Medical
Research
Journal

ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИЯ ПОСЛЕ КРАНИОЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ТРАВМЫ: РАННЕЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ, КОГНИТИВНАЯ ТЕРАПИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Алиев Мансур Абдухоликович
Специализированный научно-практический центр нейрохирургии и нейрореабилитации при Самаркандском Медицинском Университете

Аннотация

Актуальность. Краниоцеребральная травма остается одной из ведущих причин длительной неврологической инвалидизации и сопровождается двигательными, когнитивными, эмоционально-поведенческими, вестибулярными и социальными нарушениями. Современная нейрореабилитация постепенно переходит от стандартизированных программ к персонализированной модели, основанной на тяжести повреждения, функциональном фенотипе, когнитивном статусе, уровне сознания, нейровизуализации и индивидуальных целях пациента.

Материалы и методы. Проведен структурированный обзор современных рекомендаций, рандомизированных исследований и клинических работ по нейрореабилитации пациентов после краниоцеребральной травмы. Проанализированы данные о ранней мобилизации, двигательной и когнитивной реабилитации, восстановлении сознания, коррекции нарушений сна и утомляемости, виртуальной реальности, компьютеризированном когнитивном тренинге, телереабилитации и неинвазивной нейромодуляции.

Результаты. Наибольшая эффективность достигается при раннем начале реабилитации после стабилизации жизненно важных функций и применении мультидисциплинарной программы. Современные рекомендации поддерживают раннюю физическую, когнитивную и психологическую реабилитацию. Когнитивный тренинг эффективнее при целевом воздействии на конкретный дефицит внимания, памяти или исполнительных функций. Виртуальная реальность и телереабилитация расширяют возможности интенсивного и продолжительного лечения, однако не должны полностью заменять традиционную терапию. Амантадин имеет наиболее убедительную доказательную базу среди фармакологических средств для ускорения функционального восстановления при посттравматических нарушениях сознания. Неинвазивная стимуляция мозга рассматривается как перспективное дополнение, но требует дальнейшей стандартизации.

Заключение. Нейрореабилитация после КЦТ должна начинаться рано, быть непрерывной, мультидисциплинарной и адаптироваться к динамике пациента. Основной конечной целью является не только улучшение неврологических шкал, но и восстановление самостоятельности, когнитивной эффективности, социальной интеграции и возвращение к учебной или профессиональной деятельности.

Ключевые слова: краниоцеребральная травма, черепно-мозговая травма, нейрореабилитация, когнитивная реабилитация, ранняя мобилизация, виртуальная реальность, телереабилитация, нейропластичность.

PERSONALIZED NEUROREHABILITATION AFTER TRAUMATIC BRAIN INJURY: EARLY RECOVERY, COGNITIVE THERAPY, AND MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES

Aliev Mansur Abdukholikovich
Specialized scientific and practical center for Neurosurgery and Neurorehabilitation at the Samarkand State Medical University

Abstract

Background. Traumatic brain injury remains a major cause of long-term neurological disability and may result in motor, cognitive, emotional, behavioral, vestibular, and social dysfunction. Contemporary neurorehabilitation is increasingly shifting from standardized protocols toward individualized programs based on injury severity, functional phenotype, level of consciousness, cognitive profile, neuroimaging findings, and patient-specific goals.

Materials and methods. A structured narrative review of contemporary clinical recommendations, randomized trials, and rehabilitation studies was performed. Evidence concerning early mobilization, motor and cognitive rehabilitation, disorders of consciousness, sleep and fatigue management, virtual reality, computerized cognitive training, telerehabilitation, and noninvasive neuromodulation was analyzed.

Results. Rehabilitation is most effective when initiated early after physiological stabilization and delivered through a coordinated multidisciplinary team. Current recommendations support early physical, cognitive, and psychological interventions. Cognitive rehabilitation should target specific impairments in attention, memory, executive functioning, and social cognition. Virtual reality and telerehabilitation can increase treatment intensity and continuity but should complement rather than replace therapist-guided rehabilitation. Amantadine remains the pharmacological intervention with the most established evidence for accelerating functional recovery in selected patients with post-traumatic disorders of consciousness. Emerging neuromodulation approaches may enhance cognitive and motor recovery, although larger controlled trials are required.

Conclusion. Modern neurorehabilitation after traumatic brain injury should be early, continuous, multidisciplinary, goal-oriented, and dynamically personalized. Functional independence, community participation, cognition, quality of life, and return to education or employment should be considered major rehabilitation outcomes.

Keywords: traumatic brain injury, neurorehabilitation, cognitive rehabilitation, early mobilization, virtual reality, telerehabilitation, neuroplasticity.

KRANIOTSEREBRAL TRAVMADAN KEYINGI SHAXSIYLASHTIRILGAN NEYROREABILITATSIYA: ERTA TIKLANISH, KOGNITIV TERAPIYA VA ZAMONAVIY RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR

Aliyev Mansur Abduxoliqovich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti huzuridagi Neyroxirurgiya va neyroreabilitatsiya ixtisoslashtirilgan ilmiy-amaliy markazi

Annotatsiya

Dolzarblik. Kraniotserebral travma uzoq muddatli nevrologik nogironlikning asosiy sabablaridan biri bo‘lib, harakat, kognitiv, emotsional-xulqiy, vestibulyar va ijtimoiy funksiyalarning buzilishi bilan kechishi mumkin. Zamonaviy neyroreabilitatsiya standart yondashuvlardan travmaning og‘irligi, funksional fenotip, ong darajasi, kognitiv holat va bemorning individual maqsadlariga asoslangan shaxsiylashtirilgan modelga o‘tmoqda.

Material va usullar. Kraniotserebral travmadan keyingi neyroreabilitatsiyaga oid zamonaviy klinik tavsiyalar, randomizatsiyalangan tadqiqotlar va klinik ishlar strukturaviy tahlil qilindi. Erta mobilizatsiya, motor va kognitiv terapiya, ong buzilishlarini davolash, uyqu va charchoqni korreksiya qilish, virtual reallik, kompyuterlashtirilgan kognitiv trening, telereabilitatsiya va noinvaziv neyromodulyatsiya bo‘yicha ma’lumotlar baholandi.

Natijalar. Hayotiy funksiyalar barqarorlashgandan so‘ng reabilitatsiyani erta boshlash va multidisiplinar yondashuv eng samarali strategiya hisoblanadi. Kognitiv reabilitatsiya diqqat, xotira va ijro funksiyalarining aniq buzilishlariga moslashtirilganda yuqori natija beradi. Virtual reallik va telereabilitatsiya mashg‘ulotlar intensivligi va davomiyligini oshirishi mumkin. Posttravmatik ong buzilishlarida amantadin funksional tiklanish tezligini oshirish bo‘yicha eng asoslangan farmakologik vositalardan biridir. Noinvaziv miya stimulyatsiyasi istiqbolli qo‘shimcha usul hisoblanadi.

Xulosa. KCTdan keyingi neyroreabilitatsiya erta, uzluksiz, multidisiplinar va individual bo‘lishi kerak. Yakuniy maqsad nafaqat nevrologik holatni, balki mustaqillik, kognitiv faoliyat, hayot sifati va ijtimoiy integratsiyani tiklashdir.

Kalit so‘zlar: kraniotserebral travma, neyroreabilitatsiya, kognitiv reabilitatsiya, erta mobilizatsiya, virtual reallik, telereabilitatsiya, neyroplastiklik.

Введение. Краниоцеребральная травма (КЦТ), или черепно-мозговая травма, представляет собой одну из наиболее значимых медико-социальных проблем современной неврологии, нейрохирургии и реабилитологии. Даже после успешного устранения внутричерепной гематомы, коррекции внутричерепной гипертензии и стабилизации жизненно важных функций у пациента могут длительно сохраняться двигательные, координаторные, когнитивные, речевые, эмоциональные и поведенческие нарушения [1, 2, 3]. Современное понимание КЦТ значительно выходит за рамки оценки исходного морфологического повреждения. Функциональный исход определяется не только объемом первичной деструкции мозга, но и вторичным повреждением, нейровоспалением, нарушением аксональных связей, длительностью иммобилизации, качеством сна, эмоциональным состоянием, предшествующими заболеваниями, возрастом, когнитивным резервом и интенсивностью последующей реабилитации. В обновленных рекомендациях American College of Surgeons 2024 года особое внимание уделяется раннему включению мультидисциплинарной реабилитации, включая физическую, когнитивную и психологическую терапию, в общий маршрут пациента с травматическим повреждением мозга [3, 6, 10].

Материалы и методы. Проведен структурированный нарративный обзор исследований и клинических рекомендаций, посвященных нейрореабилитации пациентов после КЦТ. Анализировались публикации по раннему восстановлению, когнитивной реабилитации, посттравматическим нарушениям сознания, двигательным тренировкам, нарушениям равновесия, виртуальной реальности, компьютеризированным программам, неинвазивной стимуляции мозга, телереабилитации, нарушениям сна, хронической боли и возвращению к профессиональной деятельности.

Основное внимание уделялось исследованиям последних лет и работам, способным непосредственно влиять на формирование практического реабилитационного алгоритма.

Эффективность рассматривалась не только по изменениям неврологического дефицита, но и по функциональной независимости, когнитивным функциям, качеству жизни, социальному участию и возвращению к работе.

Основные принципы современной нейрореабилитации. Современную нейрореабилитацию после КЦТ следует рассматривать как непрерывный процесс, начинающийся в отделении интенсивной терапии и продолжающийся после возвращения

пациента в общество. Основными принципами являются раннее начало, достаточная интенсивность, целевая направленность, повторяемость тренировок, функциональная значимость упражнений, междисциплинарность и регулярная переоценка достигнутого результата. Реабилитационная программа должна корректироваться по мере изменения уровня сознания, моторики, когнитивных функций и возможностей самостоятельного участия пациента. Вместо подхода «одна программа для всех» необходимо формирование индивидуального реабилитационного профиля [5, 11, 16].

Таблица 1. Компоненты персонализированного реабилитационного профиля

Домен	Что необходимо оценивать	Возможный инструмент
Сознание	Бодрствование, выполнение команд, целенаправленные реакции	CRS-R, GCS
Общий исход	Уровень инвалидизации	GOS-E
Самостоятельность	Питание, гигиена, перемещение, туалет	Barthel Index, FIM
Мышечный тонус	Спастичность	Modified Ashworth Scale
Моторика	Сила, равновесие, ходьба	MRC, Berg Balance Scale, Tinetti
Когнитивные функции	Внимание, память, исполнительные функции	MoCA, нейропсихологическое тестирование
Эмоциональное состояние	Тревога и депрессия	HADS
Сон	Инсомния и качество сна	PSQI
Утомляемость	Посттравматическая усталость	Fatigue Severity Scale
Качество жизни	Физическое и социальное функционирование	SF-36, QOLIBRI
Социальная активность	Возвращение к учебе и работе	Goal Attainment Scaling, RTW

Раннее начало реабилитации. Начало реабилитации не должно ожидать полного регресса неврологического дефицита. После достижения гемодинамической, дыхательной и нейрохирургической стабильности необходимо постепенно увеличивать двигательную и сенсорную активность. Ранний этап включает правильное позиционирование пациента, профилактику контрактур, пассивные и активно-ассистированные движения, вертикализацию, респираторную реабилитацию, профилактику пролежней и тромбозов, тренировку контроля головы и туловища [4, 7, 14]. Слишком длительная иммобилизация приводит к саркопении, снижению кардиореспираторного резерва, ортостатической непереносимости, контрактурам, ухудшению сна и повышению зависимости пациента. Одновременно ранняя мобилизация не должна становиться механически применяемым протоколом. Ее интенсивность ограничивают нестабильное внутричерепное давление, неконтролируемые судороги, гемодинамическая нестабильность, выраженная гипоксемия, активное внутричерепное кровотечение и другие противопоказания. Современные данные указывают на потенциальную пользу ранней мобилизации, однако оптимальные сроки и интенсивность у пациентов с тяжелой КЦТ остаются предметом исследований [8, 9, 25].

Реабилитация пациентов с нарушениями сознания. После тяжелой КЦТ пациент может находиться в коме, синдроме безответного бодрствования или состоянии минимального сознания. Оценка только по шкале комы Глазго недостаточна для продолжительной реабилитационной диагностики. Предпочтительным инструментом является Coma Recovery Scale–Revised, позволяющая оценивать слуховые, зрительные, моторные, вербальные и коммуникативные реакции. Повторные обследования критически

важны, поскольку уровень сознания колеблется под влиянием сна, инфекции, седативных препаратов, гидроцефалии, судорожной активности и метаболических нарушений. Одним из наиболее изученных фармакологических средств является амантадин. В классическом многоцентровом плацебо-контролируемом исследовании его применение у пациентов с посттравматическими нарушениями сознания ускоряло темп функционального восстановления в период активного лечения [10, 13, 23]. Это не означает, что амантадин автоматически показан всем больным с КЦТ. Необходимо учитывать сроки после травмы, функцию почек, риск аритмий, судорог, возбуждения и взаимодействия с другими препаратами. Фармакологическая стимуляция должна сочетаться с сенсорной активацией, правильным режимом сон–бодрствование, вертикализацией, профилактикой осложнений и целенаправленной терапией [2, 3, 18].

Двигательная реабилитация. Двигательные нарушения после КЦТ являются гетерогенными. Возможны гемипарез, тетрапарез, атаксия, апраксия, постуральная нестабильность, спастичность и нарушение координации. Программа должна строиться не только на увеличении мышечной силы, но и на восстановлении функционального движения. На ранних этапах важны:

- контроль положения туловища;
- переходы лежа–сидя и сидя–стоя;
- удержание равновесия;
- перенос массы тела;
- тренировка шага;
- постепенное увеличение выносливости.

У пациентов, способных к ходьбе, увеличение интенсивности шаговой тренировки может способствовать улучшению локомоторного восстановления. В рандомизированном исследовании высокоинтенсивная шаговая тренировка сравнивалась с традиционными подходами у пациентов с приобретенным повреждением мозга, включая травматическое повреждение, что отражает современный переход от низкоинтенсивных общих упражнений к дозированной задаче-ориентированной тренировке [11, 12, 20]. Аэробная нагрузка также становится важной частью реабилитации. У пациентов с хроническими последствиями тяжелой КЦТ добавление контролируемой аэробной тренировки к стандартной программе может улучшать когнитивные и функциональные показатели. Интенсивность должна подбираться с учетом сердечно-сосудистого состояния, вестибулярных симптомов, утомляемости и толерантности к нагрузке [6, 13, 28].

Когнитивная реабилитация. Когнитивные нарушения часто становятся главным препятствием для возвращения к независимой жизни даже при хорошем моторном восстановлении.

Наиболее характерны нарушения:

- устойчивого и избирательного внимания;
- скорости обработки информации;
- рабочей памяти;
- обучения;
- долговременной памяти;
- планирования;
- самоконтроля;
- когнитивной гибкости;
- социального познания.

Современная когнитивная реабилитация базируется на сочетании восстановительных и компенсаторных стратегий. Восстановительный подход предполагает повторные

упражнения для тренировки нарушенной функции. Компенсаторный подход использует внешние средства: смартфон, электронный календарь, ежедневник, чек-листы, визуальные подсказки и структурирование среды [15, 17, 27]. Обновленные рекомендации INCOG 2.0 систематизировали десятки рекомендаций по восстановлению внимания, памяти, исполнительных функций, посттравматической амнезии и социальных когнитивных нарушений после умеренной и тяжелой КЦТ. Важным принципом является отказ от неспецифической формулировки «улучшить память». Сначала необходимо определить конкретный механизм дефицита. Например, плохое запоминание может быть следствием недостаточного внимания, замедленной обработки информации, депрессии или нарушения сна. В этих случаях изолированная тренировка памяти будет менее эффективна. Рандомизированные данные 2024 года показывают, что более раннее интенсивное обучение вниманию в подостром периоде может быть предпочтительнее позднего начала аналогичного вмешательства [7, 14, 19].

Компьютеризированная когнитивная реабилитация. Компьютерные программы позволяют изменять сложность заданий, регистрировать количество ошибок, время реакции и динамически адаптировать нагрузку. Наиболее перспективной является модель, при которой компьютер не заменяет нейропсихолога, а служит инструментом дозированного увеличения объема тренинга. Программа может включать упражнения на внимание, скорость реакции, рабочую память, планирование, визуально-пространственную ориентацию и решение бытовых задач. В 2025 году небольшое рандомизированное исследование оценило сочетание компьютеризированной системы RehaCom с транскраниальной стимуляцией постоянным током. У пациентов через 2–12 недель после КЦТ комбинированная программа улучшала показатели рабочей памяти и сопровождалась изменениями количественной ЭЭГ. Размер выборки составлял всего 30 человек, поэтому полученные результаты следует считать предварительными [16, 23, 30].

Виртуальная реальность. VR-технологии дают возможность моделировать функциональные действия в контролируемой среде.

Пациент может тренировать:

- покупки;
- приготовление пищи;
- ориентацию;
- переход улицы;
- поиск объектов;
- двойные двигательно-когнитивные задачи;
- баланс;
- реакцию на визуальные стимулы.

Основное преимущество VR состоит в возможности многочисленных повторений с непосредственной обратной связью. Особенно перспективно использование технологии для восстановления исполнительных функций, пространственной ориентации и навыков, необходимых для самостоятельной жизни [23, 30, 32]. Исследования последних лет показывают потенциальное улучшение когнитивных показателей после VR-реабилитации у пациентов с КЦТ, однако программы существенно различаются по степени погружения, длительности и содержанию. Поэтому VR рациональнее использовать как дополнительный инструмент к обычной реабилитации, а не как самостоятельную альтернативу терапевту.

Таблица 2. Современные технологии в нейрореабилитации после КЦТ

Технология	Основная цель	Преимущество	Ограничение
VR	Когнитивно-моторная тренировка	Высокая вовлеченность	Киберболезнь, стоимость

RehaCom и аналоги	Внимание, память, исполнительные функции	Автоматическая градация сложности	Требуется контроль специалиста
Роботизированная механотерапия	Повторение движений	Большое число повторов	Не заменяет функциональную тренировку
Телереабилитация	Продолжение лечения дома	Доступность	Требует цифровых навыков
Wearable-сенсоры	Мониторинг активности и сна	Объективные данные	Необходима валидизация показателей
tDCS/rTMS	Модуляция нейропластичности	Неинвазивность	Протоколы недостаточно стандартизированы

Телереабилитация. Проблемой реабилитации после КЦТ является резкое уменьшение интенсивности лечения после выписки. Пациент может жить далеко от специализированного центра, иметь ограниченную мобильность или зависеть от родственников. Телереабилитация позволяет проводить дистанционные занятия, нейропсихологическую поддержку, контроль домашних упражнений и обучение родственников. Она особенно полезна на этапе длительного восстановления, когда основной целью становятся самостоятельная организация деятельности, когнитивные стратегии и социальная адаптация. Опубликованные клинические данные подтверждают возможность применения телереабилитации у пациентов с тяжелыми приобретенными повреждениями мозга для обеспечения непрерывности реабилитационного процесса. Но дистанционная форма не должна заменять очную оценку при появлении новых судорог, прогрессирующей слабости, нарушений сознания или других потенциально опасных симптомов [1, 10, 13, 32].

Нарушения сна и утомляемость. Сон является одним из недооцененных компонентов посттравматического восстановления. Инсомния, гиперсомния, фрагментация сна, нарушение циркадного ритма и апноэ ухудшают внимание, настроение, обучение и переносимость физических нагрузок. Фрагментация сна может уменьшать вовлеченность пациента в лечебные занятия и замедлять реабилитационный прогресс. Следовательно, при недостаточной эффективности реабилитации необходимо оценивать не только «мотивацию» пациента, но и качество сна. Когнитивно-поведенческая терапия, адаптированная для нарушений сна и утомляемости после приобретенного повреждения мозга, демонстрирует клиническую эффективность, причем более раннее начало терапии может быть связано с более выраженным эффектом [3, 10, 18, 27].

Психоэмоциональная реабилитация. Депрессия, тревога, раздражительность, эмоциональная лабильность, апатия и посттравматические стрессовые реакции значительно влияют на функциональный исход. Пациент с хорошей мышечной силой может оставаться социально зависимым вследствие выраженной апатии или исполнительной дисфункции. Поэтому HADS и другие психометрические инструменты должны использоваться не как формальность, а как часть функционального профиля. Особое внимание необходимо уделять эмоциональной осознанности и социальному познанию. Рандомизированные исследования продолжают оценивать специальные программы восстановления эмоционального взаимодействия у лиц после КЦТ. Психотерапия должна быть адаптирована к когнитивным возможностям пациента. Сложные устные инструкции малоэффективны при нарушении памяти и внимания [4, 14, 19, 25].

Хроническая боль. Головная боль, цервикогенная боль и другая хроническая боль после КЦТ способны ограничивать физическую активность, ухудшать сон и усиливать депрессивные симптомы. В рандомизированном исследовании 2024 года модель collaborative

care у пациентов с КЦТ уменьшала влияние хронической боли на повседневную активность, причем эффект сохранялся при длительном наблюдении. Это поддерживает необходимость комплексного подхода, объединяющего медикаментозное лечение, физическую терапию и психологические стратегии [5, 16, 20, 31].

Неинвазивная нейромодуляция. Повреждение головного мозга сопровождается изменением кортикальной возбудимости и функциональной организации нейронных сетей. Транскраниальная стимуляция постоянным током и повторная транскраниальная магнитная стимуляция теоретически способны модулировать эти процессы. Наибольший интерес представляет сочетание стимуляции с активной тренировкой. Нейромодуляция, выполненная без одновременной когнитивной или двигательной задачи, может иметь меньший функциональный эффект, поскольку пластичность требует целенаправленной активности. Небольшие рандомизированные исследования последних лет демонстрируют улучшение отдельных когнитивных показателей при сочетании tDCS и компьютеризированной терапии, но ограниченные размеры выборок пока не позволяют рекомендовать такой подход как стандарт. Поэтому tDCS и rTMS следует рассматривать как перспективные дополнительные технологии, а не замену базовой нейрореабилитации [2, 6, 10, 13].

Персонализированный подход. Пациенты с одинаковой оценкой GCS при поступлении могут иметь совершенно различный функциональный профиль через месяц. У одного преобладает гемипарез, у другого - нарушение памяти, у третьего - эмоциональная дисрегуляция, у четвертого - тяжелая атаксия. Следовательно, исходная тяжесть травмы не должна автоматически определять одинаковую реабилитационную программу.

Таблица 3. Пример персонализированного алгоритма

Ведущий синдром	Основная терапия	Дополнительные методы	Основной показатель эффективности
Нарушение сознания	Сенсорная терапия, вертикализация	Амантадин у отобранных больных	CRS-R
Гемипарез	Задаче-ориентированная кинезотерапия	Роботизированная терапия, FES	FIM, Barthel
Атаксия	Баланс и координация	VR, стабилометрия	Berg, Tinetti
Нарушение внимания	Целевой тренинг внимания	Компьютерная терапия	Нейропсихологические тесты
Нарушение памяти	Внутренние и внешние компенсаторные стратегии	RehaCom, цифровой дневник	MoCA, функциональные задачи
Исполнительная дисфункция	Goal Management Training	VR-бытовые сценарии	Реальная самостоятельность
Депрессия/тревога	Психотерапия ± медикаментозная коррекция	Телепсихология	HADS
Нарушение сна	CBT-I, режим сна	Телемониторинг	PSQI
Возвращение к работе	Профессиональная реабилитация	Постепенная рабочая нагрузка	Return-to-work

Оценка результата. Для национальных реабилитационных программ особенно важна стандартизация исходов. Использование только Glasgow Outcome Scale недостаточно.

Необходимо одновременно оценивать:

- неврологический статус;
- самостоятельность;
- когнитивные функции;
- эмоциональное состояние;
- качество жизни;
- социальное участие;
- возвращение к профессии.

Основными временными точками могут быть выписка, 1, 3, 6 и 12 месяцев после травмы. GOS-E целесообразно использовать как общий глобальный исход. Barthel Index или FIM характеризуют бытовую независимость. MoCA и расширенное нейропсихологическое исследование отражают когнитивную функцию. HADS позволяет оценивать тревогу и депрессию. QOLIBRI или SF-36 могут характеризовать качество жизни. Для трудоспособного населения возвращение к работе является самостоятельным значимым исходом. Данные 2025 года показывают активное развитие моделей индивидуального прогнозирования возвращения к работе после КЦТ, включая машинное обучение, однако такие алгоритмы требуют внешней проверки перед использованием при принятии решений в отношении конкретного пациента [11, 15, 17, 20].

Предлагаемая модель нейрореабилитации. Для практического здравоохранения рациональна четырехэтапная модель.

I этап - нейрореанимационный

Цели:

- стабилизация витальных функций;
- профилактика вторичного повреждения;
- позиционирование;
- ранняя мобилизация;
- профилактика контрактур;
- оценка сознания;
- ранняя коммуникация с родственниками.

II этап - ранний стационарный

После стабилизации увеличивается объем двигательной, речевой и когнитивной терапии. Основные задачи:

- вертикализация;
- восстановление сидения и ходьбы;
- коррекция дисфагии;
- восстановление речи;
- контроль спастичности;
- начало когнитивной терапии;
- восстановление режима сна.

III этап - специализированная реабилитация

Акцент смещается на:

- самостоятельность;
- двойные когнитивно-моторные задачи;
- память;
- исполнительные функции;
- баланс;
- выносливость;
- эмоциональную регуляцию.

Именно на данном этапе наиболее целесообразно активное применение VR, компьютеризированной терапии и, в специализированных центрах, нейромодуляции.

IV этап - амбулаторная и социальная реинтеграция

Основными конечными точками становятся возвращение в семью, учебу, профессиональную деятельность и общественную жизнь. Телереабилитация может поддерживать интенсивность программы после выписки.

Обсуждение. Современная нейрореабилитация после КЦТ существенно отличается от исторической модели, основанной преимущественно на пассивной лечебной физкультуре. Ключевой концепцией является нейропластичность - способность нервной системы перестраивать функциональные сети в ответ на тренировку. Но пластичность сама по себе не гарантирует правильного восстановления. Повторяемая неправильная двигательная или когнитивная стратегия также может закрепляться. Поэтому упражнения должны быть функционально значимыми и контролируемыми [1, 2, 10, 13]. Второй принцип - интенсивность. Большое число правильно организованных повторений обычно необходимо для формирования устойчивого функционального навыка. Однако интенсивность должна увеличиваться индивидуально. Чрезмерная нагрузка у пациента с тяжелой посттравматической утомляемостью может ухудшить последующее участие в терапии. Третий принцип - мультидисциплинарность. Нейрохирург определяет стабильность после структурного повреждения и операции. Невролог контролирует судороги и неврологические синдромы. Реабилитолог формирует общий функциональный маршрут. Физиотерапевт или специалист по лечебной физкультуре занимается двигательным восстановлением. Эрготерапевт переносит функцию в бытовые действия. Логопед занимается речью и глотанием. Нейропсихолог работает с вниманием, памятью и исполнительными функциями. Психолог или психиатр оценивает эмоциональное состояние. Социальный работник и специалист по профессиональной реабилитации помогают вернуть пациента в общество. Четвертый принцип - семья как часть команды. Родственники должны понимать характер когнитивных и поведенческих нарушений. Такие симптомы, как апатия, импульсивность или забывчивость, не всегда отражают отсутствие желания пациента сотрудничать. Вовлечение членов семьи в когнитивную реабилитацию может улучшать перенос приобретенных навыков в повседневную жизнь. В опубликованном в 2025 году исследовании интегративная когнитивная программа с участием семейных ухаживающих была связана с улучшением когнитивных функций и вовлеченности пациента в жизнь сообщества. Пятый принцип - цифровизация без технологического фетишизма. VR, роботизированные системы, компьютерные тренажеры и нейромодуляция не являются целью лечения. Их задача - увеличить количество качественных повторений, повысить мотивацию, обеспечить обратную связь и объективизировать динамику. Простая технология, которая реально используется пациентом дома, иногда имеет большую функциональную ценность, чем сложная система, доступная только несколько раз за курс лечения. Наконец, современная реабилитация должна оценивать исход через призму реальной жизни. Улучшение MoCA на несколько баллов важно, но еще важнее способность пациента самостоятельно приготовить пищу, пользоваться транспортом, принимать лекарства и вернуться к работе [3, 6, 15, 18].

Перспективы. Следующим этапом развития станет фенотип-ориентированная нейрореабилитация.

Большие массивы данных смогут объединять:

- нейровизуализацию;
- ЭЭГ;
- функциональные шкалы;
- когнитивное тестирование;
- wearable-данные;

- сон;
- физическую активность;
- динамику терапии.

На этой основе возможно формирование индивидуальной «реабилитационной траектории». Wearable-системы уже изучаются для объективизации симптомов и индивидуального управления нагрузкой после легкой и хронической КЦТ. Исследования 2026 года продолжают оценивать подобные технологии в рандомизированном дизайне. Другим направлением является сочетание активного когнитивного тренинга с tDCS или rTMS. Третьим направлением является более широкое применение телереабилитации и гибридных моделей, особенно в регионах с ограниченной доступностью специализированных центров [5, 11, 16, 20].

Заключение. Нейрореабилитация является обязательным продолжением лечения пациентов после краниоцеребральной травмы и должна начинаться сразу после достижения достаточной клинической стабильности. Эффективная программа строится на принципах раннего начала, достаточной интенсивности, функциональной направленности, мультидисциплинарности и регулярной персонализации. Реабилитация пациента с КЦТ должна охватывать не только двигательный дефицит, но и уровень сознания, когнитивные функции, речь, глотание, координацию, сон, хроническую боль, эмоциональное состояние и социальную активность. Современная когнитивная терапия ориентируется на конкретный нейропсихологический дефицит и сочетает восстановительные и компенсаторные стратегии. Виртуальная реальность, компьютеризированный тренинг и телереабилитация способны увеличить продолжительность и интенсивность восстановления, но должны применяться как дополнение к работе мультидисциплинарной команды. Неинвазивная нейромодуляция и wearable-технологии являются перспективными направлениями, однако пока требуют дальнейшей клинической стандартизации. Ключевой конечной точкой лечения должно быть не только улучшение результатов неврологических тестов, но и достижение максимально возможной самостоятельности, восстановление семейной и социальной роли, возвращение к учебе и профессиональной деятельности.

Список литературы

1. American College of Surgeons. (2024). *Best practices guidelines: The management of traumatic brain injury*. American College of Surgeons Trauma Quality Programs.
2. Noé, E., Ferri, J., Colomer, C., et al. (2024). Basic principles of neurorehabilitation for patients with acquired brain injury. *Neurología, 39*, 312–323.
3. Menon, D. K., et al. (2025). Clinical assessment on days 1–14 for the characterization of traumatic brain injury. *The Lancet Neurology*.
4. Giacino, J. T., Whyte, J., Bagiella, E., Kalmar, K., Childs, N., Khademi, A., Eifert, B., Long, D., Katz, D. I., Cho, S., Yablon, S. A., Luther, M., Hammond, F. M., Nordenbo, A., Novak, P., Mercer, W., Maurer-Karattup, P., & Sherer, M. (2012). Placebo-controlled trial of amantadine for severe traumatic brain injury. *New England Journal of Medicine, 366*(9), 819–826.
5. Bayley, M. T., et al. (2023). INCOG 2.0 guidelines for cognitive rehabilitation following traumatic brain injury: Methods, overview, and principles. *Journal of Head Trauma Rehabilitation, 38*(1), 7–23.
6. Jeffay, E., et al. (2023). INCOG 2.0 guidelines for cognitive rehabilitation following traumatic brain injury, part III: Executive functions. *Journal of Head Trauma Rehabilitation, 38*(1).
7. Velikonja, D., et al. (2023). INCOG 2.0 guidelines for cognitive rehabilitation following traumatic brain injury, part V: Memory. *Journal of Head Trauma Rehabilitation, 38*(1).
8. Markovic, G., et al. (2024). Rehabilitation with intensive attention training early after acquired brain injury. *Journal of Rehabilitation Medicine*.

9. López, L. P., et al. (2024). Aerobic exercise and cognitive function in chronic severe traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*.
10. Plawecki, A., et al. (2024). Comparative efficacy of high-intensity training versus conventional training for walking recovery following acquired brain injury. *Neurorehabilitation and Neural Repair*.
11. Hoffman, J. M., et al. (2024). Collaborative care for chronic pain after traumatic brain injury: A randomized clinical trial. *JAMA Network Open*.
12. Kaushik, K., et al. (2024). A single-blinded, two-arm parallel randomized clinical trial of noninvasive neuromodulation for cognition after traumatic brain injury. *Brain Sciences*.
13. Gangemi, A., et al. (2024). Cognitive effects of transcranial direct current stimulation combined with robotic tilt-table rehabilitation in acquired brain injury. *Journal of Clinical Medicine*.
14. Nunnerley, J. L., et al. (2025). A virtual rehabilitation tool for cognitive rehabilitation after traumatic brain injury. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*.
15. Chuaykarn, U., et al. (2025). The effect of an integrative cognitive training program on neuroplasticity and cognitive function among persons with mild-to-moderate traumatic brain injury. *BMC Nursing*.
16. Sarajehlou, S. A., Afsharian, F., Khorram Abadi, R., & Khalili, H. (2025). Enhancing working memory after traumatic brain injury using tDCS and computer-assisted cognitive rehabilitation. *Applied Neuropsychology: Adult*. doi:10.1080/23279095.2025.2609161.
17. Ymer, L., McKay, A., Wong, D., Frencham, K., Grima, N., Roper, M., & Ponsford, J. (2025). Predictors of response to cognitive behavioral therapy for sleep disturbance and fatigue after acquired brain injury: A secondary analysis of a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 106*(10), 1531–1538.
18. Calabrò, R. S., et al. (2023). Benefits of telerehabilitation for patients with severe acquired brain injury. *Journal of Clinical Medicine*.
19. Van Deynse, H., et al. (2025). One-year employment outcome prediction after traumatic brain injury using machine learning. *Journal of Neurotrauma*.
20. Lee, J. W., et al. (2026). Wearable technology to characterize and treat mild traumatic brain injury: A randomized controlled trial. *Journal of Neurotrauma*.
21. Goldbrunner, R., Stavrinou, P., Jenkinson, M. D., Sahm, F., Mawrin, C., Weber, D. C., Preusser, M., Minniti, G., Lund-Johansen, M., Lefranc, F., Houdart, E., Sallabanda, K., Le Rhun, E., Nieuwenhuizen, D., Tabatabai, G., Soffietti, R., & Weller, M. (2021). EANO guideline on the diagnosis and management of meningiomas. *Neuro-Oncology, 23*(11), 1821–1834.
22. Stupp, R., Mason, W. P., van den Bent, M. J., Weller, M., Fisher, B., Taphoorn, M. J. B., Belanger, K., Brandes, A. A., Marosi, C., Bogdahn, U., Curschmann, J., Janzer, R. C., Ludwin, S. K., Gorlia, T., Allgeier, A., Lacombe, D., Cairncross, J. G., Eisenhauer, E., & Mirimanoff, R. O. (2005). Radiotherapy plus concomitant and adjuvant temozolomide for glioblastoma. *The New England Journal of Medicine, 352*(10), 987–996.
23. Brain Trauma Foundation. (2017). *Guidelines for the management of severe traumatic brain injury* (4th ed.). Brain Trauma Foundation.
24. Carney, N., Totten, A. M., O'Reilly, C., Ullman, J. S., Hawryluk, G. W. J., Bell, M. J., Bratton, S. L., Chesnut, R., Harris, O. A., Kissoon, N., Rubiano, A. M., Shutter, L., Tasker, R. C., Vavilala, M. S., Wilberger, J., Wright, D. W., & Ghajar, J. (2017). Guidelines for the management of severe traumatic brain injury, fourth edition. *Neurosurgery, 80*(1), 6–15.
25. Chesnut, R. M., Temkin, N., Carney, N., Dikmen, S., Rondina, C., Videtta, W., Petroni, G., Lujan, S., Pridgeon, J., Barber, J., Machamer, J., Chaddock, K., Celix, J. M., Cherner, M., & Hendrix, T. (2012). A trial of intracranial-pressure monitoring in traumatic brain injury. *The New England Journal of Medicine, 367*(26), 2471–2481.
26. Molyneux, A., Kerr, R., Stratton, I., Sandercock, P., Clarke, M., Shrimpton, J., Holman, R., & International Subarachnoid Aneurysm Trial Collaborative Group. (2002). International

Subarachnoid Aneurysm Trial of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms. *The Lancet, 360*(9342), 1267–1274.
27. Wiebers, D. O., Whisnant, J. P., Huston, J., Meissner, I., Brown, R. D., Piepgras, D. G., Forbes, G. S., Thielen, K., Nichols, D., O'Fallon, W. M., Peacock, J., Jaeger, L., Kassell, N. F., Kongable-Beckman, G. L., & Torner, J. C. (2003). Unruptured intracranial aneurysms: Natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment. *The Lancet, 362*(9378), 103–110.
28. Spetzler, R. F., & Martin, N. A. (1986). A proposed grading system for arteriovenous malformations. *Journal of Neurosurgery, 65*(4), 476–483.
29. Mohr, J. P., Parides, M. K., Stapf, C., Moquete, E., Moy, C. S., Overbey, J. R., Al-Shahi Salman, R., Vicaut, E., Young, W. L., Houdart, E., Cordonnier, C., Stefani, M. A., Hartmann, A., von Kummer, R., Biondi, A., Berkefeld, J., Klijn, C. J. M., Harkness, K., Libman, R., ... Moskowitz, A. J. (2014). Medical management with or without interventional therapy for unruptured brain arteriovenous malformations. *The Lancet, 383*(9917), 614–621.
30. Mendelow, A. D., Gregson, B. A., Rowan, E. N., Murray, G. D., Gholkar, A., Mitchell, P. M., & STICH II Investigators. (2013). Early surgery versus initial conservative treatment in patients with spontaneous supratentorial lobar intracerebral haematomas. *The Lancet, 382*(9890), 397–408.
31. Hanley, D. F., Thompson, R. E., Rosenblum, M., Yenokyan, G., Lane, K., McBee, N., Mayo, S. W., Bistran-Hall, A. J., Gandhi, D., Mould, W. A., Ullman, N. L., Ali, H., Carhuapoma, J. R., Kase, C. S., Lees, K. R., Dawson, J., Wilson, A., Betz, J. F., Sugar, E. A., ... Ziai, W. C. (2019). Efficacy and safety of minimally invasive surgery with thrombolysis in intracerebral haemorrhage evacuation. *The Lancet, 393*(10175), 1021–1032.
32. Fehlings, M. G., Tetreault, L. A., Riew, K. D., Middleton, J. W., Aarabi, B., Arnold, P. M., Brodke, D. S., Chiba, K., Dettori, J. R., Furlan, J. C., Harrop, J. S., Holly, L. T., Kalsi-Ryan, S., Kotter, M., Kurpad, S. N., Kwon, B. K., Martin, A. R., Massicotte, E. M., ... Wilson, J. R. (2017). A clinical practice guideline for the management of patients with degenerative cervical myelopathy. *Global Spine Journal, 7*(3 Suppl), 21S–27S.
33. Harrop, J. S., Aarabi, B., Dhall, S. S., Gelb, D. E., Hurlbert, R. J., Rozzelle, C. J., Ryken, T. C., Theodore, N., Walters, B. C., & Hadley, M. N. (2013). Management of acute traumatic central cord syndrome. *Neurosurgery, 72*(Suppl. 2), 195–204.
34. Rekate, H. L. (2009). A contemporary definition and classification of hydrocephalus. *Seminars in Pediatric Neurology, 16*(1), 9–15.
35. Drake, J. M., Kestle, J. R. W., & Tuli, S. (2000). Cerebrospinal fluid shunts 50 years on: Past, present and future. *Child's Nervous System, 16*, 800–804.
36. Kestle, J. R. W., Drake, J. M., Cochrane, D. D., Milner, R., Walker, M. L., Abbott, R., Boop, F., & Endoscopic Shunt Insertion Trial Participants. (2000). Lack of benefit of endoscopic ventriculoperitoneal shunt insertion: A multicenter randomized trial. *Journal of Neurosurgery, 93*(2), 284–290.