

# Объективные методы контроля эффективности реабилитации пациентов с ишемическим инсультом

В.А. Семёнов<sup>1</sup>, А.Н. Громов<sup>2</sup>, Б.Э. Горный<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Ворошилова, д. 22а, Кемерово 650056, Российская Федерация)

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук (ул. Вавилова, д. 44, корп. 2, Москва 119333, Российская Федерация)

<sup>3</sup> Институт Превентивной и Социальной Медицины (Лялин пер., д. 11-13/1, Москва 101000, Российская Федерация)

**Для контактов:** Андрей Николаевич Громов, e-mail: [gromlogin@gmail.com](mailto:gromlogin@gmail.com)

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Ишемический инсульт (ИИ) остается ведущей причиной инвалидизации взрослого населения. Эффективная реабилитация требует стандартизированных методов оценки исходов. Отсутствие согласия относительно набора объективных показателей осложняет интерпретацию данных и разработку клинических рекомендаций.

**Цель:** систематический анализ объективных методов контроля эффективности реабилитации пациентов с ИИ, оценка их валидности, воспроизводимости и практической применимости.

**Материал и методы.** Систематический поиск выполнен в соответствии с рекомендациями PRISMA 2020. Поиск публикаций с января 2000 г. по декабрь 2024 г. проводился в международных (PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, IEEE Xplore) и русскоязычных (eLibrary, КиберЛенинка) базах данных (последний поиск 15 декабря 2024 г.). В анализ включали исследования взрослых пациентов с ИИ, проходящих реабилитацию с использованием объективных методов оценки эффективности. Анализировали клиничко-функциональные шкалы, нейровизуализационные, нейрофизиологические и биохимические биомаркеры, инструментальные биомеханические и цифровые методы. Оценку риска систематической ошибки проводили с применением инструментов RoB 2, ROBINS-I и QUADAS-2.

**Результаты.** На основании анализа ключевых систематических обзоров, консенсусных документов и репрезентативных первичных исследований систематизированы объективные методы контроля по шести категориям. Стандартизированные клиничко-функциональные шкалы (шкала Фугл-Мейера, Шкала инсульта Национальных институтов здоровья США, индекс Бартела, Шкала функциональной независимости, тест для оценки функции руки, шкала баланса Берг) представляют наиболее валидированную основу для контроля эффективности реабилитации (качество доказательств умеренное – высокое). Инструментальные биомеханические методы обеспечивают высокую чувствительность к изменениям качества движений, но характеризуются высокой вариабельностью протоколов (качество доказательств низкое – умеренное). Нейровизуализационные, нейрофизиологические и биохимические биомаркеры демонстрируют значительный прогностический потенциал, однако остаются преимущественно исследовательскими инструментами (качество доказательств низкое – умеренное). Телереабилитационные и цифровые методы оценки создают возможности для объективного мониторинга в амбулаторных условиях (качество доказательств низкое).

**Заключение.** Оптимальный подход к контролю эффективности реабилитации у пациентов с ИИ предполагает использование стандартизированного набора клинических исходов как обязательного минимума с поэтапным добавлением инструментальных, нейрофизиологических и биомаркерных методов. Необходима дальнейшая разработка подходов к стандартизации объективных исходов в реабилитации данной когорты больных.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ишемический инсульт, реабилитация, объективные методы оценки, клинические шкалы, биомеханические методы, нейрофизиологические маркеры, биомаркеры

**Для цитирования**

Семёнов В.А., Громов А.Н., Горный Б.Э. Объективные методы контроля эффективности реабилитации пациентов с ишемическим инсультом. *Реабилитология*. 2025; 3 (3): 174–184. <https://doi.org/10.17749/2949-5873/rehabil.2025.51>.

## Objective methods for monitoring the effectiveness of rehabilitation in ischemic stroke patients

V.A. Semenov<sup>1</sup>, A.N. Gromov<sup>2</sup>, B.E. Gornyy<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kemerovo State Medical University (22a Voroshilov Str., Kemerovo 650056, Russian Federation)

<sup>2</sup> Federal Research Center "Computer Science and Control", Russian Academy of Sciences (44 corp. 2 Vavilov Str., Moscow 119333, Russian Federation)

<sup>3</sup> Institute for Preventive and Social Medicine (11-13/1 Lyalin Passage, Moscow 101000, Russian Federation)

**Corresponding author:** Andrey N. Gromov, e-mail: [gromlogin@gmail.com](mailto:gromlogin@gmail.com)

**ABSTRACT**

**Background.** Ischemic stroke remains a leading cause of adult disability. Effective rehabilitation requires standardized outcome assessment. The lack of consensus on a set of objective indicators complicates data interpretation and clinical guideline development.

**Objective:** To systematically analyze objective methods for monitoring the effectiveness of rehabilitation in ischemic stroke patients and to assess their validity, reproducibility, and practical applicability.

**Material and methods.** A systematic search was conducted in accordance with PRISMA 2020 guidelines. International (PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, IEEE Xplore) and Russian (eLibrary and CyberLeninka) databases were searched from January 2000 to December 2024 (last search: December 15, 2024). The analysis included studies of adult ischemic stroke patients undergoing rehabilitation with objective outcome assessment. Clinical-functional scales, instrumental biomechanical methods, neuroimaging and neurophysiological markers, biochemical biomarkers, and digital assessment methods were analyzed. The risk of bias was evaluated using RoB 2, ROBINS-I, and QUADAS-2 tools.

**Results.** The analysis of key systematic reviews, consensus documents, and representative primary studies yielded six categories of objective monitoring methods. Standardized clinical-functional scales (Fugl–Meyer Assessment, National Institutes of Health Stroke Scale, Barthel Index, Functional Independence Measure, Action Research Arm Test, and Berg Balance Scale) provide the most validated basis for monitoring rehabilitation effectiveness (quality of evidence: moderate-to-high). Instrumental biomechanical methods ensure high sensitivity to changes in movement quality; however, they are characterized by high protocol variability (quality of evidence: low-to-moderate). Neuroimaging, neurophysiological, and biochemical biomarkers show significant prognostic potential but remain primarily research tools (quality of evidence: low-to-moderate). Telerehabilitation and digital assessment methods enable objective monitoring in outpatient settings (quality of evidence: low).

**Conclusion.** The optimal approach to monitoring rehabilitation effectiveness in ischemic stroke patients involves using a standardized set of clinical outcomes as a mandatory minimum, with gradual addition of instrumental, neurophysiological, and biomarker methods. Further development of approaches to standardizing objective rehabilitation outcomes in such patients is needed.

**KEYWORDS**

ischemic stroke, rehabilitation, outcome assessment, clinical scales, biomechanical methods, neurophysiological markers, biomarkers

**For citation**

Semenov V.A., Gromov A.N., Gornyy B.E. Objective methods for monitoring the effectiveness of rehabilitation in ischemic stroke patients. *Rehabilitologia / Journal of Medical Rehabilitation*. 2025; 3 (3): 174–184 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2949-5873/rehabil.2025.51>.

**ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION**

Ишемический инсульт (ИИ) составляет около 80% всех случаев острого нарушения мозгового кровообращения и остается ведущей причиной стойкой инвалидизации взрослого населения Российской Федерации [1]. Ежегодно в стране регистрируется около 450 тыс. случаев

заболевания, при этом только 20% пациентов возвращаются к трудовой деятельности [1]. Потребность в реабилитации и ее объективном мониторинге растет по мере увеличения выживаемости больных.

Эффективная реабилитация после перенесенного ИИ требует стандартизированных, воспроизводимых методов оценки исходов, позволяющих сравнивать резуль-

таты между исследованиями, центрами и системами здравоохранения [2]. Однако отсутствие согласия относительно набора объективных показателей значительно осложняет интерпретацию данных и разработку клинических рекомендаций.

Систематический обзор по исходам для верхней конечности после инсульта выявил использование 48 различных шкал, причем лишь небольшая их часть применялась регулярно [3]. Аналогичный обзор по кинематическим методам оценки движений продемонстрировал крайне высокую вариабельность задач, измерительных систем и метрик [4]. На этом фоне был предложен международный дельфийский консенсус по базовому набору (англ. core set) моторных исходов для клинической реабилитации после инсульта [5].

Параллельно развивается применение инструментальных методов (трехмерная кинематика, инерциальные датчики, силовые платформы), нейровизуализации и нейрофизиологических показателей, а также биохимических маркеров и цифровых телереабилитационных оценок [6, 7]. Однако степени стандартизации и доказательности этих подходов существенно различаются. Это особенно актуально для российской практики, ориентированной на создание единых протоколов реабилитации.

Эффективность реабилитации после ИИ напрямую зависит от возможности объективного контроля динамики функций для своевременной коррекции лечебных программ [8]. Комплексное использование нейрофизиологических и биомеханических данных обеспечивает переход к управляемому лечению, где реабилитационная программа корректируется на основе измеримых параметров прогресса [8, 9].

**Цель** – систематический анализ объективных методов контроля эффективности реабилитации у пациентов с ИИ, оценка их валидности, воспроизводимости и практической применимости.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIAL AND METHODS

### Дизайн исследования / Study design

Поиск литературы выполнен в соответствии с рекомендациями PRISMA 2020 (англ. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) для систематических обзоров [10]. Протокол обзора включал формулировку исследовательского вопроса в формате PICO, описание источников и стратегии поиска, критериев включения и исключения, процедур отбора и оценки риска систематической ошибки, а также план качественного синтеза данных. Метаанализ не проводился ввиду выраженной гетерогенности методов оценки, протоколов реабилитации и дизайна исследований.

### Исследовательский вопрос / Research question

Для формулировки исследовательского вопроса применена модель PICO, состоящая из четырех элементов:

- P (англ. population, patient, problem) – группа пациентов или изучаемая проблема;
- I (англ. intervention) – вмешательство;

- C (англ. comparison) – альтернатива вмешательству для сравнения;

- O (англ. outcome) – результат.

Исследовательский вопрос сформулирован следующим образом: у пациентов с ИИ (P), проходящих реабилитационные вмешательства (I) по сравнению со стандартной терапией или альтернативными методами (C) какие объективные методы контроля эффективности (O) представлены в современной литературе, каковы их основные клинико-метрические характеристики, преимущества и ограничения для клинической практики?

### Источники данных / Data sources

Поиск публикаций проводили в следующих базах данных:

- международные базы – PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science Core Collection, Cochrane Library (CENTRAL, Cochrane Reviews), IEEE Xplore;

- русскоязычные базы – eLibrary, КиберЛенинка.

Дополнительно использовали списки литературы ключевых систематических обзоров и консенсусных документов. Временной интервал поиска: с января 2000 г. по декабрь 2024 г. Последний поиск выполнен 15 декабря 2024 г.

### Стратегия поиска / Search strategy

Поисковые запросы строились из трех основных концептуальных блоков слов и словосочетаний на русском и английском языках, комбинируемых с помощью логических операторов:

- блок «инсульт»: “stroke”, “ischemic stroke”, “cerebral infarction”, “cerebrovascular accident”, «инсульт», «ишемический инсульт», «острое нарушение мозгового кровообращения»;

- блок «реабилитация»: “rehabilitation”, “neurorehabilitation”, “physical therapy”, “occupational therapy”, “gait training”, “robot-assisted rehabilitation”, “virtual reality”, “telerehabilitation”, «реабилитация», «нейрореабилитация», «физическая терапия», «виртуальная реальность», «телереабилитация»;

- блок «объективная оценка»: “outcome measure”, “objective assessment”, “quantitative”, “instrumented”, “kinematic”, “gait analysis”, “wearable sensor”, “inertial sensor”, “biomarker”, “EEG”, “transcranial magnetic stimulation”, “motor evoked potential”, “neuroimaging”, «объективная оценка», «количественная оценка», «шкалы и тесты», «кинематический анализ», «анализ походки», «нейровизуализация», «биомаркеры»; а также названия валидированных шкал (“Fugl-Meyer”, “NIHSS”, “Barthel Index”, “FIM”, “ARAT”, “Berg Balance Scale”, “10-m Walk Test”, “Timed Up and Go”).

Пример полного поискового запроса для PubMed/MEDLINE:

(“stroke”[MeSH Terms] OR “ischemic stroke”[All Fields] OR “cerebral infarction”[All Fields]) AND (“rehabilitation”[MeSH Terms] OR “neurorehabilitation”[All Fields] OR “physical therapy”[All Fields] OR “occupational therapy”[All Fields] OR “robot-assisted”[All Fields] OR “virtual reality”[All Fields] OR “telerehabilitation”[All Fields]) AND (“outcome assessment”[MeSH Terms] OR “objective assessment”[All Fields] OR “kinematic”[All Fields] OR “gait analysis”[All

Fields] OR "biomarker"[All Fields] OR "transcranial magnetic stimulation"[All Fields] OR "motor evoked potential"[All Fields] OR "Fugl-Meyer"[All Fields] OR "Berg Balance"[All Fields] OR "NIHSS"[All Fields])) AND (("2000/01/01"[Date - Publication] : "2024/12/31"[Date - Publication])).

### Критерии включения и исключения / Inclusion and exclusion criteria

Использовали следующие критерии включения:

- взрослые пациенты ( $\geq 18$  лет) с клинически и/или нейровизуализационно подтвержденным ИИ на различных стадиях (острая, подострая, хроническая);
- наличие структурированного реабилитационного вмешательства (физиотерапия, эрготерапия, робот-ассистированная реабилитация, виртуальная реальность, телереабилитация, неинвазивная нейромодуляция, мультидисциплинарные программы);
- наличие как минимум одного объективного метода оценки эффективности вмешательства (клинические шкалы, кинематические/сенсорные метрики, нейровизуализация, нейрофизиология, биомаркеры, телеметрические оценки).
- типы дизайна – рандомизированные контролируемые исследования, контролируемые клинические исследования, проспективные и ретроспективные когортные исследования, исследования диагностической/прогностической точности, систематические обзоры и консенсусные документы.

– публикации на английском и русском языках.

Критерии исключения:

- чисто фармакологические исследования без реабилитационного компонента;
- работы, фокусирующиеся исключительно на остром лечении без оценки реабилитационных исходов;
- описания отдельных случаев без акцента на методах контроля эффективности;
- публикации без доступного полного текста или с недостаточным описанием методов оценки.

### Процесс отбора / Selection process

Процесс отбора первоисточников включал следующие этапы:

- сбор записей из всех баз данных;
- автоматическое и ручное удаление дубликатов;
- двустадийный скрининг двумя независимыми рецензентами по заголовкам и аннотациям, затем по полным текстам;
- фиксация причин исключения на этапе полнотекстового анализа;
- включение в качественный синтез исследований, удовлетворяющих критериям по популяции, вмешательствам и наличию объективных методов контроля.

Разногласия между рецензентами на всех этапах разрешались путем обсуждения или привлечения третьего эксперта.

### Методы извлечения данных / Data extraction methods

Данные из включенных исследований извлекались двумя независимыми рецензентами с использованием

стандартизированной формы, состоявшей из следующих блоков:

- общие характеристики исследования (авторы, год, страна, дизайн, размер выборки);
- характеристики пациентов (тип инсульта, стадия, исходная функциональная и моторная тяжесть);
- характеристики реабилитационного вмешательства (тип, интенсивность, длительность, контроль сравнения);
- объективные методы контроля (название инструмента/теста, измеряемый домен, ключевые количественные показатели, данные по клинико-метрическим свойствам);
- длительность наблюдения и точки измерения;
- основные результаты (динамика объективных исходов, прогностическая ценность биомаркеров).

Расхождения в извлеченных данных разрешались путем обсуждения и возвращения к первоисточнику.

### Оценка риска систематической ошибки / Assessing the risk of systematic error

В зависимости от дизайна исследования использовали следующие стандартизированные инструменты:

- RoB 2 (Risk of Bias 2) для рандомизированных контролируемых исследований [11] с оценкой доменов: рандомизация, отклонения от вмешательства, неполнота данных, измерение исходов, избирательная отчетность;
- ROBINS-I для нерандомизированных интервенционных исследований [12] с оценкой доменов: смешение, выбор участников, классификация вмешательства, отклонения от вмешательства, пропущенные данные, измерение исходов, выборочность отчетности;
- QUADAS-2 для работ, изучающих диагностическую/прогностическую точность объективных методов [13], с оценкой доменов: выбор пациентов, индекс-тест, эталонный стандарт, поток и временные интервалы.

Для оценки клинико-метрических свойств шкал и инструментальных метрик учитывались подходы COSMIN и GRADE [4].

Ввиду того что анализ базировался преимущественно на систематических обзорах и консенсусных документах, формальную пошаговую оценку риска смещения для каждого первичного исследования не проводили. Однако учитывали выводы систематических обзоров относительно качества первичных исследований. Большинство проанализированных систематических обзоров указывало на умеренный риск систематической ошибки в первичных исследованиях по кинематическим, нейрофизиологическим и биомаркерным методам ввиду небольших выборок, отсутствия ослепления оценщиков исходов и высокой гетерогенности протоколов.

### Метод качественного синтеза / Qualitative synthesis method

Качественный синтез структурирован по типам объективных методов:

- стандартизированные клинико-функциональные шкалы;
- инструментальные биомеханические методы;
- нейровизуализационные маркеры;

- нейрофизиологические методы;
- биохимические маркеры;
- телереабилитационные и цифровые методы оценки.

Для каждой категории описаны преобладающие методы, данные по валидности и надежности, чувствительность к изменениям и применимости в клинической практике.

Количественное объединение данных (метаанализ) не выполняли ввиду выраженной гетерогенности методов измерения, протоколов реабилитации, дизайна исследований и временных точек оценки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

### Характеристика включенных исследований / Characteristics of included studies

На основании целенаправленного поиска и анализа ключевых систематических обзоров, консенсусных документов и репрезентативных первичных исследований выделены следующие группы работ:

- систематические обзоры по исходам для верхней конечности и выбору шкал [3];
- систематические обзоры по кинематическим методам оценки движений [4];
- систематические обзоры и метаанализы по биомаркерам, ассоциированным с функциональным улучшением [14];
- консенсусные документы по базовым наборам моторных исходов [5];
- работы по прогностической ценности нейрофизиологических маркеров [15, 16];
- исследования по телереабилитации и телемедицинской оценке двигательной функции [17, 18];
- российские рандомизированные контролируемые исследования и контролируемые исследования применения виртуальной реальности и других технологий [19, 20].

Большинство работ включало взрослых пациентов с ишемическим или смешанным инсультом, находящихся в подостром или хроническом периоде восстановления, исследования острой стадии встречались реже. Размер выборки, как правило, был небольшим или средним, особенно в публикациях по нейрофизиологии, кинематике и биомаркерам.

### Систематизация объективных методов контроля / Systematization of objective control methods

#### Клинико-функциональные шкалы

Систематический обзор L. Santisteban et al. выявил использование 48 различных шкал для оценки функции верхней конечностей после инсульта, из которых лишь 15 использовались более чем в 5% исследований [3]. Наиболее часто применялись [3, 21]:

- шкала Фугл–Мейера (англ. Fugl-Meyer Assessment, FMA) для оценки двигательного дефицита верхней и нижней конечностей;
- тест для оценки функции руки (англ. Action Research Arm Test, ARAT);
- глобальные шкалы тяжести и инвалидизации – Шкала инсульта Национальных институтов здоровья США (англ.

National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS), модифицированная шкала Рэнкина (англ. modified Rankin Scale, mRS);

- шкалы повседневной активности – индекс Бартела (англ. Barthel Index, BI), Шкала функциональной независимости (англ. Functional Independence Measure, FIM);
- тесты ходьбы и баланса – 10-метровый тест ходьбы (англ. 10-m Walk Test, 10MWT), тест на время «встань и иди» (англ. Timed Up and Go, TUG), шкала баланса Берг (англ. Berg Balance Scale, BBS).

Международный дельфийский консенсус предложил клинический базовый набор из девяти исходов для моторной реабилитации после инсульта, включающий FMA и ARAT для верхней конечности, FMA для нижней конечности, 10MWT, TUG и BBS для нижней конечности и баланса, NIHSS и BI/FIM для общего статуса, а также оценку качества жизни больных после инсульта (англ. Stroke Impact Scale, SIS) как пациентоориентированного исхода [5]. Российские публикации по телереабилитации в целом ориентируются на те же международные шкалы [2, 22].

В отечественной практике базовыми инструментами остаются валидированные шкалы NIHSS (тяжесть), BI (активность), mRS (инвалидизация), FMA (двигательные функции), а также модифицированная шкала Эшворта (англ. Modified Ashworth Scale, MAS) (спастичность) [2, 22]. Для создания единого функционального профиля рекомендуется использование Международной классификации функционирования (МКФ) [23].

#### Инструментальные биомеханические методы

Кинематический анализ движений верхней конечности после инсульта позволяет количественно оценивать скорость, плавность, точность и эффективность движений, а также наличие компенсаторных стратегий. Систематический обзор A. Schwarz et al. идентифицировал 151 кинематическую метрику, сгруппированную по 5 типам задач и 3 типам измерительных систем, при этом лишь небольшое число метрик имело достаточную оценку надежности, ошибки измерения, валидности и чувствительности [4].

В области походки активно развиваются системы на основе инерциальных датчиков и комплексные решения для анализа временно-пространственных и кинематических параметров походки после инсульта. Такие системы позволяют объективно оценивать скорость, длину шага, вариабельность, симметрию и другие параметры, а также использовать эти индикаторы как исходы для реабилитационных вмешательств и адаптивного управления экзоскелетами [24, 25].

В российской практике отмечается использование инерционных сенсоров и виртуальной реальности в составе реабилитационных комплексов [19, 20]. Стабилометрия объективно фиксирует улучшение баланса через снижение скорости перемещения центра давления и энергоёмкости статокинезиограммы [26]. Системы компьютерного анализа походки (Gaitway II, Qualisys) создают трехмерные модели движения, исключая ошибки визуального анализа [8]. Роботизированная механотерапия (Lokomat, Armeo) обеспечивает стандартизацию тренировок и предоставляет данные о биологическом ответе пациента в режиме реального времени [27].

### Нейровизуализационные маркеры

Обзоры по нейровизуализационным биомаркерам исхода инсульта подчеркивают, что объем и локализация инфаркта, состояние кортико-спинального тракта по данным диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии (МРТ), показатели функциональной МРТ и перфузии могут выступать в роли предикторов функционального восстановления и ответа на реабилитацию [28]. Хотя отдельные исследования оценивают динамику этих маркеров в процессе реабилитации, в большинстве случаев нейровизуализация используется как прогностический инструмент, а не как первичный показатель эффективности вмешательств [28].

### Нейрофизиологические методы

Транскраниальная магнитная стимуляция с регистрацией моторных вызванных потенциалов (англ. motor evoked potentials, MEP) рассматривается как маркер целостности кортикоспинального тракта и потенциала моторного восстановления. Систематический обзор J.P. Vembenek et al. показал, что наличие MEP ассоциировано с лучшими моторными исходами, а стратификация пациентов по MEP-статусу может повышать эффективность реабилитационных рандомизированных контролируемых исследований [15].

Электроэнцефалография (ЭЭГ) позволяет выявлять скрытые функциональные нарушения и прогнозировать исход [29–32]. Средняя амплитуда альфа-ритма в переднецентральных отделах является показателем эффективности консолидации информации и эмоционального состояния [33]. Использование биологической обратной связи по бета-ритму способствует активации коры и улучшению концентрации внимания [34]. Количественная ЭЭГ и нелинейные параметры демонстрируют связь с функциональным восстановлением и степенью реабилитационного ответа [16, 35].

Вызванные потенциалы обладают прогностической ценностью: удлинение межпиковых латентных периодов слуховых вызванных потенциалов и когнитивного потенциала P300 характерно для пациентов с высоким риском падений [33]. Амплитуда соматосенсорных вызванных потенциалов коррелирует со степенью восстановления двигательных функций ( $r=0,55$ ) [34].

Электронейромиография позволяет получить объективную оценку динамики функционального состояния периферического нервно-мышечного аппарата в процессе лечения [8]. Поверхностная электромиография применяется для контроля точности введения ботулотоксина при лечении спастичности [36].

### Биохимические маркеры

Систематический обзор и метаанализ G. Chen et al. продемонстрировал, что реабилитация ассоциирована с повышением уровня ряда биомаркеров, в первую очередь нейротрофического фактора мозга (англ. brain-derived neurotrophic factor, BDNF), и с их связью с функциональным улучшением, при этом качество доказательств варьируется от умеренного до низкого [14].

Новые работы исследуют маркеры нейропластичности эндостатин, фактор роста и дифференциации 10 (англ.

growth differentiation factor 10, GDF-10), рецептор активатора плазминогена урокиназного типа (англ. urokinase-type plasminogen activator receptor, uPAR) как потенциальные динамические индикаторы эффективности реабилитации, однако выборка таких исследований пока ограничена [37].

### Цифровые технологии и телереабилитационные методы

Систематический обзор по телеметрической оценке двигательной функции верхней конечности показал, что дистанционные версии традиционных шкал и видео/сенсорные тесты могут быть валидными и надежными при соблюдении методических требований [17]. Российские авторы обобщили международные шкалы и тесты, применяемые в телереабилитации, показав, что большинство из них представляют собой адаптации очных инструментов (FMA, тесты ходьбы, когнитивные шкалы) [2, 22]. Параллельно развиваются программные комплексы, интегрирующие результаты оценки по шкалам и сенсорных измерений для поддержки принятия решений [18].

Системы захвата движений с использованием инерционных сенсоров и устройств типа Kinect в среде виртуальной реальности дают возможность точно регистрировать прогресс восстановления функции руки и координации [19, 20]. Телереабилитация в асинхронном формате с применением носимых датчиков позволяет проводить мониторинг состояния пациента вне клиники, обеспечивая непрерывность процесса [2].

С помощью психофизиологических методов, таких как кардиоинтервалография, можно мониторировать уровень стресса и вегетативную регуляцию в процессе биологической обратной связи [34]. Дифференциальная термометрия с регистрацией разности температур в биологически активных точках позволяет прогнозировать эффективность терапии и корректировать ее в режиме реального времени [9].

### Сравнительный анализ методов

Клинико-функциональные шкалы обладают наибольшей распространенностью, валидированы для постинсультной популяции и хорошо описаны с точки зрения надежности, валидности и чувствительности к изменениям. Они доступны, относительно недороги и легко внедряются в рутинную практику, но нередко имеют потолочные/пороговые эффекты и ограниченную способность дифференцировать тонкие изменения качества движения [21].

Кинематические и другие инструментальные методы обеспечивают высокую чувствительность и детализацию оценки качества движений (скорость, плавность, эффективность, наличие компенсаторных стратегий). Их сильной стороной является возможность обнаружения изменений, не фиксируемых грубыми шкалами. Основные ограничения – высокая вариабельность используемых задач и метрик, отсутствие единых стандартов и относительно скромная база по клинико-метрическим свойствам [4].

Нейровизуализационные и нейрофизиологические маркеры демонстрируют существенный прогностический потенциал и могут использоваться для стратификации

пациентов и планирования реабилитации. Однако их роль в качестве прямых исходов эффективности вмешательств пока ограничена исследовательским контекстом и требует стандартизации протоколов и порогов интерпретации [28].

Биохимические маркеры представляют собой быстро развивающееся направление, позволяющее отслеживать молекулярные корреляты нейропластичности и воспаления в ответ на реабилитацию. В настоящее время они в основном используются в исследовательских целях, а их клиническому применению в оценке рутинных исходов пока препятствуют вариабельность методик и недостаточная репликация результатов [14, 37].

Телереабилитационные и цифровые методы оценки обеспечивают возможность объективного мониторинга в домашних условиях и в ситуации ограниченных ресурсов. Их валидность и надежность в отношении двигательных исходов подтверждаются растущим числом исследований, но интеграция в стандартизированные протоколы и нормативные базы в настоящее время только формируется [17, 18].

#### Оценка качества доказательств / Evidence quality assessment

Для клинических шкал моторной функции и активности (особенно составляющих базовый набор) качество доказательств их валидности и применимости можно охарактеризовать как по меньшей мере умеренное [21]. Для кинематических метрик верхней конечности оно в отдельных случаях оценивается от низкого до умеренного, и требуется больше исследований с низким риском систематической ошибки [4].

Данные метаанализа по биохимическим маркерам указывают на умеренное качество доказательств для BDNF и более низкое для других показателей [14]. Что касается нейрофизиологических и телереабилитационных методов оценки, количество и качество исследований растет, но в целом качество доказательств в отношении их рутинного использования как основных исходов остается ограниченным [16, 17].

В **таблице 1** представлено обобщение основных характеристик объективных методов контроля.

#### ОБСУЖДЕНИЕ / DISCUSSION

Совокупность доступных исследований показывает существенную фрагментацию в подходах к выбору исходов в реабилитационных исследованиях после инсульта, особенно в отношении верхней конечности и сложных моторных задач [3]. Международный консенсус по базовому набору моторных исходов представляет важный шаг к стандартизации, но его внедрение в повседневную практику и исследовательские протоколы далеко не повсеместно [5].

Традиционные клиническо-функциональные шкалы продолжают играть центральную роль благодаря проверенной валидности и простоте использования, в то время как инструментальные и биомаркерные методы, обладая высоким теоретическим потенциалом, требуют дальнейшей стандартизации и подтверждения их добавочной ценности.

Развитие телереабилитации и цифровых технологий приводит к активной адаптации существующих шкал и создает новые возможности для дистанционной объективной оценки, но также поднимает вопросы о надежности, защищенности данных и доступности технологий [2, 17].

Таким образом, объективный контроль эффективности реабилитации после ИИ в настоящее время представляет собой многоуровневую систему, где фундамент составляют валидированные клинические шкалы, а инструментальные, нейрофизиологические и биомаркерные методы выступают как дополнительные уровни уточнения и персонализации. Комплексное использование нейрофизиологических (вызванные потенциалы, ЭЭГ) и биомеханических данных обеспечивает переход к управляемому лечению, где реабилитационная программа корректируется на основе измеримых параметров прогресса [8, 9]. Объективные методы позволяют преодолеть субъективность клинических оценок и реализовать принцип SMART-целеполагания в нейрореабилитации [20].

Для практикующего невролога и реабилитолога представляют интерес ключевые выводы:

- необходимость стандартного набора исходов (использование согласованного базового набора позволяет сопоставлять результаты между центрами, улучшать качество документации и облегчать включение пациентов в клинические исследования; в российских условиях целесообразно адаптировать и официально закрепить такой набор в национальных рекомендациях) [5];
- целенаправленный выбор дополнительных методов (кинематические и сенсорные методы особенно полезны при оценке сложных моторных задач, эффекта высокотехнологичных вмешательств (роботика, виртуальная реальность, экзоскелеты) и при необходимости тонкой дифференциации восстановления и компенсаций) [24, 27];
- использование прогностических маркеров (нейровизуализационные и нейрофизиологические показатели, например МЕР-статус, могут существенно помочь в стратификации пациентов по прогнозу и в планировании интенсивности и типа реабилитации) [15, 28];
- роль биомаркеров (на данном этапе биохимические маркеры, в первую очередь BDNF, могут рассматриваться как исследовательский инструмент для понимания механизмов нейропластичности и потенциальной персонализации терапии; для их внедрения в повседневную практику необходимы дальнейшие крупные и стандартизированные исследования) [14];
- телереабилитация и цифровой мониторинг (в условиях высокой нагрузки на стационарный этап и значительных территориальных расстояний, что актуально для России, развитие валидированных телереабилитационных оценок и цифровых платформ может повысить доступность и непрерывность реабилитации, сохраняя при этом объективность контроля) [2, 17].

#### Ограничения / Limitations

##### Ограничения первичных исследований

Можно выделить следующие ограничения рассмотренных работ:

**Таблица 1.** Сравнительная характеристика объективных методов контроля эффективности реабилитации пациентов с ишемическим инсультом**Table 1.** Comparative analysis of objective methods for monitoring the effectiveness of rehabilitation in ischemic stroke patients

Категория методов / Category of methods	Основные инструменты / Primary tools	Чувствительность к изменениям / Sensitivity to changes	Стандартизация / Standardization	Доступность в клинической практике / Availability in clinical practice	Качество доказательств / Quality of evidence
Клинико-функциональные шкалы / Clinical-functional scales	FMA, ARAT, NIHSS, BI, FIM, BBS, 10MWT, TUG	Умеренная / Moderate	Высокая / High	Высокая / High	Умеренное – высокое / Moderate-to-high
Инструментальные биомеханические методы / Instrumental biomechanical methods	Кинематический анализ, инерциальные сенсоры, стабилометрия, роботизированные системы / Kinematic analysis, inertial sensors, stabilometry, robotic systems	Высокая / High	Низкая – умеренная / Low-to-moderate	Низкая – умеренная / Low-to-moderate	Низкое – умеренное / Low-to-moderate
Нейровизуализационные маркеры / Neuroimaging markers	ДТ-МРТ, фМРТ, перфузионная МРТ / DT-MRI, fMRI, perfusion MRI	Умеренная (прогностическая) / Moderate (prognostic)	Умеренная / Moderate	Низкая / Low	Умеренное / Moderate
Нейрофизиологические методы / Neurophysiological methods	ТМС-МЕР, количественная ЭЭГ, вызванные потенциалы / TMS- MEP, quantitative EEG, evoked potentials	Высокая (прогностическая) / High (prognostic)	Низкая – умеренная / Low-to-moderate	Низкая – умеренная / Low-to-moderate	Умеренное (для ТМС) / Moderate (for TMS)
Биохимические маркеры / Biochemical markers	BDNF, маркеры нейропластичности / BDNF, neuroplasticity markers	Умеренная / Moderate	Низкая / Low	Низкая / Low	Низкое – умеренное / Low-to-moderate
Телереабилитационные и цифровые методы / Telerehabilitation and digital methods	Дистанционные версии шкал, носимые сенсоры, видеооценка / Online scales, wearable sensors, video assessment	Умеренная / Moderate	Низкая / Low	Умеренная (возрастает) / Moderate (increasing)	Низкое / Low

**Примечание.** FMA (англ. Fugl-Meyer Assessment) – шкала Фугл-Мейера; ARAT (англ. Action Research Arm Test) – тест для оценки функции руки; NIHSS (англ. National Institutes of Health Stroke Scale) – Шкала инсульта Национальных институтов здоровья США; BI (англ. Barthel Index) – индекс Бартела; FIM (англ. Functional Independence Measure) – шкала функциональной независимости; BBS (англ. Berg Balance Scale) – шкала баланса Берга; 10MWT (англ. 10-m Walk Test) – 10-метровый тест ходьбы; TUG (англ. Timed Up and Go) – тест на время «встань и иди»; ДТ-МРТ – диффузионно-тензорная магнитно-резонансная томография; фМРТ – функциональная магнитно-резонансная томография, ТМС – транскраниальная магнитная стимуляция; МЕР (англ. motor evoked potentials) – моторные вызванные потенциалы; ЭЭГ – электроэнцефалография; BDNF (англ. brain-derived neurotrophic factor) – нейротрофический фактор мозга.

**Note.** FMA – Fugl-Meyer Assessment; ARAT – Action Research Arm Test; NIHSS – National Institutes of Health Stroke Scale; BI – Barthel Index; FIM – Functional Independence Measure; BBS – Berg Balance Scale; 10MWT – 10-m Walk Test; TUG – Timed Up and Go; DT-MRI – diffusion tensor magnetic resonance imaging; fMRI – functional magnetic resonance imaging; TMS – transcranial magnetic stimulation; MEP – motor evoked potentials; EEG – electroencephalography; BDNF – brain-derived neurotrophic factor.

- высокая гетерогенность методов измерения (разные шкалы, разные метрики, различия в протоколах кинематических и нейрофизиологических исследований) [3, 4];
- вариабельность протоколов реабилитации (тип, интенсивность, длительность), что затрудняет прямое сравнение эффективности методов оценки;
- относительно небольшие выборки и риск систематической ошибки в исследованиях по продвинутым инструментальным и биомаркерным методам;
- недостаток данных о долгосрочных исходах и динамике объективных показателей в отдаленном периоде.

#### Ограничения обзора

- Настоящий обзор имеет следующие ограничения:
- не проведен полный формализованный поиск во всех заявленных базах с последующей регистрацией и документацией PRISMA-диаграммы, анализ опирается на совокупность ключевых систематических обзоров, консенсусов и репрезентативных первичных исследований;
  - количественные характеристики (число включенных исследований, распределение по дизайнам, странам) не приводятся;

– формальная единая GRADE-оценка качества доказательств по всем категориям методов не проводилась, использованы выводы отдельных обзоров и клинико-метрических исследований;

– протокол обзора не регистрировался в PROSPERO.

Эти ограничения подразумевают, что представленную работу следует рассматривать как методологически ориентированный и концептуальный нарративный обзор на основе систематического поиска, а не как исчерпывающий количественный анализ всего массива литературы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION

Анализ доступной литературы показывает, что объективный контроль эффективности реабилитации пациентов с ИИ базируется на многоуровневой системе методов. Наиболее разработанным и клинически применимым уровнем являются стандартизированные клинико-функциональные шкалы, для которых существует международный консенсус по базовому набору показателей, рекомендованных к использованию в рутинной практике и исследованиях.

Инструментальные биомеханические методы (кинематический анализ, инерциальные сенсоры, стабилметрия, силовые платформы, роботизированные системы)

обеспечивают высокую чувствительность и детальную количественную оценку качества движений, но ограничены отсутствием единых стандартов и небольшим числом исследований с тщательной оценкой клинико-метрических свойств. Нейровизуализационные, нейрофизиологические и биохимические маркеры демонстрируют значительный потенциал для прогноза и персонализации реабилитации, однако в настоящее время остаются преимущественно исследовательскими инструментами, требующими расширения доказательной базы и стандартизации.

Развитие телереабилитации и цифровых технологий создает новые возможности для объективного мониторинга в амбулаторных и домашних условиях. Внедрение таких решений должно сопровождаться строгой валидацией и интеграцией в единую систему стандартных исходов.

В целом оптимальный подход к контролю эффективности реабилитации пациентов с ИИ предполагает использование стандартизированного набора клинических исходов как обязательного минимума с поэтапным добавлением инструментальных, нейрофизиологических и биомаркерных методов там, где они могут обеспечить дополнительную клинически значимую информацию и где имеются ресурсы для их корректного применения.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	ARTICLE INFORMATION
<b>Поступила:</b> 18.07.2025 <b>В доработанном виде:</b> 21.08.2025 <b>Принята к печати:</b> 26.08.2025 <b>Опубликована:</b> 30.09.2025	<b>Received:</b> 18.07.2025 <b>Revision received:</b> 21.08.2025 <b>Accepted:</b> 26.08.2025 <b>Published:</b> 30.09.2025
<b>Вклад авторов</b>	<b>Authors' contribution</b>
Все авторы принимали равное участие в сборе, анализе и интерпретации данных. Все авторы прочитали и утвердили окончательный вариант рукописи	All authors participated equally in the collection, analysis and interpretation of the data. All authors have read and approved the final version of the manuscript
<b>Конфликт интересов</b>	<b>Conflict of interests</b>
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interests
<b>Финансирование</b>	<b>Funding</b>
Авторы заявляют об отсутствии финансовой поддержки	The authors declare no funding
<b>Этические аспекты</b>	<b>Ethics declarations</b>
Неприменимо	Not applicable
<b>Комментарий издателя</b>	<b>Publisher's note</b>
Содержащиеся в этой публикации утверждения, мнения и данные были созданы ее авторами, а не издательством ИРБИС (ООО «ИРБИС»). Издательство снимает с себя ответственность за любой ущерб, нанесенный людям или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или препаратов, упомянутых в публикации	The statements, opinions, and data contained in this publication were generated by the authors and not by IRBIS Publishing (IRBIS LLC). IRBIS LLC disclaims any responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred in the content
<b>Права и полномочия</b>	<b>Rights and permissions</b>
© 2025 Авторы; ООО «ИРБИС» Статья в открытом доступе по лицензии CC BY-NC-SA ( <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/</a> )	© 2025 The Authors. Publishing services by IRBIS LLC This is an open access article under CC BY-NC-SA license ( <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/</a> )

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Федин А.И., Бадалян К.Р. Обзор клинических рекомендаций лечения и профилактики ишемического инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2019; 119 (8-2): 95–100. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911908295>.  
Fedin A.I., Badalyan K.R. Review of clinical guidelines for the treatment and prevention of ischemic stroke. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2019; 119 (8-2): 95–100 (in Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro201911908295>.
- Николаев В.А., Сафоничева О.Г., Николаев А.А. SWOT-анализ телереабилитации после инсульта: асинхронный формат. *Профилактика*

- тическая медицина. 2022; 25 (10): 71–8. <https://doi.org/10.17116/profmed20222510171>.
- Nikolaev V.A., Safonicheva O.G., Nikolaev A.A. SWOT analysis of telerehabilitation after stroke: asynchronous format. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2022; 25 (10): 71–8 (in Russ.). <https://doi.org/10.17116/profmed20222510171>.
3. Santisteban L., Térémetz M., Bleton J.P., et al. Upper limb outcome measures used in stroke rehabilitation studies: a systematic literature review. *PLoS One*. 2016; 11 (5): e0154792. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154792>.
  4. Schwarz A., Kanzler C.M., Lamercy O., et al. Systematic review on kinematic assessments of upper limb movements after stroke. *Stroke*. 2019; 50 (3): 718–27. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.023531>.
  5. Pohl J., Held J.P.O., Verheyden G., et al. Consensus-based core set of outcome measures for clinical motor rehabilitation after stroke – a Delphi study. *Front Neurol*. 2020; 11: 875. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00875>.
  6. Kwakkel G., Stinear C.M., Essers B., et al. Motor rehabilitation after stroke: European Stroke Organisation (ESO) consensus-based definition and guiding framework. *Eur Stroke J*. 2023; 8 (4): 1175–92. <https://doi.org/10.1177/23969873231191304>.
  7. Salter K., Campbell N., Richardson M., et al. Outcome measures in stroke rehabilitation. In: Evidence-based review of stroke rehabilitation (EBRSR), Chapter 20. 2013; 141 pp.
  8. Даминов В.Д. Принципы организации высокотехнологичной нейро-реабилитации на стационарном этапе. *Доктор.Ру*. 2008; 7: 51–9. Daminov V.D. Principles of organizing high-tech neurorehabilitation at the inpatient stage. *Doctor.Ru*. 2008; 7: 51–9 (in Russ.).
  9. Борисова Е.А., Резников К.М., Агасаров Л.Г. Оценка эффективности лечения больных ишемическим инсультом в раннем восстановительном периоде. *Вестник восстановительной медицины*. 2015; 14 (1): 19–27. Borisova E.A., Reznikov K.M., Agasarov L.G. Evaluation of the effectiveness of treatment of patients with ischemic stroke in the early recovery period. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2015; 14 (1): 19–27 (in Russ.).
  10. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021; 372: n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
  11. Sterne J.A., Savović J., Page M.J., et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2019; 366: 14898. <https://doi.org/10.1136/bmj.14898>.
  12. Sterne J.A., Hernán M.A., Reeves B.C., et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ*. 2016; 355: i4919. <https://doi.org/10.1136/bmj.i4919>.
  13. Whiting P.F., Rutjes A.W.S., Westwood M.E., et al. QUADAS-2: A revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med*. 2011; 155 (8): 529–36. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009>.
  14. Chen G., Wu M., Chen J., et al. Biomarkers associated with functional improvement after stroke rehabilitation: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Neurol*. 2023; 14: 1241521. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1241521>.
  15. Bembenek J.P., Kurczyk K., Karliński M., Członkowska A. The prognostic value of motor-evoked potentials in motor recovery and functional outcome after stroke – a systematic review of the literature. *Funct Neurol*. 2012; 27 (2): 79–84.
  16. Vatinno A.A., Simpson A., Ramakrishnan V., et al. The prognostic utility of EEG in stroke recovery: a systematic review and meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2022; 36 (4-5): 255–68. <https://doi.org/10.1177/15459683221078294>.
  17. Sauerzopf L., Luft A.R., Baldissera A., et al. Remotely assessing motor function and activity of the upper extremity after stroke: a systematic review of validity and clinical utility of tele-assessments. *Clin Rehabil*. 2024; 38 (9): 1214–25. <https://doi.org/10.1177/02692155241258867>.
  18. Nikolaev V.A., Safonicheva O.G., Nikolaev A.A. Telerehabilitation of post-stroke patients with motor function disorders: a review. *Adv Gerontol*. 2022; 12 (3): 339–46. <https://doi.org/10.1134/S2079057022030109>.
  19. Слепнева Н.И., Даминов В.Д., Новак Э.В., Карпов О.Э. Клиническая эффективность технологий виртуальной реальности в восстановлении функции верхней конечности после инсульта. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. 2021; 16 (2): 80–5. [https://doi.org/10.25881/20728255\\_2021\\_16\\_2\\_80](https://doi.org/10.25881/20728255_2021_16_2_80).
  20. Слепнёва Н.И., Даминов В.Д., Новак Э.В., Карпов О.Э. The clinical efficacy of virtual reality technologies in restoring functional abilities of the upper limb after stroke. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2021; 16 (2): 80–5 (in Russ.). [https://doi.org/10.25881/20728255\\_2021\\_16\\_2\\_80](https://doi.org/10.25881/20728255_2021_16_2_80).
  20. Тынтерова А.М. Применение технологий виртуальной реальности в реабилитации пациентов с поражением правого и левого полушария в остром периоде ишемического инсульта. *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация*. 2024; 6 (2): 109–21. <https://doi.org/10.36425/rehab627186>.
  20. Тынтерова А.М. Application of virtual reality technologies in the rehabilitation of patients with left and right hemisphere lesions in the acute period of ischemic stroke. *Physical and Rehabilitation Medicine, Medical Rehabilitation*. 2024; 6 (2): 109–21 (in Russ.). <https://doi.org/10.36425/rehab627186>.
  21. Physiopedia. Fugl-Meyer assessment of motor recovery after stroke. Available at: [https://www.physio-pedia.com/Fugl-Meyer\\_Assessment\\_of\\_Motor\\_Recovery\\_after\\_Stroke](https://www.physio-pedia.com/Fugl-Meyer_Assessment_of_Motor_Recovery_after_Stroke) (accessed 03.12.2024).
  22. Николаев В.А., Николаев А.А. Шкалы и тесты для оценки эффективности телереабилитации пациентов, перенесших инсульт. *Менеджер здравоохранения*. 2022; 5: 48–57. <https://doi.org/10.37690/1811-0185-2022-5-48-57>.
  22. Nikolaev V.A., Nikolaev A.A. Scales and tests for evaluating the effectiveness of telerehabilitation of stroke patients. *Manager Zdravoohranenia*. 2022; 5: 48–57 (in Russ.). <https://doi.org/10.37690/1811-0185-2022-5-48-57>.
  23. Баклушин А.Е., Кочетков А.В., Ястребцева И.П. Использование Международной классификации функционирования, ограниченной жизнедеятельности и здоровья в неврологической практике. *Доктор.Ру*. 2014; 13: 44–9. Baklushin A.E., Kochetkov A.V., Iastrebtseva I.P. Use of International Classification of Functioning, Disability and Health in neurological practice. *Doctor.Ru*. 2014; 13: 44–9 (in Russ.).
  24. De Miguel-Fernández J., Salazar-Del Rio M., Rey-Prieto M., et al. Inertial sensors for gait monitoring and design of adaptive controllers for exoskeletons after stroke: a feasibility study. *Front Bioeng Biotechnol*. 2023; 11: 1208561. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1208561>.
  25. Thrane G., Sunnerhagen K.S., Murphy M.A. Upper limb kinematics during the first year after stroke: the stroke arm longitudinal study at the University of Gothenburg (SALGOT). *J NeuroEngineering and Rehabil*. 2020; 17 (1): 76. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00705-2>.
  26. Ястребцева И.П., Добродеева В.Ю., Гасанбекова А.Р. и др. Особенности восстановления движений в паретичной нижней конечности у пациентов с инсультом. *Доктор.Ру*. 2024; 23 (7): 25–35. <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2024-23-7-25-35>.
  26. Yastrebtseva I.P., Dobrodeeva V.Yu., Gasanbekova A.R., et al. Features of movement recovery in the paretic lower limb in patients after stroke. *Doctor.Ru*. 2024; 23 (7): 25–35 (in Russ.). <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2024-23-7-25-35>.
  27. Королева Е.С., Алифирова В.М., Латыпова А.В. и др. Принципы и опыт применения роботизированных реабилитационных технологий у пациентов после инсульта. *Бюллетень сибирской медицины*. 2019; 18 (2): 223–33. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-2-223-233>.
  27. Koroleva E.S., Alifirova V.M., Latypova A.V., et al. Principles and global experience of applying robotic rehabilitation technologies in patients after stroke. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2019; 18 (2): 223–33 (in Russ.). <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-2-223-233>.
  28. Grefkes C., Fink G.R. Connectivity-based approaches in stroke and recovery of function. *Lancet Neurol*. 2014; 13 (2): 206–16. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(13\)70264-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70264-3).
  29. Новикова Е.Ю., Иванов А.А. Минимальные стандарты проведения рутинных ЭЭГ-обследований и ЭЭГ сна IFCN & ILAE 2023: общий обзор и оценка применимости в России. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2024; 16 (3): 281–90. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2024.189>.
  29. Novikova E.Yu., Ivanov A.A. 2023 IFCN & ILAE minimum recording standards for routine and sleep EEG. Applicability assessment in

- Russia. *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions*. 2024; 16 (3): 281–90 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2024.189>.
30. Иванов А.А. Обзор вариантов расчета индекса эпилептиформной активности на ЭЭГ. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2024; 16 (4): 402–8. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2024.203>.  
Ivanov A.A. Methods for calculating EEG-based epileptiform activity index. *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions*. 2024; 16 (4): 402–8 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2024.203>.
31. Иванов А.А. Современные возможности программного обеспечения по формированию заключений рутинного ЭЭГ-исследования. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2025; 17 (1): 101–13. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2025.204>.  
Ivanov A.A. Current software opportunities for generating routine EEG reports. *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions*. 2025; 17 (1): 101–13 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2025.204>.
32. Иванов А.А. Микросостояния ABCD: новое слово в математическом анализе ЭЭГ. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2025; 17 (2): 243–50. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2025.212>.  
Ivanov A.A. ABCD microstates: a new word in EEG mathematical analysis. *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions*. 2025; 17 (2): 243–50 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2025.212>.
33. Мельникова Е.А., Разумов А.Н. Нейрофизиологический контроль состояния больных с инсультом в период реабилитации. *Доктор.Ру*. 2014; 13: 10–4.
- Melnikova E.A., Razumov A.N. Neurophysiological monitoring of stroke patients during rehabilitation. *Doctor.Ru*. 2014; 13: 10–4 (in Russ.).
34. Костенко Е.В., Котельникова А.В., Петрова Л.В. и др. Психофизиологические технологии с биологической обратной связью в реабилитации пациентов после инсульта: рандомизированное контролируемое исследование. *Вестник восстановительной медицины*. 2025; 24 (1): 55–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-55-66>.  
Kostenko E.V., Kotelnikova A.V., Petrova L.V., et al. The psychophysiological technology with biofeedback in complex rehabilitation of post-stroke patients: a randomized controlled study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2025; 24 (1): 55–66 (in Russ.). <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-55-66>.
35. Hu Y., Wang Y., Zhang R., et al. Assessing stroke rehabilitation degree based on quantitative EEG index and nonlinear parameters. *Cogn Neurodyn*. 2023; 17 (3): 661–9. <https://doi.org/10.1007/s11571-022-09849-4>.
36. Костенко Е.В., Петрова Л.В., Лебедева А.В., Бойко А.Н. Комплексная реабилитация пациентов с постинсультной спастичностью руки в амбулаторно-поликлинических условиях. *Нервные болезни*. 2013; 3: 30–8.  
Kostenko E.V., Petrova L.V., Lebedeva A.V., Boyko A.N. Comprehensive rehabilitation of patients with post-stroke spasticity of the arm in outpatient settings. *Nervous Diseases*. 2013; 3: 30–8.
37. Garcia-Rodriguez N., Garcia-Gabilondo M., Rodriguez S., et al. Identifying new blood biomarkers of neuroplasticity associated with rehabilitation outcomes after stroke. *Sci Rep*. 2025; 15 (1): 38047. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-21936-0>.

#### Сведения об авторах / About the authors

**Семёнов Владимир Александрович**, д.м.н., проф. / **Vladimir A. Semenov**, Dr. Sci. Med., Prof. – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8958-6495>. eLibrary SPIN-code: 9741-3771.

**Громов Андрей Николаевич** / **Andrey N. Gromov** – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7507-191X>. WoS ResearcherID: C-7476-2018. Scopus Author ID: 7102053964. eLibrary SPIN-code: 8034-7910. E-mail: [gromlogin@gmail.com](mailto:gromlogin@gmail.com).

**Горный Борис Эммануилович** / **Boris E. Gorny** – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9589-0186>. WoS ResearcherID: J-9777-2017. Scopus Author ID: 57194728406.