

Особенности восстановления движений в паретичной нижней конечности у пациентов с инсультом

И.П. Ястребцева^{1, 2} ✉, В.Ю. Добродеева¹, А.Р. Гасанбекова¹, Н.Н. Пануева¹, Л.Ю. Дерябкина¹

¹ ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, г. Иваново

² ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, г. Москва

РЕЗЮМЕ

Цель. Выявить особенности восстановления движений, выполняемых на горизонтальной плоскости стопой пораженной нижней конечности, и сопряженных изменений поддержания баланса тела у пациентов с центральным парезом легкой и умеренной степени, а также выделить факторы их улучшения.

Дизайн. Клиническое проспективное рандомизированное интервенционное продольное пилотное исследование.

Материалы и методы. Обследованы 115 пациентов с ишемическим инсультом в каротидном бассейне, получавших помощь, согласно стандартам и клиническим рекомендациям. Пациенты разделены на две группы: основную (I), в которой в комплекс реабилитационных мероприятий включался стабилметрический тренинг, и группу сравнения (II), в которой он не выполнялся. Дополнительно обе группы в зависимости от степени снижения силы в стопе разделили на подгруппы с легким и умеренным парезом. Все пациенты в начале и конце курса проходили тестирование доступных движений на горизонтальной плоскости по предлагаемой прямолинейной траектории до ограничений, соответствующих изображению на экране монитора, отражающего игровую ситуацию. Движения стопой осуществлялись последовательно во фронтальной плоскости путем отведения и приведения в тазобедренном и согнутом коленном суставах паретичной нижней конечности и в сагиттальной — путем разгибания в коленном с одновременным сгибанием в голеностопном суставе в сочетании с приведением, отведением и ротацией стопы. Затем менялось направление, и больные осуществляли сгибание в коленном и разгибание в голеностопном суставе паретичной нижней конечности. Данные движения в ходе повторных тренировок отработывали только пациенты из I группы. Проводились функциональное тестирование двигательной сферы, стабилметрия, выявлялись эмоционально-волевые и когнитивные расстройства, которые могли влиять на результативность тренинга.

Результаты. Целенаправленная работа по повторному выполнению заданных прямолинейных одноплоскостных движений за короткий курс (10 сеансов по 10 минут 4 раза в неделю) сопровождалась улучшением баланса, в первую очередь у лиц с умеренной степенью снижения мышечной силы в стопе. Улучшение стабилметрических показателей в I группе отражало результативность тренинга. Чувствительными оказались скорость перемещения центра давления, площадь и энергоёмкость статокинезиограммы. При анализе факторов, влияющих на коррекцию движений, установлено, что наибольший эффект имели высокая мотивация, сохранность когнитивных функций, отсутствие тревоги и депрессии с активным включением на протяжении курса реабилитации зрительного контроля в реализацию двигательного акта.

Заключение. Двигательная реабилитация с целенаправленной коррекцией движений стопой у пациентов с центральным парезом нижней конечности при инсульте уже за короткое время приводила к улучшению баланса, особенно у больных с умеренной степенью снижения мышечной силы в стопе. Пациентам с легким парезом стопы при инсульте следует рекомендовать курс тренинга по отработке движений стопой, состоящий не менее чем из 6 сеансов по 10 повторений каждый, а с умеренным парезом — из 8 сеансов по 10 повторений. Коррекция прямолинейных одноплоскостных движений во фронтальной плоскости формируется позднее на одну тренировку, чем в сагиттальной.

Ключевые слова: движение, парез, инсульт, нижняя конечность.

Для цитирования: Ястребцева И.П., Добродеева В.Ю., Гасанбекова А.Р., Пануева Н.Н., Дерябкина Л.Ю. Особенности восстановления движений в паретичной нижней конечности у пациентов с инсультом. Доктор.Ру. 2024;23(7):25–35. DOI: 10.31550/1727-2378-2024-23-7-25-35

Features of Movement Recovery in the Paretic Lower Limb in Patients after Stroke

I.P. Yastrebtseva^{1, 2} ✉, V.Yu. Dobrodeeva¹, A.R. Gasanbekova¹, N.N. Panueva¹, L.Yu. Deryabkina¹

¹ Ivanovo State Medical University; Ivanovo, Russian Federation

² Pirogov Russian National Research Medical University; Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Aim. To identify the features of movement recovery performed on a horizontal plane by the foot of the affected lower limb and associated changes in maintaining body balance in patients with mild to moderate central paresis, and to identify factors for their improvement.

Design. Clinical prospective randomized interventional longitudinal pilot study.

Materials and methods. The study included 115 patients with ischemic stroke in the carotid basin, who received medical assistance according to standards and clinical guidelines. The patients were divided into two groups: the main group (I), in which stabilometric training was included in the rehabilitation measures, and the comparison group (II), in which it was not performed. Additionally, both groups were divided into subgroups with mild and moderate paresis depending on the degree of strength loss in the foot. At the beginning and end of the course, all patients underwent testing of available movements on a horizontal plane along the proposed rectilinear trajectory to the limitations

✉ Ястребцева Ирина Петровна / Yastrebtseva, I.P. — E-mail: ip.2007@mail.ru

corresponding to the image on the monitor screen reflecting the game situation. Foot movements were performed sequentially in the frontal plane by abduction and adduction in the hip and flexed knee joints of the paretic lower limb and in the sagittal plane by extension in the knee with simultaneous flexion in the ankle joint in combination with adduction, abduction and rotation of the foot. Then the direction was changed, and the patients flexed the knee and extended the ankle joint of the paretic lower limb. Only patients from Group I practiced these movements during repeated training. Functional testing of the motor sphere, stabilometric tests were conducted, emotional-volitional and cognitive disorders that could affect the effectiveness of the training were identified.

Results. Targeted work on repeated performance of given rectilinear single-plane movements over a short course (10 sessions of 10 minutes 4 times a week) was accompanied by an improvement in balance, primarily in individuals with a moderate degree of muscle strength reduction in the foot. Improvement of stabilometric indicators in Group I reflected the effectiveness of the training. Sensitive indicators were the speed of movement of the center of pressure, area and energy intensity of the statokinesiogram. When analyzing the factors influencing the correction of movements, it was found that the greatest effect was produced by high motivation, preservation of cognitive functions, absence of anxiety and depression with active inclusion of visual control in the implementation of the motor act throughout the rehabilitation course.

Conclusion. Motor rehabilitation with targeted correction of foot movements in patients with central paresis of the lower limb after stroke led to an improvement in balance in a short time, especially in patients with a moderate degree of muscle strength loss in the foot. Patients with mild foot paresis in stroke should be recommended a training course in practicing foot movements, consisting of at least 6 sessions of 10 repetitions each, and with moderate paresis — of 8 sessions of 10 repetitions. Correction of rectilinear single-plane movements in the frontal plane is formed later by one training session than in the sagittal plane.

Keywords: movement, paresis, stroke, lower limb.

For citation: Yastrebtseva I.P., Dobrodeeva V.Yu., Gasanbekova A.R., Panueva N.N., Deryabkina L.Yu. Features of movement recovery in the paretic lower limb in patients after stroke. Doctor.Ru. 2024;23(7):25–35. (in Russian). DOI: 10.31550/1727-2378-2024-23-7-25-35

ВВЕДЕНИЕ

Освоение двигательного навыка, особенно сложного, — процесс многоэтапный. Для его выработки необходимы достаточная мышечная сила и удовлетворительный тонус, сохраненная проприоцептивная, поверхностная общая (тактильная и болевая) чувствительность для получения обратной связи от рецепторного поля, адекватная мотивация, управляемые и контролируемые когнитивные функции [1]. Согласно теории Н.А. Бернштейна, при освоении нового моторного акта последовательно включаются уровни его организации, причем более высокий основывается на работе нижерасположенного. Например, при реализации локомоции в пространстве (с позиции уровня построения движений С — пространственного поля) важны освоение автоматизированных движений в мышцах конечностей, как нижних, так и верхних (уровень синергий В), и проработка статокинетических функций туловища, а также шеи (уровень тонуса и осанки А).

Среди последствий инсульта, часто приводящих к инвалидности, на первом месте находится нарушение двигательных функций (более 80%) [2]. Парез затрудняет поддержание вертикальной позы, перемещение пациентов и в целом их двигательную активность, в значительной степени снижая качество жизни. Благодаря согласованной деятельности специалистов мультидисциплинарной бригады активно ведется работа по полному или частичному восстановлению утраченных моторных навыков, улучшению функции ходьбы с коррекцией пропульсии, равновесия, бипедальной координации, регуляторных когнитивных функций, пространственной ориентации [3, 4].

Наиболее значимыми для функционального результата считаются первые 6 месяцев после острой мозговой катастрофы. Именно в этот период отмечается высокая пластичность нейронов головного мозга, позволяющая улучшать и восстанавливать моторные функции у больных людей при условии многократного повторения движения. На сегодняшний день восстанавливать двигательные функции можно различными методами, к ним относится стабилометрический тренинг с биологической обратной связью [5]. Он помогает улучшить поддержание равновесия, а также реализовать моторные паттерны в зависимости от реабилитационной

игровой ситуации [6]. Кроме того, с помощью стабилометрического оборудования возможен контроль эффективности проводимых мероприятий [7].

Пациентам с высоким риском падений после инсульта и с низким уровнем контроля баланса рекомендованы занятия на стабилотренинге (уровень убедительности рекомендаций В, 1-й уровень достоверности доказательств)¹, однако закономерность выработки двигательного навыка у больных с церебральной патологией требует уточнения.

Цель исследования: выявить особенности восстановления движений, выполняемых на горизонтальной плоскости стопой пораженной нижней конечности, и сопряженных изменений поддержания баланса тела у пациентов с центральным парезом легкой и умеренной степени, а также выделить факторы их улучшения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Клиническое проспективное рандомизированное интервенционное продольное пилотное исследование проводилось с января 2021 года по апрель 2023 года на базе клиники Ивановского ГМУ (научный руководитель — профессор кафедры неврологии и нейрохирургии Ивановского ГМУ, д. м. н., профессор Ястребцева И.П.). Обследованы 115 пациентов с ишемическим инсультом в возрасте от 55 до 73 лет (средний возраст — 60,50 [55,00; 65,25] года). Все больные давали информированное согласие на участие в исследовании. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО Ивановский ГМУ Минздрава России (протокол № 4 от 25.10.2017 г.).

У всех пациентов церебральная сосудистая катастрофа локализовалась в каротидном бассейне. Всем больным помощь оказывалась, согласно стандартам и клиническим рекомендациям по медицинской реабилитации.

Участники поделены на две группы: основную (I, n = 36), в которой в комплексе медицинской реабилитации проводился тренинг управления стопой на стабилометрической платформе в положении сидя (21 пациент перенес левостороннее церебральное поражение, 15 — правостороннее), и группу сравнения (II, n = 79), в которой данный вид тренинга не выполнялся ввиду ограничений или отказа

¹ Ишемический инсульт и транзиторная ишемическая атака у взрослых. Клинические рекомендации. М.; 2022. 215 с.

пациентов (29 человек перенесли левостороннее церебральное поражение, 50 — правостороннее).

Каждую из групп в зависимости от степени пареза стопы разделили на две подгруппы: IA — 18 человек с легким парезом стопы (11 мужчин и 7 женщин), средний возраст — 64 [61,25; 66,00] года; IB — 18 больных с умеренным парезом стопы (13 мужчин и 5 женщин), средний возраст — 60 [56,00; 63,50] лет; IIA — 49 больных с легким парезом стопы (34 мужчины и 15 женщин), средний возраст — 58 [52,50; 61,00] лет; IIB — 30 пациентов с умеренным парезом стопы (19 мужчин и 11 женщин), средний возраст — 57 [52,25; 59,50] лет.

Все пациенты в начале курса реабилитации и при его завершении выполняли на стабилотренинге движения, скользя стопой по горизонтальной опоре в двух направлениях. В ходе целенаправленных занятий работали над улучшением данных движений лица из первой группы. Курс тренировок состоял из 10 сеансов по 10 минут 4 раза в неделю на стабилотренинговой платформе ST-150, ООО «Мера-ТСП» (г. Москва) с использованием программы STPL.

Критерии включения

В исследование включали пациентов с центральным гемипарезом в раннем восстановительном периоде первичного ишемического инсульта в каротидном бассейне (вне зависимости от стороны поражения) в возрасте от 45 до 75 лет. Сила мышц пораженной стопы у них составляла от 3 до 4 баллов по шкале Комитета медицинских исследований. Важным аспектом была сохранность когнитивных функций на уровне не ниже умеренных нарушений, при этом допускалось наличие легкой афазии, не препятствующей контакту с пациентом и усвоению им предлагаемой информации.

Критерии исключения

Наличие у больного церебрального поражения неопластического, травматического, инфекционно-воспалительного происхождения, вялого пареза нижней конечности.

Критерии не включения

Наличие выраженных двигательных и когнитивных нарушений (менее 26 баллов по Монреальской шкале оценки когнитивных функций, влияние на социальную, профессиональную, бытовую деятельность), в том числе грубой, выраженной или умеренно выраженной моторной афазии, других видов афазий, препятствующих пониманию пациентами заданий при проведении двигательной реабилитации.

Описание медицинского вмешательства

Участникам предлагали выполнить определенные движения стопой, скользя по горизонтальной поверхности по прямой траектории последовательно во фронтальной плоскости путем отведения и приведения в тазобедренном и согнутом коленном суставах паретичной нижней конечности и в сагиттальной — путем разгибания в коленном с одновременным сгибанием в голеностопном суставе (движение за счет участия икроножной, камбаловидной, длинной и короткой малоберцовых, подошвенной, задней большеберцовой мышц, длинных сгибателей пальцев и большого пальца) в сочетании с приведением (передняя и задняя большеберцовые мышцы) и отведением (длинная и короткая малоберцовые мышцы), пронацией (длинная и короткая малоберцовые мышцы, третья малоберцовая мышца, длинный разгибатель пальцев стопы) и супинацией (передняя и задняя большеберцовые мышцы, длинный сгибатель большого пальца, длинный сгибатель пальцев) стопы в голеностопном суставе. Затем менялось направление, и больные осуществляли сгибание в коленном и разгибание в голеностопном суставе (с вовлечением передней большеберцовой и третьей мало-

берцовой мышц, а также длинного и короткого разгибателей пальцев, длинного и короткого разгибателей большого пальца) с приведением, отведением и ротацией стопы паретичной нижней конечности (далее — движения стопой).

Для удобства выполнения упражнений и исключения влияния дестабилизирующих, отвлекающих от выполнения основного задания факторов пациенты тренировались в положении сидя на стуле с согнутыми под углом 90 градусов в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах нижними конечностями, установив стопы на стабилотренинговую платформу. Сама платформа была взята для выполнения заданий с применением реабилитационных игр со слежением за изображением, отображающим движение стопы до метки на экране, изображающей границы игровой ситуации, и повторением траектории его движения путем визуальной обратной связи с экрана монитора, установленного перед пациентом.

В рамках одной тренировки пациент устанавливал паретичную стопу на стабилотренинговую платформу и проводил по ней, совершая движения в сторону-внутрь и вперед-назад до границ круга. В течение одного занятия регистрировались временные результаты десяти успешно выполненных движений в секундах (учитывалось время, за которое стопа переместится от периферии мишени к ее центру и удержится там минимум 5 секунд).

Изучались потенциально влияющие на возможности улучшения движений факторы:

- сила мышц дистальных отделов пораженной нижней конечности по шкале Комитета медицинских исследований (Medical Research Council Scale) с градацией от 0 до 5, где 5 — нормальная мышечная сила, 0 — отсутствие движений;
- эмоционально-волевое функционирование с помощью Госпитальной шкалы тревоги и депрессии — каждому утверждению соответствовали 4 варианта ответа с итоговым подсчетом суммы баллов отдельно по субшкалам тревоги и депрессии, при этом 0–7 баллам соответствовало отсутствие значимо выраженных симптомов тревоги и депрессии, 8–10 — субклинически выраженная тревога/депрессия, 11 баллам и более — клинически выраженная тревога/депрессия;
- мотивация по восстановлению локуса контроля с ответами по шкале от 1 до 5 и суммарным баллом от 0 до 36 — более высокие баллы свидетельствовали о более высоком уровне мотивации к достижению улучшения собственного состояния;
- когнитивные функции по Монреальской шкале оценки когнитивных функций — после выполнения заданий с оценкой каждого подсчитывался общий балл, максимальная сумма 26–30 соответствовала сохраненным когнитивным функциям.

При поступлении у больных определяли качество жизни, согласно одноименному опроснику EuroQol-5D, предполагающему трехбалльную оценку самим пациентом шести сфер его жизнедеятельности.

Для получения информации о возможностях поддержания пациентом динамического равновесия как глобального интегрирующего моторного акта при поступлении в клинику и при выписке из нее давалась оценка по шкале баланса Берга: пациенту предлагали 14 заданий и ставили оценку от 0 до 4 (наилучшее выполнение задания), при этом 56 баллов соответствовали максимальной устойчивости больного.

Для инструментальной характеристики статического равновесия рассматривались биомеханические показатели

при открытых и закрытых глазах со стабилометрического комплекса ST-150: скорость перемещения центра давления (мм/с), площадь статокинезиограммы (мм²), энергоёмкость статокинезиограммы (Дж), коэффициент Ромберга. На основании коэффициента энергоёмкости статокинезиограммы нами изучено влияние зрения на выполнение двигательного акта, а все пациенты разделены на две группы: «визуалы», у которых зрение оказывало определяющее влияние на моторику, и «не визуалы», у которых зрительный контроль не был существенным.

Статистическая обработка

Статистическая обработка результатов выполнялась с использованием пакета прикладных программ Statistica 12.0. В связи с ненормальным распределением, согласно критериям Колмогорова — Смирнова и Шапиро — Уилка, количественные значения представлены в виде медианы и интерквартильного размаха — Me [25%; 75%]. Различия между двумя зависимыми группами по уровню признака оценивались по критерию Вилкоксона, а между двумя независимыми — по критериям Манна — Уитни. Корреляционный анализ осуществлялся по методу Спирмена и путем определения χ^2 Пирсона с последующим линейным регрессионным анализом.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При поступлении на курс реабилитации участники обеих групп были сопоставимы по силе мышц стопы паретичной конечности, состоянию динамического баланса тела и биомеханическим объективным показателям статического равновесия, а также по состоянию когнитивной и эмоционально-волевой сфер (табл. 1, 2).

При анализе двигательных функций вне зависимости от факта проведения целенаправленного тренинга у пациентов всех групп к концу курса реабилитации статистически значимо возросли мышечная сила в дистальных отделах поражённой нижней конечности и показатель равновесия (см. табл. 1). У пациентов группы сравнения показатели по шкале баланса Берга изначально были больше и при выписке оказались статистически значимо выше, чем в основной группе.

Некоторое увеличение площади статокинезиограммы и скорости перемещения центра тяжести к концу курса реабилитации у пациентов группы сравнения не было статистически значимым, что свидетельствует о тенденции к ухудшению объективно регистрируемой инструментальным биомеханическим методом контроля баланса тела в данной группе. Возможно, такая тенденция связана с невыполнением целенаправленного тренинга без проработки двигательных актов. В основной группе наблюдалось уменьшение скорости перемещения центра давления, площади и энергоёмкости статокинезиограммы. Полученные результаты свидетельствовали о положительном влиянии проведенного тренинга на состояние баланса тела.

При анализе показателей клинических тестов в зависимости от мышечной силы паретичной стопы у пациентов всех подгрупп отмечалось улучшение самого показателя силы (табл. 3). Оценка по шкале баланса Берга не выявила существенное улучшение только у пациентов группы сравнения с умеренным парезом. При определении скорости перемещения центра давления статистически значимое улучшение наблюдалось в подгруппе IV при закрытых глазах. Аналогичные результаты получены и при оценке

Таблица 1. Динамика результатов функциональной и биомеханической оценки двигательных функций в группах в зависимости от факта применения целенаправленного тренинга (приведены только показатели, имеющие статистически значимую динамику)

Table 1. Dynamics of the results of functional and biomechanical assessment of motor functions in groups depending on the fact of using targeted training (only indicators with statistically significant dynamics are given)

Параметры	Основная группа (I)		Группа сравнения (II)	
	поступление	выписка	поступление	выписка
<i>Клинические шкалы</i>				
Мышечная сила паретичной стопы, баллы	4,00 [4,00; 4,00]	5,00 [4,00; 5,00]*	4,00 [3,00; 4,00]	5,00 [4,00; 5,00]*
Шкала баланса Берга, баллы	43,00 [40,75; 50,00]	46,00 [43,00; 53,00]*	45,00 [42,00; 47,25]	48,00 [45,00; 48,00]*, **
<i>Стабилометрические показатели</i>				
Скорость перемещения центра давления, мм/с (глаза закрыты, г.з.)	22,00 [14,00; 30,50]	18,00 [15,00; 21,25]*	14,50 [12,00; 18,25]	16,00 [11,75; 20,50]
Площадь статокинезиограммы, мм ² (г.з.)	425,00 [326,25; 792,25]	374,00 [195,50; 592,25]*	235,00 [173,00; 508,25]	294,00 [214,00; 430,75]
Энергоёмкость статокинезиограммы, Дж (г.з.)	11,00 [4,75; 20,50]	7,00 [4,00; 10,00]*	4,00 [2,00; 5,75]	3,50 [2,00; 7,50]

* $P < 0,05$ при сравнении двух зависимых выборок (по критерию Вилкоксона в одной группе пациентов при поступлении и выписке).

** $P < 0,05$ при сравнении двух независимых выборок (по критерию Манна — Уитни в основной группе и группе сравнения при выписке).

* $P < 0,05$ for the comparison of two independent samples (Wilcoxon rank sum test in one group of patients upon admission and discharge).

** $P < 0,05$ for the comparison of two independent samples (Mann–Whitney U test in the main group and controls upon discharge).

Таблица 2. Показатели когнитивной и эмоционально-волевой сфер в основной группе и группе сравнения при поступлении, баллы
Table 2. Indicators of cognitive and emotional-volitional spheres in the main group and comparison group upon admission of patients to hospital, scores

Клиническая шкала		Основная группа	Группа сравнения
Монреальская шкала оценки когнитивных функций		27,00 [26,00; 28,00]	25,00 [23,50; 26,00]
Шкала восстановления локуса контроля		34,00 [33,00; 34,75]	26,00 [24,00; 27,25]
Госпитальная шкала оценки тревоги и депрессии	субшкала тревоги	5,00 [4,00; 7,25]	10,00 [9,00; 11,00]
	субшкала депрессии	7,00 [5,00; 8,00]	9,00 [8,75; 11,00]
EuroQoL-5D	передвижение в пространстве	2,00 [2,00; 3,00]	2,00 [2,00; 3,00]
	самообслуживание	1,00 [1,00; 1,00]	1,00 [1,00; 1,00]
	повседневная активность	1,00 [1,00; 1,00]	1,00 [1,00; 1,00]
	боль и дискомфорт	1,00 [1,00; 1,00]	1,00 [1,00; 1,00]
	тревога и депрессия	1,00 [1,00; 1,25]	2,00 [2,00; 3,00]

Примечание. При сравнении двух независимых выборок, представленных в таблице, $p > 0,05$.
Note. When comparing two independent samples from the table, $p > 0.05$.

Таблица 3. Результаты функциональной и биомеханической оценки двигательных функций в подгруппах в зависимости от выраженности пареза в стопе
Table 3. Results of the functional and biomechanical assessment of motor functions in subgroups depending on the severity of paresis in the foot

Параметр	Подгруппа А основной группы с легким парезом стопы		Подгруппа В основной группы с умеренным парезом стопы		Подгруппа А группы сравнения с легким парезом стопы		Подгруппа В группы сравнения с умеренным парезом стопы	
	поступле- ние	выписка	поступле- ние	выписка	поступле- ние	выписка	поступле- ние	выписка
Клинические шкалы								
Мышечная сила, баллы	4,00 [4,00; 4,00]	5,00 [4,00; 5,00]*	3,00 [3,00; 3,00]	4,00 [3,25; 4,00]*	4,00 [4,00; 4,00]	5,00 [5,00; 5,00]*	3,00 [3,00; 3,00]	4,00 [4,00; 4,00]*
Шкала баланса Берга, баллы	48,00 [43,00; 51,75]	51,00 [45,75; 53,75]*	39,50 [39,00; 40,75]	43,00 [42,25; 44,00]*	43,00 [42,00; 46,00]	45,50 [45,00; 48,00]*	47,50 [44,00; 48,75]	48,00 [47,25; 48,75]
Стабилометрические показатели								
Скорость перемещения центра давления (ЦД), мм/с (глаза открыты, г.о.)	11,50 [9,00; 14,50]	12,00 [10,00; 14,75]	14,00 [13,25; 19,75]	12,00 [10,25; 17,25]	10,50 [7,50; 15,75]	9,00 [8,00; 11,00]	10,00 [9,25; 10,75]	10,00 [9,00; 12,50]
Скорость перемещения ЦД, мм/с (глаза закрыты, г.з.)	19,00 [14,00; 24,00]	18,00 [15,00; 20,75]	30,50 [24,25; 41,00]	18,00 [16,00; 28,50]*	15,50 [12,00; 34,00]	13,50 [11,25; 17,00]	14,50 [12,50; 17,25]	20,00 [18,50; 21,50]
Площадь статокинезиограммы, мм ² (г.о.)	297,00 [138,00; 650,75]	203,00 [147,50; 486,75]	295,50 [178,50; 749,00]	267,50 [147,75; 447,00]	208,00 [118,25; 293,25]	154,50 [116,25; 219,75]	150,50 [137,00; 206,00]	159,00 [67,75; 257,75]
Площадь статокинезиограммы, мм ² (г.з.)	418,00 [295,50; 700,25]	374,00 [286,00; 704,75]	552,00 [347,25; 1382,75]	310,00 [158,75; 512,00]*	213,00 [182,00; 429,75]	278,00 [163,00; 410,00]	284,50 [182,75; 513,00]	308,50 [279,25; 421,75]
Энергоемкость статокинезиограммы, Дж (г.о.)	3,00 [1,00; 3,75]	2,00 [1,25; 4,00]	5,50 [4,25; 10,50]	3,50 [2,00; 6,75]	1,50 [1,00; 3,00]	1,00 [1,00; 2,00]	2,00 [1,25; 2,75]	1,50 [1,00; 2,75]
Энергоемкость статокинезиограммы, Дж (г.з.)	7,50 [4,00; 13,50]	6,50 [4,00; 8,75]	23,00 [13,75; 29,50]	8,50 [6,25; 20,00]*	3,50 [2,00; 22,25]	2,00 [1,25; 3,75]	4,00 [3,25; 4,75]	6,50 [5,25; 8,50]

* $P < 0,05$ при сравнении двух зависимых выборок (по критерию Вилкоксона в одной подгруппе пациентов при поступлении и выписке).
* $P < 0.05$ for the comparison of two dependent samples (Wilcoxon rank sum test in one group of patients upon admission and discharge).

динамики по площади и энергоёмкости статокнезиограммы при закрытых глазах ($p < 0,05$).

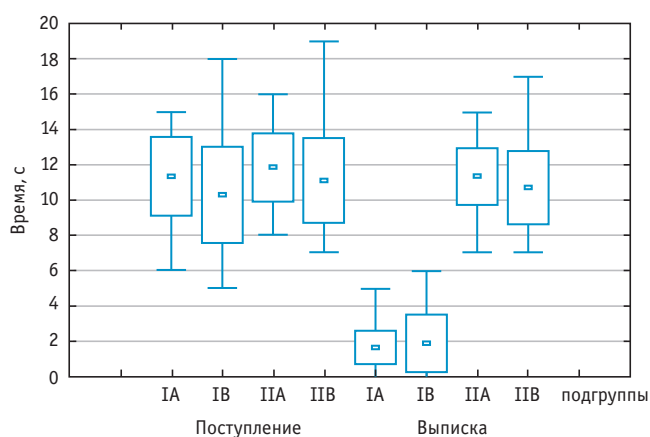
При анализе особенностей восстановления движений в стопе оказалось, что первое выполнение занимало у всех испытуемых примерно 10 секунд (IA — 10 [9,00; 13,25], IB — 10 [8,50; 10,75], IIA — 11 [9,00; 13,50], IIB — 10,5 [9,25; 11,75]), в то время как при выходе на плато (сохранение времени движений стопой на протяжении двух и более занятий после достижения постоянного минимально возможного времени выполнения задания) оно приблизилось к секунде (IA — 1 [0,25; 3,00], IB — 1 [0,25; 3,50] (рис. 1). В группах же, где двигательный тренинг не проводился, повторение движений стопой в конце курса реабилитации показало отсутствие существенного сокращения времени реализации задания: IIA — 11 [9,00; 12,00], IIB — 10 [9,00; 12,50] (см. рис. 1).

В сагиттальной плоскости моторный навык формировался на 10–20 правильных повторений (1–2 занятия) раньше, чем во фронтальной (различия в независимых группах статистически значимы, рис. 2): в сагиттальной плоскости в подгруппе с легким парезом стопы правильный двигательный стереотип движений стопой регистрировался на 50-е [50,00; 60,00] повторение, а в группе с умеренным — на 70-е [60,00; 80,00], во фронтальной плоскости — на 60-е [60,00; 70,00] и 80,5 [70,25; 90,75] повторение соответственно (см. рис. 2).

У пациентов в ходе тренировок после 8–9 успешных повторений из 10 предъявляемых на протяжении одного занятия отмечалось возрастание времени выполнения и возникновение ошибок, что отражало утомляемость пациента и требовало кратковременного перерыва на 1–2 минуты,

Рис. 1. Время, затраченное на выполнение движения стопой, в исследуемых группах в зависимости от степени пареза при поступлении и при выписке. IA — подгруппа А основной группы с легким парезом стопы, IB — подгруппа В основной группы с умеренным парезом стопы, IIA — подгруппа А группы сравнения с легким парезом стопы, IIB — подгруппа В группы сравнения с умеренным парезом стопы

Fig. 1. Time spent on performing foot movements in the study groups depending on the degree of paresis upon admission and discharge. IA: subgroup A of the main group, mild foot palsy; IB: subgroup B of the main group, moderate foot palsy; IIA: subgroup A of the control group, mild foot palsy; IIB: subgroup B of the control group, moderate foot palsy



после чего человек вновь выполнял задание в максимально быстром достигнутом им темпе.

Нами проведен корреляционный и регрессионный анализ факторов, которые потенциально могли оказывать влияние на восстановление баланса: сохранности когнитивных функций, проявлений тревоги, депрессии, способности к передвижению в пространстве, самообслуживанию, уровня повседневной активности, наличия боли и дискомфорта (см. табл. 2). Выявлено, что на улучшение динамического баланса влияют такие показатели, как отсутствие депрессивной симптоматики и высокая мотивация к лечению и реабилитации (рис. 3, 4).

Рис. 2. Количество верно выполненных повторений, при которых пациенты достигали постоянного минимально возможного для них времени осуществления двигательного навыка

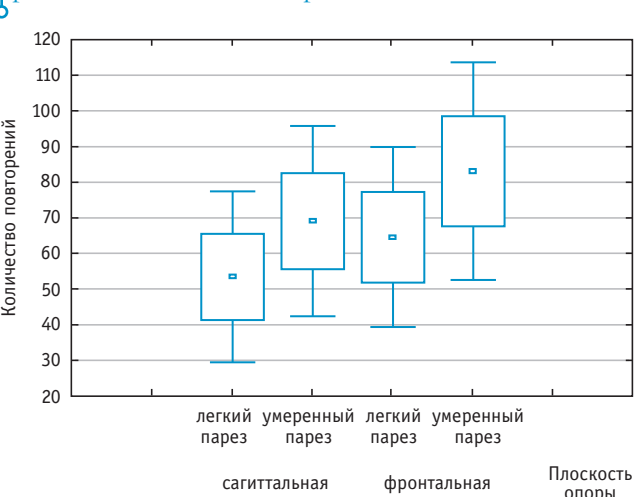


Рис. 3. Регрессионный анализ связи между изменением баланса по шкале Берга и депрессивной симптоматикой по Госпитальной шкале тревоги и депрессии

Fig. 3. Regression analysis of the relationship between changes in balance on the Berg scale and depressive symptoms on the Hospital Anxiety and Depression Scale

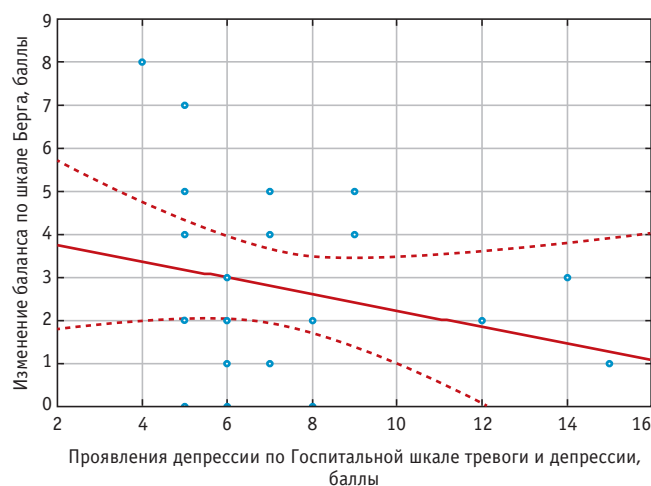
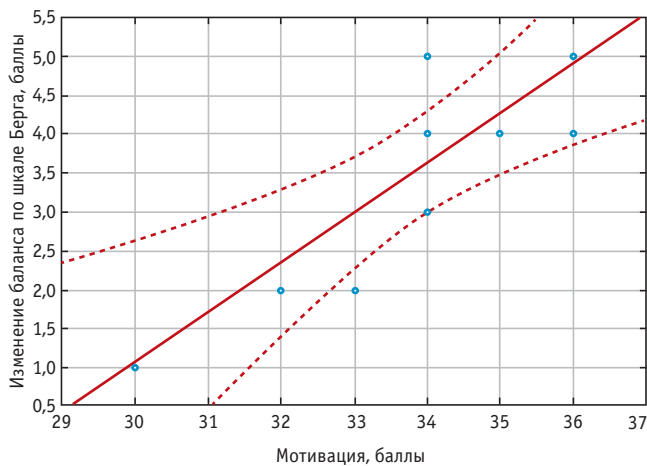


Рис. 4. Регрессионный анализ связи между изменением баланса по шкале Берга и мотивацией к лечению и реабилитации по шкале восстановления локуса контроля



Корреляционный анализ динамики скорости перемещения центра давления при открытых глазах и показателя Монреальской шкалы оценки когнитивных функций установил коэффициент 0,6 при легком парезе стопы, 0,33 — при умеренном.

Время восстановления правильного паттерна движений стопой коррелировало с коэффициентом Ромберга (рис. 5, 6). Он применялся для количественного опреде-

Рис. 5. Регрессионный анализ связи между временем восстановления правильного паттерна движения стопой в сагиттальной плоскости и степенью опоры на зрительный анализатор при выписке (подгруппа IB)

Время восстановления правильного паттерна простого движения стопой (сагиттальное направление) = $0,6832 - 0,0109 \times x$

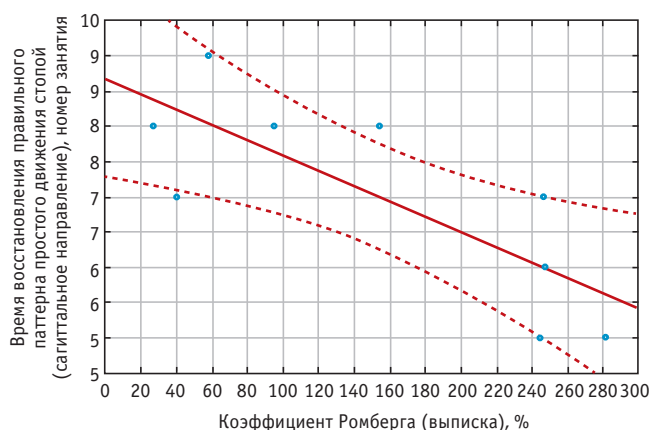
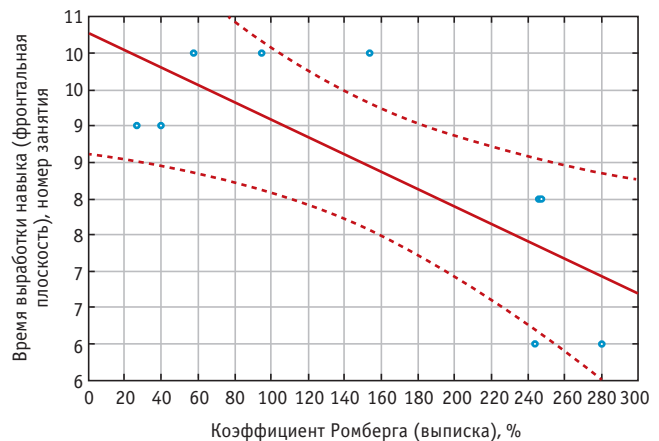


Рис. 6. Регрессионный анализ связи между временем восстановления правильного паттерна движения стопой во фронтальной плоскости и степенью опоры на зрительный анализатор при выписке (подгруппа IB)

Время выработки навыка (фронтальная плоскость) = $10,2814 - 0,0119 \times x$



ления степени использования пациентом зрения при контроле равновесия в вертикальной позе и рассчитывался как отношение площади доверительного эллипса в пробе стоя с закрытыми глазами к площади в пробе стоя с открытыми глазами [8]. Согласно статистическим расчетам, время восстановления правильного паттерна простого движения стопой в сагиттальном направлении составило $7,9667 - 0,0055 \times x$, а во фронтальном — $9,5729 - 0,0065 \times x$, где x — коэффициент Ромберга.

ОБСУЖДЕНИЕ

Движение стопой, выполняемое в одной плоскости, к примеру на плоскости опоры, можно расценивать как двигательный акт, формирующийся одновременно на нескольких сенсомоторных уровнях за два периода, согласно теории Н.А. Бернштейна. На первом, как известно, определяется ведущий уровень, формируется состав необходимых для достижения результата движений, происходит их корректировка для адаптации к окружающим условиям и наконец наступает автоматизация — процесс перевода управления движением на нижние уровни организации движения. Точность выполнения движения зависит от количества его повторений, поэтому выявить минимальную эффективную «дозу тренировки» особенно актуально.

Во втором периоде, когда стандартизируется и стабилизируется полученный в движении результат, достигается «несбиваемость», его резистентность к различного рода препятствиям. Происходит переход с ведущего уровня на автоматизм, а с него на фоновый автоматизм, т. е. формируется навык определенного движения. Само движение требует совершенствования для правильного и точного выполнения.

Задействуя мышцы дистальных отделов пораженной нижней конечности при более простом двигательном акте,

человек создает себе некую «базу» для формирования более сложных движений по перемещению в пространстве и поддержанию равновесия, востребованных в реальной повседневной жизни.

По нашим данным, клинические функциональные шкалы, отражающие мышечную силу дистальных отделов паретичной нижней конечности и равновесие, не выявили особенности применения целенаправленного тренинга движений стопой. У лиц с умеренным парезом, которые не проходили тренировки, не было существенной динамики по показателю равновесия шкалы баланса Берга. У лиц с более серьезным парезом трудности поддержания баланса тела более выражены [9].

У пациентов группы сравнения показатели по шкале баланса Берга изначально были выше и при выписке статистически значимо отличались от таковых у участников основной группы, что продемонстрировало эффективность комплекса проводимых реабилитационных мероприятий вне зависимости от тренинга движений стопой. Данный результат связан со сложной иерархической системой регуляции баланса тела человека и значимостью сенсорной, когнитивной, эмоциональной составляющих, а также мышечно-суставного комплекса обеих нижних конечностей, тазового пояса и позвоночника [10].

Известно, что биомеханические объективные показатели более чувствительны к минимальным изменениям состояния баланса человека [11]. Обнаруженное нами улучшение стабилметрических показателей изолированно в основной группе свидетельствует о положительном влиянии целенаправленного тренинга движений стопой на состояние равновесия в целом, что подтверждает мнение о необходимости сенсомоторных тренировок, особенно с целенаправленной отработкой движений паретичной стопой [12, 13].

По нашим данным, наиболее чувствительными к двигательной реабилитации оказались стабилметрические показатели — скорость перемещения центра давления, площадь и энергоёмкость статокинезиограммы при закрытых глазах. Биомеханические характеристики ранее выделялись как высокочувствительные, особенно к микроизменениям, которые происходят при восстановлении равновесия [11].

Пациентам с легким парезом стопы при инсульте следует рекомендовать курс тренинга, состоящий не менее чем из 6 сеансов занятий по 10 повторений (всего 60 повторений), а с умеренным — из 8 (80 повторений), что превышает показатели зарубежных исследований, в которых для достижения стабильного результата было необходимо 2–4 тренировочных испытания для движений, осуществляемых также в коленных и голеностопных суставах [14].

Подобные различия, вероятно, связаны с большим интервалом времени между проведением исследования и инсультом, а также с исключением из выборки пациентов с психологическими проблемами тревожности или депрессии.

Следует обратить внимание на то, что, по нашим данным, восстановление движений стопой во фронтальной плоскости на один сеанс «отстает» от такового в сагиттальной. В нашем исследовании пациенты совершали произвольные движения стопой в одной горизонтальной плоскости по предлагаемой прямолинейной траектории в сагиттальном и фронтальном направлениях.

Значимость тренировки движений по линейной, круговой или произвольной траектории подтверждается в ряде исследований [15]. Выработка моторного навыка зависит от инди-

видуальной реактивности нейробиологических процессов у конкретного пациента [16]. Считается, что результат реабилитационных занятий зависит от частоты и интенсивности их проведения — большой запланированный объем занятий и большая их продолжительность — определяют лучшие результаты. Например, терапия в течение $57,41 \pm 44,88$ часа имела больший успех, чем занятия, выполнявшиеся реже и меньше по времени — $24,08 \pm 30,39$ часа [17].

Необходимая длительность тренировки часто сопряжена с ее типом и переносимостью физической нагрузки. Для тренировки сложных двигательных навыков (например, ходьбы по беговой дорожке, велоэргометрии) требуются интенсивные длительные занятия [18]. Многократное повторение нужных упражнений способствует улучшению баланса и увеличению силы пораженной конечности [19].

Перечисленные факты подтвердились и в нашем исследовании с учетом биомеханических изменений объективных показателей баланса: посещая регулярные тренировки, пациенты из основной группы выходили на постоянный индивидуально максимальный результат к 60–80-му повторению задания, имели лучшие показатели скорости, площади и энергоёмкости статокинезиограммы, нежели участники группы сравнения, которые выполняли упражнения лишь дважды (при поступлении и выписке).

При анализе факторов, влияющих на восстановление движений стопой, было установлено, что наибольший положительный эффект давали высокая мотивация к реабилитации, а также сохранность когнитивных функций. Аналогичные данные ранее получены и другими исследователями у пациентов с инсультом на разных стадиях заболевания [20–22]. Для успешной реабилитации необходима не только работа медицинского персонала, но и активное вовлечение в реабилитационный процесс самого больного, сохранность когнитивных функций, психическое и эмоциональное благополучие [22, 23].

Кроме того, выявлено, что на некоторые аспекты баланса (динамику площади статокинезиограммы) влияло также использование пациентом зрительного анализатора — чем меньше больной визуально контролировал свое равновесие, тем лучше у него были результаты оценки баланса. Это подтверждает огромную роль зрения в поддержании баланса тела.

К таким же выводам пришли и иностранные коллеги, попробовав внедрить депривацию зрения в реабилитацию пациентов, перенесших инсульт. Отметив положительную динамику со стороны равновесия, они сделали заключение о важности участия в процессе реабилитации вестибулярно-го и проприоцептивного аппаратов [24].

Значительное влияние зрения на восстановление равновесия пациентов обуславливает использование принципов визуальной биологической обратной связи [25]. Данный вариант обратной связи применялся и в нашем исследовании. Интерес вызывает верхняя граница «дозы» необходимой для успешной реабилитации нагрузки, не допускающая утомления и перегрузки при выполнении движений [26]. В ходе нашего исследования выявлено, что в рамках одного занятия после 8–9 успешных повторений из 10 у пациентов начинала проявляться усталость, снижалась эффективность (увеличивалось время и появлялись ошибки выполнения), в связи с чем больным был необходим небольшой отдых (1–2 минуты). Эта пауза дополнялась эмоциональной поддержкой и одобрением выполняемой пациентом работы, ее оценкой.

Подобная положительная обратная связь, как известно, необходима для улучшения двигательного паттерна, причем, по мнению исследователей, чем чаще она предоставляется пациенту, тем быстрее он обучается, минимизируется количество ошибок. Например, когда 100% попыток выполнения получают обратную связь, это может улучшить исполнение движения во время занятия, а низкочастотная (50% попыток получают обратную связь) или слабая/ослабевающая с течением времени обратная связь способны ухудшить результаты [27]. В то же время некоторые авторы предлагают решать проблему утомления постепенным увеличением нагрузки [28].

Как видим, требовался гибкий подход к тренировочному процессу с постоянным контролем переносимости пациентами предъявляемой нагрузки [19]. Большее количество занятий (в том числе при выработанном навыке) не вызывало утомление у пациентов или регресс достигнутого уровня, а лишь закрепляло наилучший результат. Именно поэтому при подборе режима проведения тренировок можно ориентироваться на получаемый результат и реакцию на предъявляемую физическую нагрузку [29]. Понимание баланса между ними позволит подобрать индивидуальную тренировочную нагрузку и режим ее выполнения, что повысит эффективность проводимой терапии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Двигательная реабилитация с целенаправленной коррекцией движений стопой у пациентов с центральным парезом нижней конечности при инсульте уже за короткое время приводила к улучшению баланса, в первую очередь у пациентов с умеренной степенью снижения мышечной силы в стопе.

Высокой чувствительностью к улучшению моторики стопы отличаются стабилметрические показатели, такие как скорость перемещения центра давления, площадь, энергоёмкость статокнезиограммы.

Пациентам с легким парезом стопы при инсульте следует рекомендовать курс тренинга по отработке движений стопой не менее чем из 6 сеансов по 10 повторений каждый, а с умеренным парезом — из 8 сеансов по 10 повторений. Коррекция прямолинейного движения по плоскости опоры во фронтальной плоскости формируется позднее на одну тренировку, чем в сагиттальной.

Улучшение показателей баланса при целенаправленном тренинге движений стопой отмечалось при изначально высокой мотивации, исходно высоком уровне когнитивных функций и отсутствии тревоги и депрессии с активным включением на протяжении курса реабилитации зрительного контроля в реализацию моторного акта.

Вклад авторов / Contributions

Все авторы внесли существенный вклад в подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Вклад каждого из авторов: Ястребцева И.П. — организация исследования, проверка критически важного содержания, анализ и интерпретация данных, утверждение рукописи для публикации; Добродеева В.Ю. — сбор клинического материала, обработка, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка данных, написание текста рукописи; Гасанбекова А.Р. — обследование и лечение пациентов, обработка, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка данных; Пануева Н.Н. — организация исследования, проверка критически важного содержания; Дерябкина Л.Ю. — отбор, обследование и лечение пациентов.

All authors made a significant contribution to the preparation of the article, read and approved the final version before publication. Special contribution: Yastrebtseva, I.P. — organization of the study, checking of critical content, analysis and interpretation of data, approval of the manuscript for publication; Dobrodeeva, V.Yu. — collection of clinical material, processing, analysis and interpretation of data, statistical processing of data, writing the manuscript; Gasanbekova, A.R. — patients examination and treatment, processing, analysis and interpretation of data, statistical processing of data; Panueva, N.N. — organization of the study, verification of critical content; Deryabkina, L.Yu. — selection, examination and treatment of patients.

Конфликт интересов / Disclosure

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.
The authors declare no conflict of interest.

Финансирование / Funding source

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.
This study was not supported by any external sources of funding.

Этическое утверждение и информированное согласие / Ethics approval and consent for publication

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО Ивановский ГМУ Минздрава России (протокол № 4 от 25.10.2017 г.). Все больные давали информированное согласие на участие в исследовании.
The study was approved by the local ethics committee at Ivanovo State Medical University (protocol No. 4 dated 25.10.2017). All patients over signed the informed consent form.

Об авторах / About the authors

Ястребцева Ирина Петровна / Yastrebtseva, I.P. — профессор кафедры неврологии и нейрохирургии ФГБОУ ВО Ивановский ГМУ Минздрава России; профессор кафедры медицинской реабилитации факультета дополнительного профессионального образования Института непрерывного образования и профессионального развития ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, д. м. н., профессор. eLIBRARY.RU SPIN: 7458-6930. <http://orcid.org/0000-0002-3429-9640>. E-mail: ip.2007@mail.ru
Добродеева Валентина Юрьевна / Dobrodeeva, V.Yu. — ординатор 1-го года обучения по специальности «психиатрия» на кафедре психиатрии, наркологии и психотерапии ФГБОУ ВО Ивановский ГМУ Минздрава России. eLIBRARY.RU SPIN: 8316-6297. <http://orcid.org/0009-0008-6843-9905>. E-mail: Dobrodeeva.valenti@yandex.ru
Гасанбекова Алина Рустамовна / Gasanbekova, A.R. — аспирант кафедры неврологии и нейрохирургии ФГБОУ ВО Ивановский ГМУ Минздрава России. eLIBRARY.RU SPIN: 7448-9612. <http://orcid.org/0000-0001-5053-3305>. E-mail: gasanbekova.a@internet.ru
Пануева Наталья Николаевна / Panueva N.N. — главный врач клиники ФГБОУ ВО Ивановский ГМУ Минздрава России. eLIBRARY.RU SPIN: 4098-3522. <http://orcid.org/0009-0005-3327-9014>. E-mail: klinikaivgma@mail.ru
Дерябкина Лидия Юрьевна / Deryabkina, L.Yu. — к. м. н., врач физической и реабилитационной медицины клиники ФГБОУ ВО Ивановский ГМУ Минздрава России. eLIBRARY.RU SPIN: 9114-4502. <http://orcid.org/0000-0002-5328-7952>. E-mail: deryabkina-72@mail.ru

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ястребцева И.П., Новиков А.Е. Механизм формирования и алгоритм диагностики нарушений постурального баланса при инсульте. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2013;113(12–2):29–34. Iastrebtseva I.P., Novikov A.E. Mechanisms of formation and a diagnostic algorithm of postural disorders in stroke. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2013;113(12–2):29–34. (in Russian)
2. Бронников В.А., Смышчëк В.Б., Мавликаева Ю.А., Кравцов Ю.И. и др. Оценка восстановления двигательных функций у постинсультных пациентов в процессе комплексной реабилитации с использованием роботизированной кинезиотерапии. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2016;116(9):30–4. Bronnikov V.A., Smychek V.B., Mavlikaeva Yu.A., Kravtsov Yu.I. et al. Evaluation of motor skills recovery in post-stroke patients in the process of complex rehabilitation with the use of robotic kinesiotherapy. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2016;116(9):30–4. (in Russian). DOI: 10.17116/jnevro20161169130-34
3. Левин О.С., Боголепова А.Н. Постинсультные двигательные и когнитивные нарушения: клинические особенности и современные подходы к реабилитации. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020;120(11):99–107. Levin O.S., Bogolepova A.N. Poststroke motor and cognitive impairments: clinical features and current approaches to rehabilitation. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2020;120(11):99–107. (in Russian). DOI: 10.17116/jnevro20201201199
4. Ковальчук В.В., Баранцевич Е.Р., Галкин А.С., Гурьянова Е.А. и др. Мультидисциплинарный принцип ведения пациентов после инсульта. Критерии эффективности и факторы успеха реабилитации. Медицинский алфавит. 2020;22:15–21. Kovalchuk V.V., Barantsevich E.R., Galkin A.S., Guryanova E.A. et al. Multidisciplinary principle of management in stroke patients. Criteria of efficiency and factors of successful rehabilitation. Medical Alphabet. 2020;22:15–21. (in Russian). DOI: 10.33667/2078-5631-2020-22-15-21
5. Герасименко М.Ю., Евстигнеева И.С., Кубряк О.В., Бабанов Н.Д. и др. Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации врачей клинических специальностей по теме «Силовые платформы (стабилоплатформы) в оценке регуляции вертикальной позы человека и восстановлении функции равновесия». Учебно-методическое пособие. М.; 2020. 46 с. Gerasimenko M.Yu., Evstigneeva I.S., Kubryak O.V., Babanov N.D. et al. Additional professional program for advanced training of doctors of clinical specialties on the topic “Power platforms (stabiloplatforms) in assessing the regulation of human vertical posture and restoring balance function”. Study guide. M.; 2020. 46 p. (in Russian)
6. Шарапова И.Н., Полукарова Е.А., Коновалова Н.Г. Постуральная регуляция пациентов с гемипарезом на разных этапах раннего восстановительного периода ишемического инсульта. Медицина в Кузбассе. 2023;22(1):69–73. Sharapova I.N., Konovalova N.G., Polukarova E.A. Postural control of patients with hemiparesis at different stages of early recovery period following ischemic stroke. Medicine in Kuzbass. 2023;22(1):69–73. (in Russian). DOI: 10.24412/2687-0053-2023-1-69-73
7. Кубряк О.В. Силовая платформа (стабилоплатформа) и элементы сенсорной физиологии для практической медицины: лекция. В сб.: Четвертая межрегиональная научно-практическая конференция центрально-черноземного региона «Реабилитация пациентов с патологией центральной и периферической нервной систем, травмой и заболеваниями опорно-двигательного аппарата». Воронеж. 27.10.2020 г. Kubryak O.V. Power platform (stabiloplatfrom) and elements of sensory physiology for practical medicine: lecture. In: Fourth interregional scientific and practical conference of the Central Black Earth region “Rehabilitation of patients with pathology of the central and peripheral nervous systems, trauma and diseases of the musculoskeletal system”. Voronezh. 27.10.2020. (in Russian). DOI: 10.13140/RG.2.2.31922.84160
8. Гераскина Л.А., Галаева А.А., Шейхова Р.Д., Фонакин А.В. и др. Нарушения равновесия при хронической ишемии головного мозга: сравнительная эффективность различных методов коррекции. Нервные болезни. 2022;4:3–11. Geraskina L.A., Galaeva A.A., Sheikhova R.Dzh., Fonyakin A.V. et al. Balance disorders in chronic cerebral ischemia: comparative effectiveness of various correction methods. Nervous Diseases. 2022;4:3–11. (in Russian). DOI: 10.24412/2226-0757-2022-12928
9. Li S., Francisco G.E., Zhou P. Post-stroke hemiplegic gait: new perspective and insights. Front. Physiol. 2018;9:1021. DOI: 10.3389/fphys.2018.01021
10. Kossi O., Agbetou M., Noukpo S.I., Triccas L.T. et al. Factors associated with balance impairments amongst stroke survivors in northern Benin: a cross-sectional study. S. Afr. J. Physiother. 2021;77(1):1559. DOI: 10.4102/sajp.v77i1.1559
11. Коновалова Н.Г., Шарапова И.Н., Горыхова Л.Г., Ромашевская Н.И. и др. Постуральная регуляция пациентов в остром периоде ишемического инсульта по данным стабиллометрии. Медицина в Кузбассе. 2021;1:40–4. Konovalova N.G., Sharapova I.N., Gorokhova L.G., Romashevskaya N.I. et al. Postural regulation of patients in the acute period of ischemic stroke according to stabilometer data. Medicine in Kuzbass. 2021;1:40–4. (in Russian). DOI: 10.24411/2687-0053-2021-10007
12. Kim K.H., Jang S.H. Effects of cognitive sensory motor training on lower extremity muscle strength and balance in post stroke patients: a randomized controlled study. Clin. Pract. 2021;11(3):640–9. DOI: 10.3390/clinpract11030079
13. Wu M., Hsu C.J., Kim J. Forced use of paretic leg induced by constraining the non-paretic leg leads to motor learning in individuals post-stroke. Exp. Brain Res. 2019;237(10):2691–703. DOI: 10.1007/s00221-019-05624-w
14. Couto A.G.B., Vaz M.A.P., Pinho L., Félix J. et al. Repeatability and temporal consistency of lower limb biomechanical variables expressing interlimb coordination during the double-support phase in people with and without stroke sequelae. Sensors (Basel). 2023;23(5):2526. DOI: 10.3390/s23052526
15. Wang H., Feng Y., Yu H., Wang Z. et al. Mechanical design and trajectory planning of a lower limb rehabilitation robot with a variable workspace. Int. J. Adv. Robot. Syst. 2018;15(3):172988141877685. DOI:10.1177/1729881418776855
16. Юсупов Ф.А., Юлдашев А.А. Нейропластичность и возможности современной нейрореабилитации. Бюллетень науки и практики. 2022;8(3):251–73. Yusupov F.A., Yuldashev A.A. Neuroplasticity and the possibilities of modern neurorehabilitation. Bulletin of Science and Practice. 2022;8(3):251–73. (in Russian). DOI: 10.33619/2414-2948/76/27
17. Lohse K.R., Lang C.E., Boyd L.A. Is more better? Using metadata to explore dose-response relationships in stroke rehabilitation. Stroke. 2014; 45(7): 2053–8.
18. Charalambous C.C., Alcantara C.C., French M.A., Li X. et al. A single exercise bout and locomotor learning after stroke: physiological, behavioural, and computational outcomes. J. Physiol. 2018;596(10):1999–2016. DOI: 10.1113/JP275881
19. Dorsch S., Elkins M.R. Repetitions and dose in stroke rehabilitation. J. Physiother. 2020;66(4):211–12. DOI: 10.1016/j.jphys.2020.04.001
20. Назметдинова Д.Г., Обуховская В.Б. Особенности когнитивной и эмоционально-волевой сфер пациентов с постинсультными неврологическими нарушениями на разных этапах восстановительного лечения. Психолог. 2020;1. Nazmetdinova D.G., Obukhovskaya V.B. Features of the cognitive and emotional-volitional spheres of patients with post-stroke neurological disorders at different stages of rehabilitation treatment. Psychologist. 2020;1. DOI: 10.25136/2409-8701.2020.1.31680. URL: https://nbpublish.com/Hbrary_read_article.ptp?id=31680 (дата обращения — 15.07.2024).
21. Коваленко Е.А., Боголепова А.Н. Предшествующие инсульту когнитивные нарушения и их влияние на приверженность терапии. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2018;10(2):63–7. Kovalenko E.A., Bogolepova A.N. Pre-stroke cognitive impairment and its impact on medication adherence. Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics. 2018;10(2):63–7. (in Russian). DOI: 10.14412/2074-2711-2018-2-63-67

22. Байрамкулова Д.А., Бекишиева А.Р., Биджиева А.И., Коркмазова А.П. Особенности эмоционального и когнитивного статуса у пациентов с цереброваскулярными заболеваниями. Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2021;11(3):46–9. Bayramkulova D.A., Bekishieva A.R., Bidzhieva A.I., Korkmazova A.P. Features of emotional and cognitive status in patients with cerebrovascular diseases. Bulletin of Medical Internet Conferences. 2021;11(3):46–9. (in Russian)
23. Мишина И.Е., Довгалик Ю.В., Марковнин В.Р., Михайловская Т.В. и др. Технология дистанционного контроля физических тренировок в кардиореабилитации. Вестник Ивановской медицинской академии. 2022;27(4):23–6. Mishina I.E., Dovgaliuk Yu.V., Markovnin V.R., Mikhailovskaya T.V. et al. The technology of remote monitoring of physical training in cardiorehabilitation. Vestnik Ivanovskoj Medicinskoj Akademii. 2022;27(4):23–6. (in Russian). DOI: 10.52246/1606-8157_2022_27_4_23
24. Jandaghi S., Tahan N., AkbarzadehBaghban A., Zoghi M. Stroke patients showed improvements in balance in response to visual restriction exercise. Phys. Ther. Res. 2021;24(3):211–17. DOI: 10.1298/ptr.E10081
25. Yeo S.S., Koo D.K., Ko S.Y., Park S.Y. Effect of balance training in sitting position using visual feedback on balance and gait ability in chronic stroke patients. J. Clin. Med. 2023;12(13):4383. DOI: 10.3390/jcm12134383
26. Seinsche J., de Bruin E.D., Saibene E., Rizzo F. et al. Feasibility and effectiveness of a personalized home-based motor-cognitive training program in community-dwelling older adults: protocol for a pragmatic pilot randomized controlled trial. JMIR Res. Protoc. 2023;12:e49377. DOI: 10.2196/49377
27. Charlton J.M., Eng J.J., Li L.C., Hunt M.A. Learning gait modifications for musculoskeletal rehabilitation: applying motor learning principles to improve research and clinical implementation. Phys. Ther. 2021;101(2):pzaa207. DOI: 10.1093/ptj/pzaa207
28. Устинова К.И., Черникова Л.А., Хижникова А.Е., Пойдашева А.Г. и др. Теоретическое обоснование классических методов двигательной реабилитации в неврологии. Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2018;12(3):54–60. Ustinova K.I., Chernikova L.A., Khizhnikova A.E., Poydasheva A.G. et al. Theoretical basis for classical methods of motor rehabilitation in neurology. Annals of Clinical and Experimental Neurology. 2018;12(3): 54–60. (in Russian). DOI: 10.25692/ACEN.2018.3.7
29. Гроховский С.С., Кубряк О.В. К вопросу о «дозе» двигательной реабилитации после инсульта: обзор. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2018;17(2):66–71. Grokhovsky S.S., Kubryak O.V. Towards the question of “dose” motor rehabilitation after stroke: review. Russian Journal of the Physical Therapy, Balneotherapy and Rehabilitation. 2018;17(2):66–71. (in Russian). DOI: 10.18821/1681-3456-2018-17-2-66-71 

Поступила / Received: 07.06.2024

Принята к публикации / Accepted: 05.09.2024