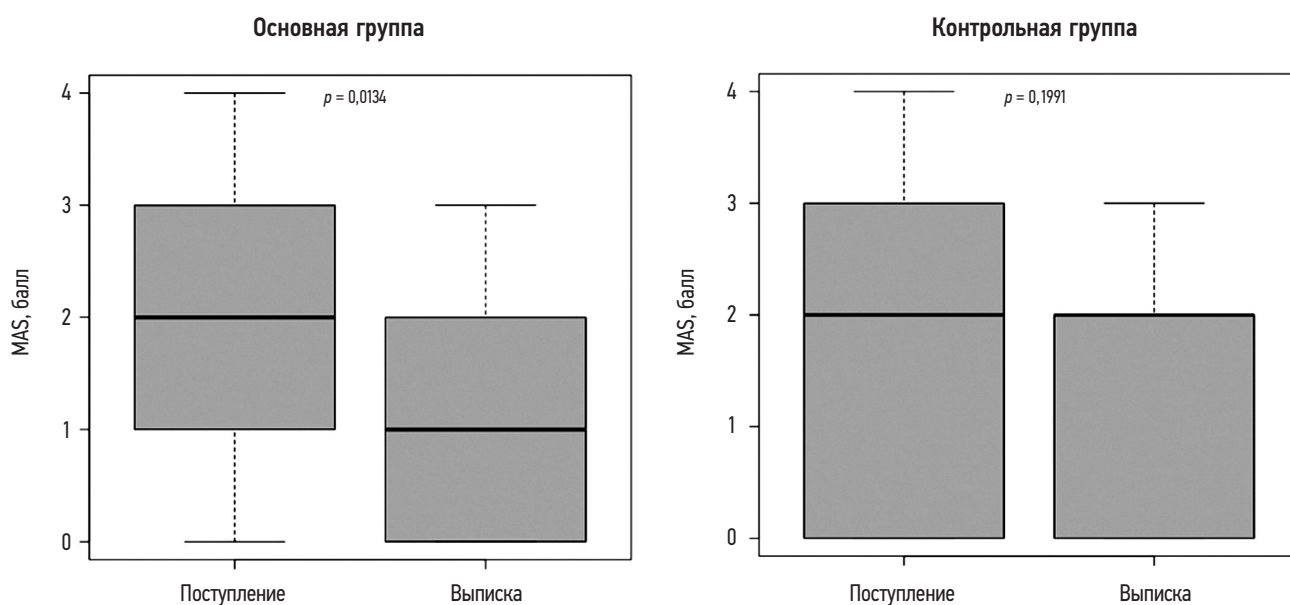


Рис. 4. Динамика оценки по шкале спастичности Эшворта.

Fig. 4. Dynamics of the evaluation according to the Ashworth scale.

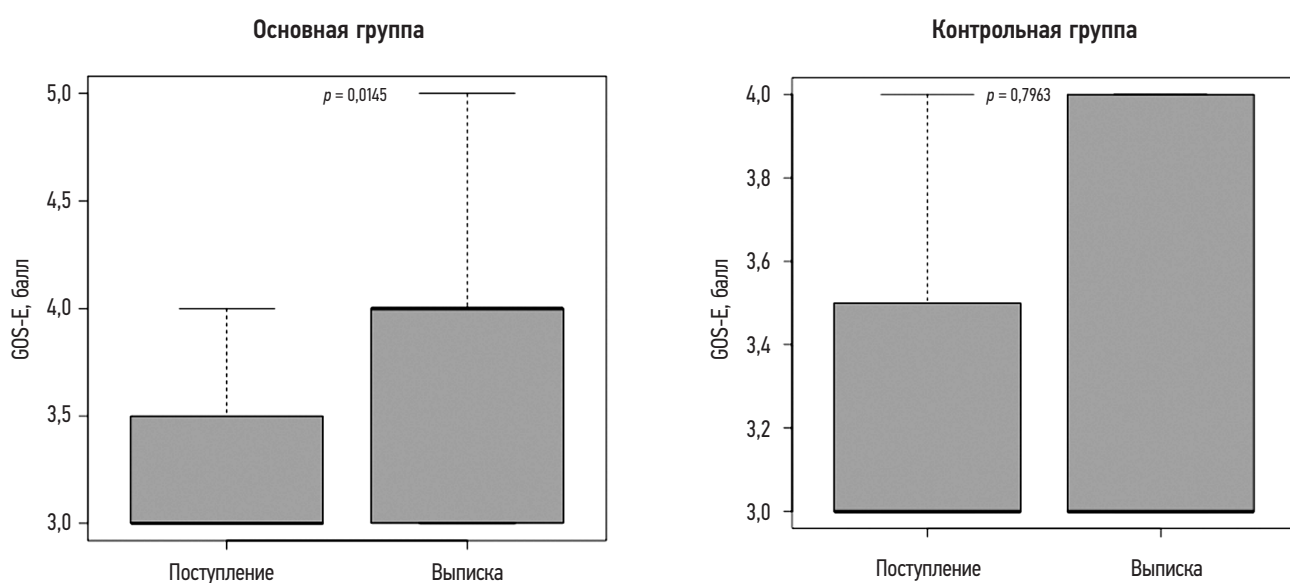


Рис. 5. Динамика оценки по оригинальной шкале исходов Глазго GOS-E (расширенная версия).

Fig. 5. Dynamics of the evaluation according to the GOS-E scale.

Нежелательные явления

В ходе исследования нежелательных явлений, а также различий в показателях жизненно важных функций, имеющих статистическую значимость, между пациентами исследуемых групп не зарегистрировано, что указывает на безопасность локомоторной терапии в безопасном состоянии у пациентов с хроническим нарушением сознания.

ОБСУЖДЕНИЕ

В обсуждении полученных данных уместно коснуться теории онтогенеза. Движения на этапах формирования человека как социального объекта играют ключевую роль. Показано, что произвольная деятельность появляется по мере того, как усложняется двигательное поведение. К концу первого года жизни у ребёнка формируется система контроля гравитационного градиента, позволяющая

обеспечить хождение на двух ногах (бипедия). Этому предшествует возникновение позотонических реакций и сложных двигательных паттернов (ползание). Именно на этом этапе (рис. 6) появляются признаки осознанного поведения и речевая продукция, так называемая гоминимная триада (прямохождение, мозг и речь) [13].

Если признать правомочность данных уникального отечественного исследования [14], то в период прохождения через родовые пути новорождённый пребывает в состоянии аутогибернации, что, по сути, является аналогом коматозного состояния, присущего тяжёлому церебральному повреждению, составляющему первопричину формирования продлённого и хронического нарушения сознания. Размышляя на эту тему, можно предположить, что имитация афферентного потока в соответствии с онтогенетическим сценарием формирования сознания может иметь эффект на повышение активности сенсорной коры. С другой стороны, спастичность как одно из типичных проявлений комплексного повреждения кортикоспинального тракта у пациентов с хроническим нарушением сознания являет собой сущность патологической афферентации, которая вызывает болезненную проприоцепцию и ограничивает пассивные движения вплоть до их невозможности при контрактурах. Это создаёт существенный барьер для эффективного реабилитационного лечения в виде болевого поведения и значительных ограничений при позиционировании и пассивной кинезитерапии.

В ходе проведённого исследования динамика снижения уровня спастичности у пациентов, получивших терапию КРИСАФ, оказалась статистически значимо выше. Одновременно с этим снизилась и выраженность болевого поведения. В группе, прошедшей эту терапию, наблюдалось снижение разброса значений по шкале BPS с 0–3 до 0–0,9 балла без статистически значимых различий оценки по BPS на момент поступления и выписки ($p=0,1021$). Мы предполагаем, что между регрессом спастичности и боли у пациентов с хроническим нарушением сознания имеется причинно-следственная связь, на которой и основан терапевтический эффект локомоторной терапии. Это подтверждается результатами тестирования по шкале CRS-R: у пациентов основной группы уровень сознания достоверно повысился с 6 до 9 баллов, в то время как в контрольной группе остался без изменений — 6–7 баллов. Шкала GOS-E продемонстрировала достоверную динамику в обеих группах без межгрупповых различий.

Гипотеза исследования о возможности повышения эффективности реабилитации пациентов с хроническим нарушением сознания с использованием механизма афферентного онтогенетического «воспоминания» по технологии пассивной локомоторной терапии «КРИСАФ» подтвердилась, а значит, является перспективной для дальнейшего изучения с расширением объёма выборки пациентов и детального анализа.

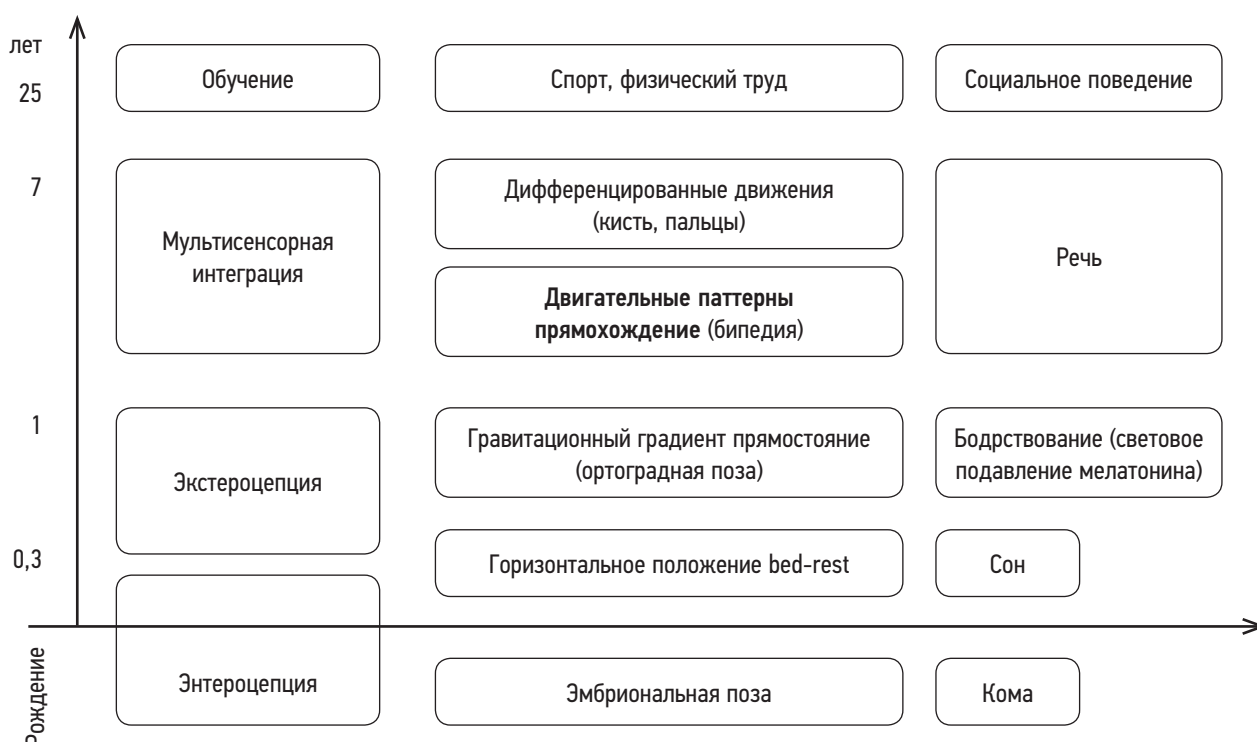


Рис. 6. Эволюция движения и сознания в процессе онтогенеза [13].

Fig. 6. Evolution of movement and consciousness in the process of ontogenesis [13].

Учитывая полученную положительную динамику при краткосрочном цикле (5 занятий + чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга), можно ожидать увеличение эффекта от терапии при более продолжительном цикле. Исследование также не исключило правомочность высказанной выше теории онтогенетического подхода к восстановлению сознания у пациентов с тяжёлыми формами острой церебральной недостаточности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применённый впервые в мировой практике метод безопорной локомоторной терапии на основе технологии «КРИСАФ» в комплексной реабилитации пациентов с хроническим нарушением сознания позволил достигнуть значительной динамики в повышении уровня сознания за счёт уменьшения мышечной спастичности и выраженности болевого поведения.

При проведении процедуры «КРИСАФ» проводился электроэнцефалографический мониторинг, анализ которого пока не завершён и будет описан в отдельной публикации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Н.С. Нагаев — сбор данных, клиническое обследование пациента, написание текста; В.А. Белкин — сбор данных, клиническое обследование пациента; А.А. Белкин — разработка дизайна, анализ данных; Е.Н. Рудник — сбор данных, клиническое обследование пациента; Р.А. Жигулевский — проведение локомоторной терапии в безопорном состоянии, сбор данных; И.Ф. Рахматуллин — автор концепции и создатель технологии «КРИСАФ»; А.В. Рознин — проведение локомоторной терапии в безопорном состоянии, сбор данных. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом автономной некоммерческой организации «Клинический институт мозга» (протокол № 002/0503 от 12.03.2023). Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. ООО «Крисаф» предоставил оборудование для проведения исследования. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При проведении исследования и создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Доступ к данным, полученным в настоящем исследовании, открыт. Получить можно, связавшись с автором, ответственным за переписку.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. N.S. Nagaev — data collection, clinical examination of the patient, text writing; V.A. Belkin — data collection, clinical examination of the patient; A.A. Belkin — design development, data analysis; E.N. Rudnik — data collection, clinical examination of the patient; R.A. Zhiguzhevsky — unsupported locomotor therapy, data collection; I.F. Rakhmatullin — author of the concept and creator of the KRISAF technology; A.V. Roznin — unsupported locomotor therapy, data collection. Thereby, all authors provided approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval. The study was approved by the local ethics committee of the autonomous non-profit organization “Clinical Institute of the Brain” (Protocol No. 002/0503 dated 12.03.2023). All study participants voluntarily signed an informed consent form prior to inclusion in the study.

Funding sources. No funding.

Disclosure of interests. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Statement of originality. During the conduction of the study and the creation of this work, the authors did not use previously published information (text, illustrations, data).

Data availability statement. Access to the data obtained in this study is open. It can be obtained by contacting the corresponding author.

Generative AI. Generative AI technologies were not used for this article creation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Wan X, Zhang Ye, Li Ya, Song W. An update on noninvasive neuromodulation in the treatment of patients with prolonged disorders of consciousness. *CNS Neurosci Ther.* 2024;30(5):e14757. doi: 10.1111/cns.14757 EDN: QVKTGV
2. Cooper JB, Jane JA, Alves WM, Cooper EB. Right median nerve electrical stimulation to hasten awakening from coma. *Brain Inj.* 1999;13(4):261–267. doi: 10.1080/026990599121638

3. Peri CV, Shaffrey ME, Farace E, et al. Pilot study of electrical stimulation on median nerve in comatose severe brain injured patients: 3 month outcome. *Brain Inj.* 2001;15(10):903–910. doi: 10.1080/02699050110065709
4. Wu X, Zhang C, Feng J, et al. Right median nerve electrical stimulation for acute traumatic coma (the Asia Coma Electrical Stimulation trial): Study protocol

for a randomised controlled trial. *Trials*. 2017;18(1):311. doi: 10.1186/s13063-017-2045-x

5. Noé E, Ferri J, Colomer C, et al. Feasibility, safety and efficacy of transauricular vagus nerve stimulation in a cohort of patients with disorders of consciousness. *Brain Stimul*. 2020;13(2):427–429. doi: 10.1016/j.brs.2019.12.005 EDN: OQELSD

6. Marino MH. Pharmacology in treatment of patients with disorders of consciousness. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2024;35(1):155–165. doi: 10.1016/j.pmr.2023.06.023 EDN: CAJLMD

7. Thibaut A, Wannez S, Deltombe T, et al. Physical therapy in patients with disorders of consciousness: Impact on spasticity and muscle contracture. *NeuroRehabilitation*. 2018;42(2):199–205. DOI: 10.3233/NRE-172229

8. Nudo RJ. Neural bases of recovery after brain injury. *J Commun Disord*. 2011;44(5):515–520. doi: 10.1016/j.jcomdis.2011.04.004

9. Esquenazi A, Lee S, Wikoff A, et al. A comparison of locomotor therapy interventions: Partial-body weight-supported treadmill, Lokomat, and G-EO training in people with traumatic brain injury. *PM R*. 2017;9(9):839–846. doi: 10.1016/j.pmrj.2016.12.010

10. Williams K, Christenbury J, Niemeier JP, et al. Is robotic gait training feasible in adults with disorders of consciousness? *J Head Trauma Rehabil*. 2020;35(3):E266–E270. doi: 10.1097/HTR.0000000000000523 EDN: DMNAZK

11. Esquenazi A, Lee S, Packel AT, Braitman L. A randomized comparative study of manually assisted versus robotic-assisted body weight supported treadmill training in persons with a traumatic brain injury. *PM R*. 2013;5(4):280–290. doi: 10.1016/j.pmrj.2012.10.009

12. Hofstoetter US, Krenn M, Danner SM, et al. Augmentation of voluntary locomotor activity by transcutaneous spinal cord stimulation in motor-incomplete spinal cord-injured individuals. *Artif Organs*. 2015;39(10):E176–E186. doi: 10.1111/aor.12615 EDN: VGDFIL

13. Belkaniya GS, Dilenyan LR, Bagriy AS, et al. «Gravitational biology--anthropology» in justification of anthropogenic bases of health and illness. *Modern problems of science and education*. 2014;(4):280. EDN: STROTH

14. Bebenina IP. Neurological status of human foetus in labour and its analysis in evolutionary aspect. *S.S. Korsakov journal of neurology and psychiatry*. 1983;83(12):1800–1804. (In Russ.)

ОБ АВТОРАХ

* **Белкин Андрей Августович**, д-р мед. наук, профессор;
адрес: Россия, 623702, Свердловская обл., Березовский,
ул. Шиловская, д. 28-6;
ORCID: 0000-0002-0544-1492;
eLibrary SPIN: 6683-4704;
e-mail: belkin@neuro-ural.ru

Нагаев Никита Сергеевич;
ORCID: 0009-0007-0561-4879;
eLibrary SPIN: 9610-4678;
e-mail: nagaevns@yandex.ru

Белкин Владимир Андреевич;
ORCID: 0000-0002-4043-743X;
eLibrary SPIN: 4402-0608;
e-mail: vbelkin@neuro-clinic.ru

Рудник Евгений Николаевич;
ORCID: 0000-0001-9979-1276;
e-mail: erudnik@mail.ru

Жигушевский Роман Андреевич;
ORCID: 0000-0001-6673-8866;
e-mail: zhiguzhevskiyra@mail.ru

Рахматуллин Ильдар Фарвазович;
ORCID: 0009-0003-5845-6385;
e-mail: rif@krisaf.com

Рознин Андрей Вадимович;
ORCID: 0009-0003-9950-4494;
e-mail: roznin.andrei@yandex.ru

AUTHORS' INFO

* **Andrey A. Belkin**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
address: 28-6 Shilovskaya st, Sverdlovsk region, Bereznovsky,
Russia, 623702;
ORCID: 0000-0002-0544-1492;
eLibrary SPIN: 6683-4704;
e-mail: belkin@neuro-ural.ru

Nikita S. Nagaev;
ORCID: 0009-0007-0561-4879;
eLibrary SPIN: 9610-4678;
e-mail: nagaevns@yandex.ru

Vladimir A. Belkin;
ORCID: 0000-0002-4043-743X;
eLibrary SPIN: 4402-0608;
e-mail: vbelkin@neuro-clinic.ru

Evgeniy N. Rudnik;
ORCID: 0000-0001-9979-1276;
e-mail: erudnik@mail.ru

Roman A. Zhiguzhevsky;
ORCID: 0000-0001-6673-8866;
e-mail: zhiguzhevskiyra@mail.ru

Ildar F. Rakhmatullin;
ORCID: 0009-0003-5845-6385;
e-mail: rif@krisaf.com

Andrey V. Roznin;
ORCID: 0009-0003-9950-4494;
e-mail: roznin.andrei@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author