УДК 615.471: 617.576

УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ КИСТИ – ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ ОБЩИХ ПОДХОДОВ К СОЗДАНИЮ ТРЕНАЖЕРОВ

[1]Новиков А.В., [1]Мотякина О.П., [1]Щедрина М.А., [1]Донченко Е.В.

[1]ФГБУ «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Нижний Новгород, e-mail: info@nniito.ru

Сформулированы общие медико-технические требования к техническим устройствам для реабилитации пациентов с двигательными нарушениями, обеспечивающие возможность качественного и количественного подбора упражнений, полифункционального воздействия, учета кинематических особенностей сегмента. На основании этих требований разработан оригинальный тренажер для тренировки сгибания-разгибания кисти. Тренажер позволяет дозировать силу и амплитуду движений кисти, дает возможность тренировки больных даже со значительными функциональными нарушениями. Для доказательства его эффективности проведен сравнительный анализ результатов лечения двух групп больных с переломами лучевой кости в типичном месте, осложненном развитием комплексного регионарного болевого синдрома. Установлено, что использование предлагаемого тренажера в общем комплексе реабилитационных мероприятий приводит к увеличению амплитуды движений (разгибание в лучезапястном суставе) и снижению сроков реабилитации. Тренажер портативен, полифункционален, дешев в исполнении, что позволяет рекомендовать его к широкому применению в практике.

Ключевые слова: кисть, реабилитация, кинезотерапия, тренажеры, перелом луча в типичном месте, амплитуда движений.

THE DEVICE FOR REHABILITATION OF THE HAND - AN EXAMPLE OF THE IMPLEMENTATION OF COMMON APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF TRAINING SIMULATORS

[1]Novikov A.V., [1]Motyakina O.P., [1]Shchedrina M.A., [1]Donchenko E.V.

[1]Federal State Budgetary Institution "Privolzhsky Federal Research Medical Centre" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Nizhny Novgorod, e-mail: info@nniito.ru

In this article there were formulated general medical and technical requirements for the devices for rehabilitation of patients with movement disorders, providing the opportunity of qualitative and quantitative selection of exercises, multifunctional effects taking into account the kinematic characteristics of the segment. Based on these requirements, the original training simulator for the hand flexion-extension exercises was developed. The simulator allows to dose strength and amplitude of movements of the hand, makes it possible to exercise patients, even with significant functional impairment. To prove its effectiveness, a comparative analysis of the results of treatment in two groups of patients with fractures of the radial bone in a typical location complicated by the development of complex regional pain syndrome was performed. It was demonstrated that the use of proposed simulator as a part of the whole complex of rehabilitation measures increases the range of motion (extension in the wrist joint) and reduces the duration of rehabilitation. The simulator is portable, polyfunctional and inexpensive, which allows to recommend it for wide use in practice.

Keywords: hand, rehabilitation, kinesitherapy, simulators, fracture of the arm radial bone in a typical location, range of motion.

В последние годы в нашей стране наблюдается тенденция к снижению травматизма среди взрослого населения, однако его показатель остается достаточно высоким и составляет 85,3 на 1000 человек [1]. Из общего числа травм 30% приходится на повреждения кисти, после которых у 70,7% больных развиваются контрактуры, снижение силы, расстройства координации, требующие восстановительного лечения [3; 4]. Важнейшей составляющей реабилитации является двигательная терапия, в том числе тренажерная гимнастика [5; 6]. В соответствии с решаемыми лечебными задачами её методики должны подразумевать

адекватный качественный (по направленности воздействия) и количественный (по величине нагрузки и амплитуды) подбор упражнений, выполняемых с помощью специальных технических средств.

Занятия на аппаратах с пневмоприводами, биологической обратной связью, роботизированных комплексах включены в стандарты оказания медицинской помощи больным с последствиями травм и заболеваниями опорно-двигательной системы. В настоящее время отечественный рынок насыщен импортными тренажерами для реабилитации больных с двигательными нарушениями. Недостатками таких тренажеров являются высокая стоимость, которая делает их малодоступными для учреждений практического здравоохранения, необходимость специального обучения персонала, а также определенные трудности в эксплуатации и техобслуживании. Таким образом, вопросы разработки новых технических средств реабилитации, обладающих полифункциональным воздействием и позволяющих дозировать нагрузку, приобретают особую значимость в свете проблемы импортозамещения.

На наш взгляд, технические устройства для двигательной терапии должны обеспечивать возможность:

- локальной тренировки поврежденного сегмента;
- выполнения движений с учетом кинематических особенностей суставов вокруг всех возможных осей;
- осуществления всех видов движений (активных с дозируемой нагрузкой, пассивных с дозируемым усилием), а также выполнения лечебных укладок;
- тренировки силы, амплитуды, координации движений;
- использования различных режимов мышечной деятельности (изотонического, изометрического, ауксотонического) в соответствии с задачами тренировки;
- диагностики, контроля, управления и обратной связи.

Условно каждый такой тренажер можно представить в виде двух составляющих:

1) ложемента(ов) для обеспечения адекватного исходного положения, опоры и фиксации;

2) тренирующего модуля, обеспечивающего выбор параметров тренировки.

Конструкция съемных ложементов должна соответствовать антропометрическим параметрам пациента; обеспечивать возможность тренировки как правых, так и левых конечностей; иметь не травмирующие поверхности; не накапливать статическое электричество; допускать возможность обработки моющими средствами.

Мы определили некоторые технические характеристики тренажеров для реабилитации больных с последствиями травм и заболеваний верхней конечности (табл. 1).

Таблица 1

Технические характеристики тренажеров для реабилитации больных с двигательными нарушениями верхней конечности

Сустав	Модуль сменных ложементов			Тренирующий модуль		
	Фиксируемые части ложементов	Выполняемые движения	Плоскость и диапазон движения	Диапазон усилия (Нм)		Длитель-ность цикла движения (сек)
				пациента (акт.движ.)	привода (пасс.движ.)	
Плечевой	1) фиксируется на плечевом поясе; 2) фиксируется на плече; длина регулируемая, от 10 до 20 см	экстензия и флексия плеча	S 60-0-180°	0-150	0-250	1-20
		абдукция и аддукция плеча	F 180-0-0°	0-80	0-250	1-20
		горизонтальная экстензия и горизонтальная флексия плеча	T 30-0-135°	0-50	0-250	1-20
		наружная и внутренняя ротация плеча	R 90-0-90°	0-50	0-250	1-20
Локтевой	1) фиксируется на плече; длина регулируемая, от 10 до 20 см; 2) фиксируется на предплечье; длина регулируемая, от 10 до 15 см	экстензия и флексия предплечья	S 0-0-150°	0-100	0-200	1-15
Луче-локтевой	1) фиксируется на плече; длина регулируемая, от 10 до 20 см; 2) пальцы кисти фиксированы на рукоятке; длина рукоятки 10-11 см; диаметр рукояток 3 и 5 см (сменные рукоятки)	супинация и пронация предплечья	R 90-0-90°	0-50	0-100	1-10
Луче-запястный	1) фиксируется на предплечье; длина регулируемая, от 10 до 15 см 2) пальцы кисти фиксированы на рукоятке; расстояние от оси вращения до рукоятки регулируемое, от 8 до 11 см; длина рукоятки 10-11 см; диаметр рукояток 3 и 5 см (сменные рукоятки)	экстензия и флексия кисти	S 70-0-80°	0-80	0-100	1-10
		абдукция и аддукция кисти	F 20-0-50°	0-50	0-100	1-10

С учетом сформулированных требований нами разработано и изготовлено «Устройство для тренировки сгибания-разгибания кисти» [2].

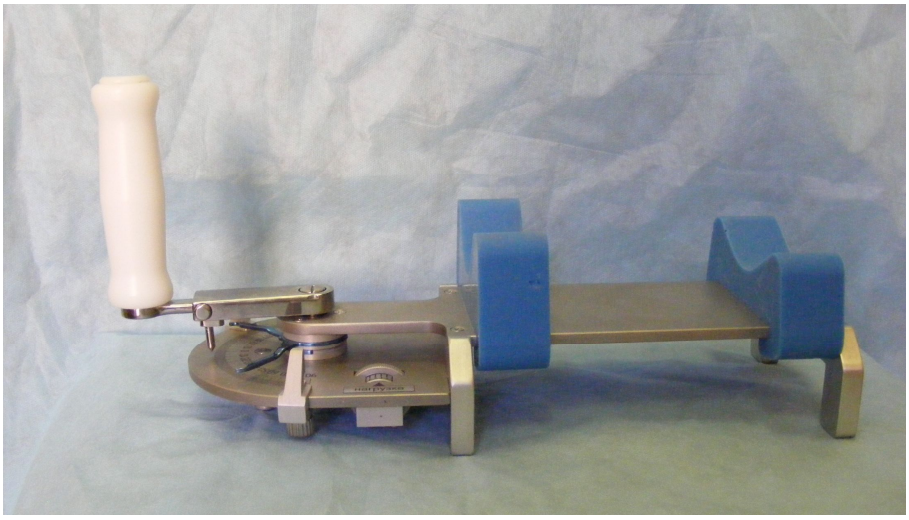

Рис. 1. Общий вид тренажера

Тренажер (рис. 1) состоит из ложемента для предплечья, обеспечивающего адекватное исходное положение, и собственно тренирующего модуля. На оси закреплен рычаг со сменной рукояткой, поворачивающийся на 90 градусов в каждую сторону. Аппарат снабжен нагружающим механизмом (рис. 2), имеющим цифровую индикацию. На краю платформы закреплены ограничители движений, позволяющие обезопасить тренировку и делающие возможным проведение процедуры даже пациентам в периоде «съемной лонгеты».

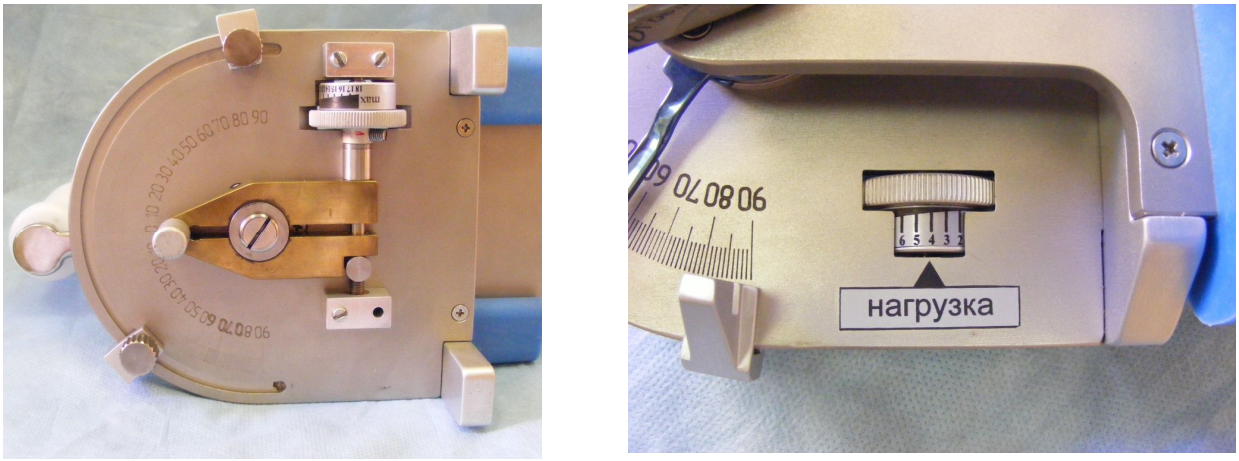

Рис. 2. Нагружающий механизм тренажера

Устройство работает следующим образом. Пациент укладывает предплечье на опоры, расположенные в соответствии с его размерами; пальцами кисти обхватывает рукоятку; ось лучезапястного сустава необходимо совместить с осью устройства, для этого предусмотрен механизм со стопорной защелкой. Врач или инструктор устанавливает в нужное положение ограничители; затем задает необходимую нагрузку, вращая лимб нагружающего механизма. Пациент выполняет активное сгибание и разгибание кисти с заданными амплитудой и

нагрузкой (рис. 3). Указатель и шкала визуализируют положение кисти по отношению к предплечью, а стрелки-индикаторы указывают диапазон выполненных движений.

Рис. 3. Тренировка сгибания-разгибания кисти

Таким образом, тренажер позволяет дозировать силу и амплитуду движений кисти, а также дает возможность тренировки с биологической обратной связью благодаря визуализации параметров. Наличие сменных рукояток и ограничителей движений позволяет использовать устройство в терапии больных даже со значительными функциональными нарушениями.

Для доказательства эффективности использования тренажера в клинической практике мы провели сравнительный анализ результатов реабилитации двух групп пациентов женского пола с переломом лучевой кости в типичном месте, осложненным развитием комплексного регионарного болевого синдрома (КРБС).

Всем больным назначали курс восстановительного лечения, включающий кинезо- и физиотерапию, медикаментозную коррекцию.

Лечебными задачами кинезотерапии были оптимизация локальной трофики, увеличение подвижности травмированной руки, формирование и тренировка захвата кистью. ЛФК включала активные и пассивные упражнения для суставов руки в сочетании с массажем сегментарной зоны и «отсасывающим» массажем верхней конечности. Пассивная гимнастика, выполняемая с помощью инструктора, исключала грубые насильственные движения, которые могли бы привести к усилению боли и отечности.

В качестве рабочей гипотезы было выдвинуто предположение, что при сходных (по характеру и выраженности) функциональных нарушениях в начале курса лечения, одинаковом базовом курсе реабилитационных мероприятий применение разработанного нами тренажера должно привести к более существенному приросту диапазона движений в суставах кисти.

Методом простой рандомизации группа больных из 54 человек была разбита на две по 27 человек в каждой. Один пациент не смог окончить курс лечения по семейным обстоятельствам. Таким образом, отнесение пациентов к группе производилось путем вскрытия заранее подготовленных конвертов.

Тренажер использовался во второй группе.

Для объективизации состояния больных оценивали выраженность болевого синдрома (по визуально-аналоговой шкале), отека кисти, амплитуду движений в суставах пальцев (по методу Бойеса) и лучезапястном суставе.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием параметрических критериев, поскольку распределение в данных выборках отличалось от нормального. Гипотезу о равенстве медиан проверяли с помощью критерия Манна-Уитни, об изменении показателя в процессе лечения – с помощью критерия Вилкоксона. Описание данных приводим в виде медианы, первого и третьего квартилей, минимального и максимального значений (Me (25%;75%), Min-Max). Уровень статистической значимости принят равным 0,05.

Несмотря на то что во II группе возраст больных был несколько выше, выраженность болевого синдрома, отека, нарушения амплитуды движений в начале лечения была в обеих группах практически одинаковой (табл. 2).

Таблица 2

Выраженность клинико-функциональных нарушений
у пациентов сравниваемых групп в начале лечения

Клинико-функциональные нарушения	I группа (n=27) Me (25%;75%) Min-Max	II группа (n=26) Me (25%;75%), Min-Max	p
Возраст	56 (49;60), 37-68	59 (54;67), 38-73	0,07
Боль (мм по ВАШ)	58 (50;65), 0-87	57,5 (35;70), 3-92	0,87
Отек (мм)	18 (15;25), 5-30	20 (8;25), 2-40	0,88
Дефицит ладонного сгибания (мм)	60 (40;100), 10-100	60 (40;75), 5-120	0,99
Сгибание в лучезапястном суставе (град.)	30 (20;40), 10-60	32.5 (25;45), 0-70	0,60
Разгибание в лучезапястном суставе (град.)	20 (10;25), 0-70	22,5 (10;30), 0-60	0,42

В обеих группах в процессе реабилитации произошло статистически значимое снижение отека, болевого синдрома, улучшение схвата кисти. За исключением разгибания в лучезапястном суставе показатели в группах при завершении реабилитации статистически значимо не различались (табл. 3). Прирост разгибания во II группе был значимо больше.

Следует отметить, что и продолжительность курса лечения для достижения поставленных целей у этих пациентов оказалась меньше.

Таблица 3

Выраженность клинико-функциональных нарушений
у пациентов сравниваемых групп по окончании лечения

Клинико-функциональные нарушения	I группа (n=27)		II группа (n=26)		p**
	Me (25%;75%) Min-Max	p*	Me (25%;75%) Min-Max	p *	
Боль (мм по ВАШ)	25 (15;30), 0-60	0,000008	27,5 (15;45), 0-58	0,000012	0,70
Отек (мм)	8 (4;10), 2-30	0,000146	6 (3;15)	0,000119	0,74
Дефицит ладонного сгибания (мм)	35 (15;60), 0-80	0,000008	40 (25;60), 0-115	0,000008	0,53
Сгибание в лучезапястном суставе (град.)	45 (15;60), 15-65	0,000008	45 (25;60), 20-80	0,000008	0,46
Разгибание в лучезапястном суставе (град.)	25 (15;35), 5-70	0,000040	40 (25;45), 0-70	0,000012	0,012
Прирост сгибания за курс	10 (5;15), 0-30		10 (10;15), 5-30		0,21
Прирост разгибания за курс	5 (5;10), 0-15		10 (10;20), 0-45		0,000027
Срок лечения	18 (16;21), 11-28		15 (14;17), 10-48		0,0047

* – при сравнении до и после лечения (критерий Вилкоксона). Для показателей измеряемых дважды;

** – при сравнении групп (критерий Манна-Уитни).

Мы отдаем себе отчет в том, что наше исследование является предварительным и не отличается высоким уровнем доказательности. Тем не менее полученные по одному из показателей (разгибание в лучезапястном суставе) результаты оказались лучше, чем в группе сравнения, а по остальным сопоставимые, что подтверждает эффективность применения разработанного тренажера в общем комплексе реабилитационных мероприятий у больных с патологией кисти.

Тренажер дешев в исполнении, портативен, полифункционален, поэтому может быть востребован широкой группой потребителей: поликлиниками, стационарными отделениями травматологии, ортопедии, неврологии, государственными и коммерческими центрами и отделениями реабилитации, кабинетами лечебной физкультуры, санаторно-курортными учреждениями, а также частными потребителями для проведения кинезотерапии в домашних условиях.

В перспективе возможна разработка подобных устройств для всех отделов верхних и

нижних конечностей и использование их в качестве модулей управляемого экзоскелета человека.

Мы полагаем, что использование разработанного нами тренажера в общем комплексе восстановительного лечения приведет к улучшению функциональных результатов, сокращению сроков пребывания больных в стационаре, уменьшению сроков нетрудоспособности, снижению уровня инвалидизации, улучшению качества жизни пациентов.

Список литературы

1. Андреева Т.М. Травматизм, ортопедическая заболеваемость, состояние травматолого-ортопедической помощи населению России в 2012 году / Т.М. Андреева, Е.В. Огрызко, М.М. Попова. – М., 2015. – 131 с.
2. Мотякина О.П., Щедрина М.А., Новиков А.В. Устройство для тренировки сгибания-разгибания кисти : патент РФ № 2550662, 10.04.2015.
3. Новиков А.В. Методологические основы реабилитации больных с последствиями травм и заболеваний кисти : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Н. Новгород, 2003. – 18 с.
4. Овчинников Д.В. Новые подходы к оказанию хирургической помощи пострадавшим с травмой кисти // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – 2012. – Т. 15, № 2 (41) – Прил. «Материалы IV Всероссийского съезда кистевых хирургов с международным участием». – С. 89-90.
5. Szczechowicz J. Restoration of hand function and ability to perform activities of daily living following surgery for carpal tunnel syndrome / J. Szczechowicz, M. Pieniazek, M. Pelczar-Pieniazek // Ortop. Traumatol. Rehabil. – 2008. – Vol. 10, № 2. – P. 152-167.
6. Vavra-Hadziahmetovic N. Kinezitherapy – fatigue or function / N. Vavra-Hadziahmetovic, K. Miladinovic // Med. Arh. – 2007. – V. 61, № 2. – P. 107-108.