

Инновационные стратегии проектирования реабилитационных маршрутов: биомеханический анализ и адаптивные механизмы



Мовсисян Ваграм Араратович, врач ФРМ, ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн №3 ДЗМ»

Сочи, 2026

От МКФ к персонализированным программам с БОС и ИИ

Динамические ИПМР вместо статичных перечней процедур

Три столпа: биомеханика, мультидисциплинарность, БОС

Доказательная настройка под реальные функциональные возможности

От субъективности к объективным данным

Визуальная оценка движений субъективна и не видит микроотклонений

Биомеханический анализ переводит наблюдения в количественные показатели

Это позволяет точно фиксировать прогресс и корректировать программу

МКФ как фундамент ИПМР

Категориальный профиль: матрица ограничений и нарушений по 5-балльной шкале (0–4)

Оценка включает не только двигательные, но и социальные параметры

Повторная оценка профиля фиксирует прогресс математически точно

Пример: у пациента после ампутации оцениваем: мышечный тонус, паттерн ходьбы, контроль движений, навыки самообслуживания, готовность к труду.

Мультидисциплинарная команда как залог эффективности

Врачи, реабилитологи — цели и безопасность

ЛФК-специалисты — подбор упражнений и прогрессия

Психологи — работа с кинезиофобией, мотивацией

Эрготерапевты — навыки самообслуживания и труда

При необходимости: логопеды, социальные работники

Пример: у пациента после ампутации оцениваем: мышечный тонус, паттерн ходьбы, контроль движений, навыки самообслуживания, готовность к труду.

Ключевые группы биомеханических параметров

Группа параметров	Что оценивают	Что показывает
Пространственно-временные	Длина шага, скорость, темп	Эффективность локомоции
Временные (фазовые)	Фаза опоры, переноса, ритмичность	Устойчивость и симметрию
Кинематические	Углы в суставах, траектории	Амплитуду и компенсаторные паттерны
Кинетические	Силы реакции опоры, моменты	Нагрузку на ткани и распределение веса
ЭМГ	Активность мышц, последовательность	Мышечную синергию и утомление

Технологии объективизации диагностики

Стабилометрия: контроль позы и баланса

- Системы захвата движений (Vicon, Qualisys): эталон для 3D-кинематики
- Инерциальные датчики (IMU): быстрая оценка 20+ параметров без лаборатории
- Динамометрические платформы: силовые компоненты и устойчивость
- Подометрия (ДиаСлед): распределение давления на стопу
- пЭМГ: мышечная активность и БОС
- 3D-видеоанализ: комплексное обследование

От данных к адаптированной программе

Индивидуальные профили походки классифицируют пациентов и выявляют ключевые дефициты

Программа целенаправленно устраняет выявленные нарушения

Примеры: болезнь Паркинсона, эндопротезирование, артродез

Примеры:

Паркинсон: укороченный шаг, снижение амплитуды в суставах → акцент на длину шага и амплитуду

Эндопротез: настройка разгрузки веса и скорости ходьбы → рост длины шага и скорости

Артродез: установка + ФЭС → восстановление скорости и ритмичности

Роботы, БОС, VR/AR, ИИ, носимые сенсоры

- Роботизированная механотерапия (Lokomat, Armeo): точная настройка нагрузки и разгрузк
- БОС на основе ЭМГ и стабил платформ: обучение контролю мышц и
- VR/AR: адаптивный контент под текущие показатели пациента
- ИИ и машинное обучение: анализ движений в реальном времени, прогноз рисков
- Носимые сенсоры: мониторинг вне клиники, телереабилитация
- Цифровые двойники: виртуальное тестирование протоколов

Постулаты, на которых строится восстановление

Оперативность: ЛФК сразу после стабилизации состояния

Персонализация: под функциональный дефицит и профиль пациента

Интегративный подход: упражнения + фармакология + физиотерапия

Прогрессивность: дозированное увеличение нагрузки

Непрерывность: перерывы >48–72 часов нивелируют прогресс

Физиологическая подготовка: разминка и заминка

Безопасность: контроль ЧСС, АД, ЭКГ

Доказательность: регулярная перепроверка параметров

Куда движется отрасль?

Персонализированная медицина: учёт генетических маркеров регенерации

Цифровые двойники: виртуальная апробация протоколов

ИИ-аналитика: безмаркерный видеоанализ для доступности

Дистанционный мониторинг: носимые сенсоры и телереабилитация

Иммерсивные технологии: VR с автоматической адаптацией сложности

Заключение и выводы

ИПМР — это динамическая система, основанная на объективных данных

МКФ + биомеханика + мультидисциплинарность = доказательная персонализация

Технологии (роботы, БОС, VR, ИИ, сенсоры) усиливают точность и эффективность