

DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpr114786>

# Восстановление антигравитационных мышц у пациентов с последствиями травм конечностей

Д.А. Сомов, М.Р. Макарова, Е.А. Майоров

Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** На протяжении последних лет травматизм стабильно входит в первые 7 лидирующих классов в структуре общей заболеваемости, а по распределению численности лиц в возрасте 18 лет и более, впервые признанных инвалидами, — в первые 6 причин инвалидности.

**Цель исследования** — изучение клинической эффективности и безопасности авторской методики у пациентов после травм нижних и верхних конечностей на втором этапе медицинской реабилитации.

**Материал и методы.** В исследование вошли 105 пациентов, перенёсших травмы, из них 37 (35,2%) мужчин и 68 (64,8%) женщин. Пациенты методом простой рандомизации были разделены на 2 группы наблюдения: пациенты основной группы ( $n=53$ ) в дополнение к стандартной реабилитационной программе занимались укреплением мышц туловища на тренажёре с биологической обратной связью Tergumed Pegasus 3D (Германия), на курс 7–10 процедур; в контрольной группе ( $n=52$ ) пройден только курс медицинской реабилитации по стандартной программе второго этапа продолжительностью 10–14 дней. В комплексное восстановительное лечение больных входили стандартная медикаментозная терапия, курсы массажа, физиолечение, групповые занятия лечебной физкультурой. Результаты лечения оценивали с помощью визуальной аналоговой шкалы (ВАШ), анкеты оценки здоровья (HAQ), индекса Лекена, времени прохождения расстояния 20 м. Анализ данных включал сравнение зависимых рядов переменных и методы описательной статистики. Вид распределения данных (параметрическое или непараметрическое) оценивался с помощью критериев Шапиро–Уилка и Колмогорова–Смирнова. Статистическую значимость различий между зависимыми группами оценивали с применением критериев Вилкоксона и Манна–Уитни. За уровень статистической значимости ( $p$ ) было принято значение 0,05.

**Результаты.** Все измеренные показатели достоверно улучшились ( $p < 0,001$ ). В основной группе, по сравнению с контрольной, статистически значимо увеличилась скорость ходьбы, также отмечена тенденция к более выраженному положительному изменению индексов Лекена и HAQ, уровня боли по ВАШ.

**Заключение.** Предложенная нами методика тренировок с участием антигравитационных мышц туловища эффективна для пациентов после травм конечностей на втором этапе медицинской реабилитации.

**Ключевые слова:** БОС-тренировка; антигравитационные мышцы; реабилитация; травмы.

## Как цитировать:

Сомов Д.А., Макарова М.Р., Майоров Е.А. Восстановление антигравитационных мышц у пациентов с последствиями травм конечностей // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2022. Т. 21, № 4. С. 237–244. DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpr114786>

DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpr114786>

# Recovery of anti-gravity muscles in patients with consequences of limb injury

Dmitry A. Somov, Marina R. Makarova, Egor A. Maiorov

Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Over the past years, injuries have been consistently included in the first seven leading classes in the structure of general morbidity, and in the distribution of the number of people aged 18 years and over who were first recognized as disabled, they are included in the first six causes of disability.

**AIM:** to study the clinical efficacy and safety of the author's technique, in patients after injuries of the lower and upper extremities at the second stage of medical rehabilitation.

**MATERIALS AND METHODS:** The study included 105 patients who had suffered injuries. 37 (35.2%) men, 68 (64.8%) women. The patients were randomly divided into 2 observation groups: the main group ( $n=53$ ), whose patients, in addition to the standard rehabilitation program, were trained on the biofeedback simulator Tergumed Pegasus 3D (Germany), a course of 7–10 procedures, and the control group ( $n=52$ ), whose patients underwent a course of medical rehabilitation only according to the standard program of the 2nd stage, lasting 10–14 days. The complex rehabilitation treatment of patients included standard drug therapy, massage courses, physiotherapy, group exercise therapy. Treatment outcomes were assessed using the VAS (Visual Analog Scale), HAQ (Health Assessment Questionnaire), Lequesne index, and 20-m walking time scales. Data analysis included comparison of dependent series of variables and descriptive statistics methods. The type of data distribution (parametric or nonparametric) was assessed using the Shapiro–Wilk and Kolmogorov–Smirnov tests. The statistical significance of differences between dependent groups was assessed using the Wilcoxon and Mann–Whitney tests. The value of  $p=0.05$  was taken as the level of statistical significance.

**RESULTS:** All measured indicators improved significantly ( $p < 0.001$ ). In the main group, compared with the control group, there was a statistically significant increase in walking speed, and there was a tendency to a more pronounced positive change in the Lequesne and HAQ indices, the level of pain according to VAS, compared with the control group.

**CONCLUSION:** Our proposed method of training with the participation of antigravity muscles trunk is effective for patients after limb injuries at the 2<sup>nd</sup> stage of medical rehabilitation.

**Keywords:** biofeedback; back muscles; rehabilitation; injury.

## To cite this article:

Somov DA, Makarova MR, Maiorov EA. Recovery of anti-gravity muscles in patients with consequences of limb injury. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation*. 2022;21(4):237–244. DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpr114786>

Received: 08.10.2022

Accepted: 10.11.2022

Published: 10.03.2023

## ОБОСНОВАНИЕ

На протяжении последних лет травматизм стабильно входит в один из лидирующих классов в структуре общей заболеваемости. В 2017 г. в мире зарегистрировано около 576 млн случаев травм [1]. В Российской Федерации, по данным Росстата [2], травматизм составил 7523,3 на 100 тыс. населения в 2020 г., а среди лиц в возрасте 18 лет и старше, впервые признанных инвалидами, входит в первые 6 причин инвалидности (17,5 тыс. от общего показателя 559,3 тыс. в 2020 г.). По числу случаев временной утраты трудоспособности вследствие травм в 2020 г. показатель составил 1 616 014 и занял третье место после болезней органов дыхания и болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани. В 2020 г. в структуре травм, отравлений и некоторых других воздействий внешних причин лидирующие позиции занимали травмы верхних (34,7%) и нижних (33,2%) конечностей.

Изменение структуры травматизма, наблюдаемое в последнее время, в виде увеличения тяжести повреждений и доли сочетанных и множественных травм, частота которых достигает 55–80%, обуславливает высокую летальность и инвалидизацию лиц молодого трудоспособного возраста<sup>1</sup> [3].

Хирургическое лечение переломов является современной, общепризнанной и распространённой практикой и требует применения специальных обоснованных методов медицинской реабилитации.

Одним из синдромокомплексов, замедляющих функциональное восстановление после травм нижних конечностей, является боль в спине. В основе его развития, согласно имеющимся на сегодняшний день научным данным, лежит снижение активности четырёхглавой мышцы бедра, которое в сочетании с компенсаторным увеличением активности мышцы, выпрямляющей позвоночник с контралатеральной стороны, приводит к нарушению поддержания вертикального положения тела [4].

Эргономичное вертикальное положение тела поддерживается за счёт выравнивания положения позвоночника, таза и нижних конечностей, а также силы мышц туловища и нижних конечностей. Поза меняется с возрастом вследствие дегенеративных изменений вовлечённых мышечно-фасциальных, связочных и костных структур. Согласно недавно проведённым исследованиям, механизмы, лежащие в основе этих изменений, заключаются в сглаживании поясничного лордоза, ретроверсии таза, разгибании бедра, сгибании колена и тыльном сгибании

голеностопного сустава. Эти механизмы приводят к развитию синдромов, получивших названия hip-spine (бедро–позвоночник), spine-hip (позвоночник–бедро), knee-spine (колени–позвоночник), spine-knee syndromes (синдромы тазобедренного сустава). Позвоночник, бедро и колени связаны анатомически, поэтому боль и дискомфорт в пояснице, бедре и колени часто возникают из-за дегенеративных изменений этих структур и сопровождаются друг друга [5].

Механизм возникновения посттравматической боли в нижних конечностях и в спине в значительной степени связан с изменением статических и динамических постральных реакций, что является обоснованием для коррекции патологических функционально невыгодных компенсаций. В частности, в работе V.K. Stevens и соавт. [6] показано, что в многораздельной поясничной мышце, в отличие от других мышц спины, зарегистрирован высокий уровень активности как во время упражнений на разгибание, так и упражнений на сгибание. Поскольку многораздельная поясничная мышца является важной мышцей в сегментарной стабилизации поясничного отдела позвоночника, включение её тренировки с помощью специальных тренажёров в программы медицинской реабилитации является обоснованным. В работе A. Sasaki и соавт. [7] показано, что сокращения мышц туловища способствовали повышению активности мышц верхних конечностей за счёт активизации как кортикоспинальных, так и подкорковых нейронных связей, что также может свидетельствовать о целесообразности включения тренировок антигравитационных мышц туловища в программу реабилитации пациентов с травмами не только нижних, но и верхних конечностей.

**Цель исследования** — изучение клинической эффективности и безопасности авторской методики [8] у пациентов после травм нижних и верхних конечностей на втором этапе медицинской реабилитации.

Задачами исследования являлись оценка максимальной изометрической силы мышц туловища у пациентов после травм конечностей на втором этапе медицинской реабилитации, анализ эффективности предложенной нами методики тренировок у пациентов с последствиями травм конечностей.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Рандомизированное контролируемое клиническое исследование.

### Условия проведения

Исследование проводилось на базе филиала № 3 ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения города Москвы.

<sup>1</sup> Об итогах работы Министерства здравоохранения Российской Федерации в 2015 году и задачах на 2016 год: Доклад Министра здравоохранения Российской Федерации В.И. Скворцовой на заседании итоговой Коллегии Минздрава России [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attach/000/030/213/original/Доклад\\_Министра\\_здравоохранения\\_Российской\\_Федерации](https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attach/000/030/213/original/Доклад_Министра_здравоохранения_Российской_Федерации).

## Критерии соответствия

**Критерии включения:** возраст пациентов от 19 до 76 лет; ранний и поздний восстановительные периоды после травм. Основным критерием включения в основную группу было желание пациента дополнительно заниматься на специальном тренажёре, в группу сравнения — прохождение второго этапа медицинской реабилитации после травмы.

**Критерии исключения:** когнитивные нарушения в стадии деменции; тромбоз; декомпенсация соматической патологии.

## Описание медицинского вмешательства

Исследовалась клиническая эффективность запатентованной ранее методики в параллельных группах.

Участники исследования ( $n=105$ ) были разделены на 2 группы наблюдения случайным образом (методом простой рандомизацией): пациенты основной группы ( $n=53$ ) в дополнение к стандартной реабилитационной программе занимались на тренажёре с биологической обратной связью (БОС), в контрольной группе ( $n=52$ ) пациенты проходили только курс медицинской реабилитации по стандартной программе второго этапа.

В комплексное восстановительное лечение больных входили стандартная медикаментозная терапия, курсы массажа, физиолечение, групповые занятия лечебной физкультурой.

## Методы регистрации исходов

С целью объективной регистрации изменений состояния статолокомоторных функций на фоне проводимой реабилитации всем участникам исследования ( $n=105$ ) до и после курса лечения проводилось физикальное обследование, а пациентам основной группы ( $n=53$ ) — дополнительно объективная оценка состояния мышц туловища при помощи диагностического модуля — тренажёра Tergumed Pegasus 3D (Proxomed Medizintechnik GmbH, Германия).

Тренажёр Tergumed Pegasus 3D включает специальное кресло со встроенными тензодатчиками, персональный компьютер и программное обеспечение, позволяющее обрабатывать данные о силе давления, получаемые с тензодатчиков. Обследование заключается в следующем: испытуемый располагается в кресле босиком, стопы устанавливаются на платформе, регулируемой по высоте таким образом, чтобы угол сгибания в коленных суставах пациента был 90°. Во время регистрации обследуемый фокусирует взгляд на шаблоне кривой, загорающей на мониторе, и, управляя силой собственного давления на датчики, совмещает кривую, отображающую уровень силы его давления, с шаблонной. Этим обеспечивается принцип БОС через зрительный анализатор. Экран монитора расположен на расстоянии 2 м от обследуемого. Получаемые данные формируются в таблице Microsoft Excel персонального компьютера.

Процедура механотерапии для пациентов основной группы состояла в следующем. Пациент выполняет давление на датчик тренажёра, пытаясь осуществить наклон туловища вперёд (сгибание), затем назад (разгибание), затем боковой наклон влево, затем вправо, затем повороты влево и вправо. Каждое упражнение выполняется по 10 раз, в 2 подхода, с паузой между подходами 10 сек. Каждое повторение длится 4 сек, время воздействия — 20–30 мин, на курс 6–10 процедур. Такое сочетание последовательности вовлечения мышечных групп в процедуру с количеством повторений, подходов, временем на каждое повторение и паузой между подходами позволяет повысить зависимость «доза–эффект», что способствует повышению терапевтической эффективности процедур изометрической БОС-тренировки.

Анкета оценки здоровья (Health Assessment Questionnaire, HAQ) включала 20 вопросов относительно повседневной активности по шкале от 0 до 3 баллов, где 0 характеризует нормальную, ненарушенную активность, а 3 — полное её отсутствие.

Индекс Лекена оценивался по одноимённой шкале от 0 до 6 баллов, где 0 характеризует сохранение функции, а 6 — максимальное её нарушение.

## Этическая экспертиза

Каждый обследуемый был проинформирован о дизайне исследования и подписал письменное добровольное согласие на участие в нём.

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения города Москвы (протокол заседания № 1 от 21.01.2021).

## Статистический анализ

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с применением лицензионной программы IBM SPSS Statistics 16.0 (США) и программы Microsoft Excel 2007. Анализ данных включал сравнение зависимых рядов переменных и методы описательной статистики. Вид распределения данных (параметрическое или непараметрическое) оценивался с помощью критериев Шапиро–Уилка и Колмогорова–Смирнова. Статистическую значимость различий между зависимыми группами оценивали с применением критериев Вилкоксона и Стьюдента, для независимых групп использовали критерий Манна–Уитни. За уровень статистической значимости ( $p$ ) было принято значение 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Объекты (участники) исследования

В исследование вошли 105 пациентов, перенёвших травмы, из них 37 (35,2%) мужчин и 68 (64,8%) женщин.

В основной группе ( $n=53$ ) мужчин было 22, женщин — 31; возраст от 19 до 76 лет, медиана возраста (Me [P25; P75]) 57 [43; 67] лет. Распределение по возрасту в данной группе отличалось от нормального.

В контрольной группе ( $n=52$ ) было 15 мужчин и 37 женщин в возрасте от 25 лет до 71 года, медиана возраста (Me [P25; P75]) 60,5 [54; 67] лет. Распределение по возрасту в данной группе также отличалось от нормального.

Достоверных различий между группами по основным диагнозам и сопутствующей патологии не выявлено (табл. 1, 2).

### Основные результаты исследования

Как следует из табл. 3, после курса восстановительного лечения у пациентов основной группы статистически значимо изменились все изучаемые показатели (болевогой

**Таблица 1.** Распределение пациентов обеих групп по основным диагнозам

**Table 1.** Distribution of patients of both groups according to the main diagnoses

Основной диагноз	Основная группа $n=53$ (%)	Контрольная группа $n=52$ (%)
Перелом надколенника	3 (5,7)	—
Шов ахиллова сухожилия	2 (3,8)	—
Состояние после пластики передней крестообразной связки коленного сустава	12 (22,6)	11 (21,2)
Резекция мениска коленного сустава	11 (20,8)	10 (19,2)
Состояние после металлоостеосинтеза лучевой кости	7 (13,2)	6 (11,5)
Состояние после металлоостеосинтеза голеностопного сустава	6 (11,3)	5 (9,6)
Состояние после металлоостеосинтеза бедренной кости	7 (13,2)	9 (17,3)
Состояние после металлоостеосинтеза плечевой кости	5 (9,4)	7 (13,5)
Состояние после металлоостеосинтеза локтевой кости	—	4 (7,7)

**Таблица 2.** Распределение пациентов обеих групп по сопутствующей патологии

**Table 2.** Distribution of patients of both groups by concomitant pathology

Сопутствующая патология	Основная группа $n=53$ (%)	Контрольная группа $n=52$ (%)
Сердечно-сосудистые заболевания вне стадии обострения и декомпенсации	24 (45,3)	21 (40,4)
Заболевания органов пищеварения вне обострения	14 (26,4)	15 (28,8)
Заболевания органов дыхания вне обострения	10 (18,9)	9 (17,3)
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	39 (73,6)	36 (69,2)
Системные воспалительные заболевания соединительной ткани вне обострения	23 (43,4)	22 (42,3)

**Таблица 3.** Результаты объективной оценки уровня боли и функциональных параметров у пациентов основной группы ( $n=53$ )

**Table 3.** Results of objective assessment of pain level and functional parameters in patients of the main group ( $n=53$ )

Показатель	До курса лечения		После курса лечения		$p^*$
	Me [P25; P75]	Среднее значение (стандартное отклонение)	Me [P25; P75]	Среднее значение (стандартное отклонение)	
ВАШ	4,0 [4,0; 4,0]	4,06 (0,89)	2,0 [2,0; 2,0]	1,98 (0,84)	<0,0001
Время прохождения 20 м	31,0 [24,0; 35,0]	29,73 (8,59)	25,0 [19,0; 30,0]	24,92 (7,54)	<0,0001
NAQ	9,0 [6,5; 12,0]	9,54 (3,86)	6,0 [3,5; 9,0]	6,11 (3,31)	<0,0001
Индекс Лекена	7,0 [5,5; 11,25]	8,72 (4,46)	4,0 [3,0; 8,0]	5,58 (3,91)	<0,0001

**Примечание.** (Здесь и в табл. 4, 5) \* Статистическая значимость различий между группами до и после лечения по критерию Вилкоксона [9].

**Note:** (Here and in Tables 4, 5) \* Statistical significance of the differences between the groups before and after treatment according to the Wilcoxon criterion [9].



**Таблица 4.** Результаты объективной оценки уровня боли и функциональных параметров у пациентов контрольной группы ( $n=52$ )**Table 4.** Results of objective assessment of pain level and functional parameters in control group patients ( $n=52$ )

Показатель	До курса лечения		После курса лечения		$p^*$
	Me [P25; P75]	Среднее значение (стандартное отклонение)	Me [P25; P75]	Среднее значение (стандартное отклонение)	
ВАШ	4,0 [2,0; 5,0]	3,33 (1,58)	2,0 [1,0; 3,0]	2,21 (1,42)	<0,001
Время прохождения 20 м	23,0 [18,0; 27,0]	24,01 (7,77)	18,0 [16,0; 24,0]	20,98 (6,81)	<0,001
НАQ	10,0 [8,0; 12,0]	10,37 (2,46)	9,0 [7,0; 11,0]	9,04 (2,65)	<0,001
Индекс Лекена	10,0 [8,0; 12,0]	10,17 (2,60)	9,0 [6,0; 11,0]	8,60 (2,56)	<0,001

**Таблица 5.** Результаты тестирования изометрической силы мышц туловища пациентов основной группы (в % от должной величины) на тренажёре Tergumed Pegasus 3D ( $n=53$ )**Table 5.** The results of testing the isometric strength of the trunk muscles of patients of the main group (in % of the proper value) on the Tergumed Pegasus 3D simulator ( $n=53$ )

Показатель	До курса лечения, % должн. (Me [P25; P75])	После курса лечения, % должн. (Me [P25; P75])	$p^*$
Сгибатели	79,0 [60,0; 138,5]	104,0 [72,5; 152,0]	<0,01
Разгибатели	66,0 [50,0; 98,0]	81,0 [55,5; 105,5]	<0,001
Боковые сгибатели слева	65,0 [41,5; 85,5]	85,0 [58,85; 110,0]	<0,001
Боковые сгибатели справа	65,0 [43,5; 98,5]	92,0 [54,5; 121,5]	<0,001
Вращатели слева	54,0 [38,65; 84,5]	79,0 [48,25; 107,0]	<0,001
Вращатели справа	58,0 [41,3; 82,0]	80,0 [50,3; 109,5]	<0,001

синдром, индексы Лекена и НАQ, время прохождения расстояния 20 м), что подтверждает увеличение устойчивости пациента.

Как следует из **табл. 4**, после курса восстановительного лечения у пациентов группы контроля статистически значимо изменились также все измеренные показатели (болевого синдром, индексы Лекена и НАQ, время прохождения расстояния 20 м), однако в основной группе отмечена тенденция к более выраженному положительному изменению индексов Лекена и НАQ.

Данные, представленные в **табл. 5** (результаты тестирования изометрической силы мышц туловища пациентов основной группы на тренажёре Tergumed Pegasus 3D до и после курса реабилитации), указывают на статистически значимый прирост изометрической силы всех исследуемых мышц туловища.

Согласно результатам межгруппового сравнения, статистически значимые различия средних величин после курса реабилитации отмечены в основной группе относительно группы контроля по времени прохождения 20 м ( $U=14,5$ ,  $p=0,023$ , где  $U$  — критерий Манна–Уитни).

Максимальная изометрическая сила мышц туловища у пациентов с последствиями травм конечностей перед началом курса реабилитации второго этапа составляла в среднем 58,0% [41,3; 82,0] для мышц-вращателей и 79,0% [60,0; 138,5] для мышц-сгибателей. Таким

образом, предложенная нами методика тренировок с участием антигравитационных мышц туловища может быть эффективна для пациентов после травм конечностей на втором этапе медицинской реабилитации.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Нарушение локомоторной функции является одним из ключевых факторов, оказывающих влияние на функциональные способности пациента и обуславливающих снижение качества жизни. В этой связи требуется определить структуры, воздействуя на которые в процессе медицинской реабилитации можно способствовать наиболее быстрому и полному восстановлению функции ходьбы у пациентов после травм. Среди таких структур необходимо выделить антигравитационную мускулатуру, адекватная работа которой обеспечивает вертикальное положение тела и способствует устойчивости при ходьбе. Особую роль в сохранении вертикального положения позвоночника выполняют паравертебральные мышцы. Их особенностью является органическая связь с позвоночником. В результате эти мышцы являются не только функциональным, но и структурным элементом позвоночника, без которого его прочность была бы минимальной. Активно участвуя в механизмах защиты позвоночника, паравертебральные мышцы выступают в функциональном

единстве с мышцами груди, таза и мышцами, формирующими брюшной пресс [10].

Следует отметить, что тренировка изометрической силы мышц туловища (преимущественно выпрямителя позвоночника) достаточно давно привлекает внимание исследователей. В частности, показано, что специальная тренировка данной мускулатуры оказывает благотворное влияние на лечение неспецифической боли в спине [11]. Так, известно, что при дорсопатиях одним из важных механизмов патогенеза болевого синдрома является нарушение регионарного кровообращения. А комплекс кинезитерапии с использованием аппарата «Тергумед» с БОС в комплексном лечении вызывает улучшение регионарного кровообращения, что лежит в основе улучшения функционального состояния нервно-мышечного аппарата и сопровождается устранением вегетативной дисфункции и улучшением психоэмоционального состояния больных пояснично-крестцовой дорсопатией [12].

Вопрос дозировки в программах указанных тренировок по-прежнему остаётся дискуссионным. Так, в работе E. de Ridder и соавт. [13] показано, что такие тренировки любой (как низкой, так и высокой) интенсивности дают существенный результат. Нами продемонстрированы значимые изменения в силе мускулатуры туловища у пациентов, проходивших дополнительные специальные тренировки при помощи механотерапии с БОС. Результат динамики времени прохождения расстояния 20 м статистически значимо улучшился у пациентов основной группы относительно его динамики в группе сравнения, что может свидетельствовать о положительном влиянии специальной тренировки антигравитационной мускулатуры на восстановление скорости ходьбы. Результаты объективных методов контроля (шкалы ВАШ, НАQ, индекс Лекена) могут свидетельствовать о тенденции к более полному функциональному восстановлению пациентов после травм в сопоставлении с группой контроля. В дальнейшем мы планируем увеличить количество пациентов,

участвующих в исследовании, а также расширить сроки наблюдения за ними после окончания второго этапа медицинской реабилитации, что, вполне вероятно, может обеспечить статистически значимые результаты по всем методам объективного контроля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования нами была подтверждена целесообразность внедрения в практику реабилитационного центра второго этапа для пациентов с травмами дополнительной тренировки антигравитационных мышц туловища, что может способствовать более полному функциональному восстановлению по данным опросников НАQ и Лекена.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Funding source.** The authors declare no external funding for the study.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Conflict of interest.** The authors declare no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Вклад авторов.** Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Authors' contributions.** The authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (the authors made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haagsma J.A., James S.L., Castle C.D., et al. Burden of injury along the development spectrum: Associations between the Socio-demographic Index and disability-adjusted life year estimates from the Global Burden of Disease Study 2017 // *Inj Prev*. 2020. Vol. 26, Suppl 1. P. i12–i26. doi: 10.1136/injuryprev-2019-043296
2. Здравоохранение в России. Статистический сборник-2021. Москва: Росстат, 2021. 171 с.
3. Агаджанян В.В., Кравцов С.А., Шаталин А.В., Левченко Т.В. Госпитальная летальность при политравме и основные направления ее снижения // *Политравма*. 2015. № 1. С. 6–15.
4. Li K., Ackland D.C., McClelland J.A., et al. Trunk muscle action compensates for reduced quadriceps force during walking after total knee arthroplasty // *Gait Posture*. 2013. Vol. 38, N 1. P. 79–85. doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.10.018
5. Oshima Y., Watanabe N., Iizawa N., et al. Knee-hip-spine syndrome: Improvement in preoperative abnormal posture following total knee arthroplasty // *Adv Orthop*. 2019. Vol. 2019. P. 8484938. doi: 10.1155/2019/8484938
6. Stevens V.K., Parlevliet T.G., Coorevits P.L., et al. The effect of increasing resistance on trunk muscle activity during extension and flexion exercises on training devices // *J Electromyogr Kinesiol*. 2008. Vol. 18, N 3. P. 434–445. doi: 10.1016/j.jelekin.2006.10.009
7. Sasaki A., Milosevic M., Nakazawa K. Cortical and subcortical neural interactions between trunk and upper-limb muscles in humans // *Neuroscience*. 2020. Vol. 451, N 15. P. 126–136. doi: 10.1016/j.neuroscience.2020.10.011
8. Патент РФ на изобретение № RU 2758631 С1. Сомов Д.А., Макарова М.Р., Погонченкова И.В., и др. Способ лечения и профилактики болей в спине методом изометрической БОС-тренировки пациентов после эндопротезирования суставов

нижних конечностей. Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2758631C1\\_20211101](https://yandex.ru/patents/doc/RU2758631C1_20211101). Дата обращения: 15.07.2022.

9. Prokopenko S.V., Abroskina M.V., Ondar V.S., Kaigorodtseva S.A. A variant of expert evaluation of balance and walking functions in stroke patients // *Medical Social Expert Evaluation and Rehabilitation*. 2017. Vol. 20, N 4. P. 176–180. doi: 10.18821/1560-9537-2017-20-4-176-180
10. Бернштейн Н.А. Общая биомеханика. Основы учения о движениях человека. Москва, 1926. 416 с.
11. Wilczyński J., Kasprzak A. Dynamics of changes in isometric strength and muscle imbalance in the treatment of women with low back pain // *Biomed Res Int*. 2020. Vol. 2020. P. 6139535. doi: 10.1155/2020/6139535
12. Хакимов С.А. Комплексное применение инновационной кинезитерапии и мануальной терапии при пояснично-крестцовой дорсопатии: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2011. 36 с.
13. De Ridder E., Danneels L., Vleeming A., et al. Trunk extension exercises: How is trunk extensor muscle recruitment related to the exercise dosage? // *J Electromyogr Kinesiol*. 2015. Vol. 25, N 4. P. 681–688. doi: 10.1016/j.jelekin.2015.01.001

## REFERENCES

1. Haagsma JA, James SL, Castle CD, et al. Burden of injury along the development spectrum: Associations between the Socio-demographic Index and disability-adjusted life year estimates from the Global Burden of Disease Study 2017. *Inj Prev*. 2020;26 (Suppl 1):i12–i26. doi: 10.1136/injuryprev-2019-043296
2. Healthcare in Russia. Statistical collection. 2021. Moscow: Rossstat; 2021. 171 p. (In Russ).
3. Aghajanyan VV, Kravtsov SA, Shatalin AV, Levchenko TV. Hospital mortality in polytrauma and the main directions of its reduction. *Polytrauma*. 2015;(1):6–15. (In Russ).
4. Li K, Ackland DC, McClelland JA, et al. Trunk muscle action compensates for reduced quadriceps force during walking after total knee arthroplasty. *Gait Posture*. 2013;38(1):79–85. doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.10.018
5. Oshima Y, Watanabe N, Iizawa N, et al. Knee-hip-spine syndrome: Improvement in preoperative abnormal posture following total knee arthroplasty. *Adv Orthop*. 2019;2019:8484938. doi: 10.1155/2019/8484938
6. Stevens VK, Parlevliet TG, Coorevits PL, et al. The effect of increasing resistance on trunk muscle activity during extension and flexion exercises on training devices. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18(3):434–445. doi: 10.1016/j.jelekin.2006.10.009
7. Sasaki A, Milosevic M, Nakazawa K. Cortical and subcortical neural interactions between trunk and upper-limb muscles in humans. *Neuroscience*. 2020;451(15):126–136. doi: 10.1016/j.neuroscience.2020.10.011
8. Patent RUS № RU 2758631 C1. Somov DA, Makarova MR, Pogonchenkova IV, et al. Method of treatment and prevention of back pain by isometric barefoot training of patients after endoprosthetics of the joints of the lower extremities. (In Russ). Available from: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2758631C1\\_20211101](https://yandex.ru/patents/doc/RU2758631C1_20211101). Accessed: 15.07.2022.
9. Prokopenko SV, Abroskina MV, Ondar VS, Kaigorodtseva SA. A variant of expert evaluation of balance and walking functions in stroke patients. *Medical Social Expert Evaluation and Rehabilitation*. 2017;20(4):176–180. (In Russ). doi: 10.18821/1560-9537-2017-20-4-176-180
10. Bernstein NA. General biomechanics. Fundamentals of the doctrine of human movements. Moscow; 1926. 416 p. (In Russ).
11. Wilczyński J, Kasprzak A. Dynamics of changes in isometric strength and muscle imbalance in the treatment of women with low back pain. *Biomed Res Int*. 2020;2020:6139535. doi: 10.1155/2020/6139535
12. Khakimov SA. Complex application of innovative kinesotherapy and manual therapy in lumbosacral dorsopathy [dissertation abstract]. Moscow; 2011. 36 p. (In Russ).
13. De Ridder E, Danneels L, Vleeming A, et al. Trunk extension exercises: How is trunk extensor muscle recruitment related to the exercise dosage? *J Electromyogr Kinesiol*. 2015;25(4):681–688. doi: 10.1016/j.jelekin.2015.01.001

## ОБ АВТОРАХ

Автор, ответственный за переписку:

**Макарова Марина Ростиславовна**, к.м.н., доцент, в.н.с.;  
адрес: 105120, Москва, пл. Земляной Вал, д. 53;  
e-mail: makarovamr.mrm@yandex.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1787-7015>;  
eLibrary SPIN: 7640-4570

**Сомов Дмитрий Алексеевич**, к.м.н., с.н.с.;  
e-mail: docsomov@bk.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3245-167X>;  
eLibrary SPIN: 9380-4174

**Майоров Егор Андреевич**, аспирант;  
e-mail: smotrinao@gmail.com;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6754-5214>;  
eLibrary SPIN: 2357-8306

## AUTHORS' INFO

The author responsible for the correspondence:

**Marina R. Makarova**, MD, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher;  
address: 53, Zemlyanoy Val, 105210, Moscow, Russia;  
e-mail: makarovamr.mrm@yandex.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1787-7015>;  
eLibrary SPIN: 7640-4570

**Dmitry A. Somov**, MD, Cand. Sci. (Med.),  
Senior Research Associate;  
e-mail: docsomov@bk.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3245-167X>;  
eLibrary SPIN: 9380-4174

**Egor A. Maiorov**, postgraduate student;  
e-mail: smotrinao@gmail.com;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6754-5214>;  
eLibrary SPIN: 2357-8306