

Стабилотренинг с биологической обратной связью в реабилитации пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата

Е.А. Мельникова, И.М. Рудь, М.А. Рассулова

ГАОУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы»



Оригинальная
статья

Цель исследования: оценка влияния стабилотренинга с биологической обратной связью (БОС) на состояние постральной функции у пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата.

Дизайн: рандомизированное сравнительное проспективное исследование.

Материалы и методы. В исследовании участвовали 128 больных. В основную группу вошли 104 пациента с постральной неустойчивостью на фоне заболеваний опорно-двигательного аппарата (артроза коленного или тазобедренного суставов, состояния после эндопротезирования коленного или тазобедренного суставов). Контрольную группу составили 24 пациента также с ведущим синдромом постральной неустойчивости периферического генеза. Основой реабилитационных мероприятий в основной группе был стабилотренинг с БОС, участники контрольной группы его не проходили.

Результаты. Клиническое улучшение отмечено у 85% пациентов основной и 64% контрольной группы. Таким образом, компьютерный стабилотренинг с БОС повышает эффективность реабилитации за счет значимого снижения интенсивности боли, нарастания мышечной силы в проксимальных отделах бедра, улучшения мобильности и функции сустава. У пациентов основной группы стандартное отклонение медиолатерально улучшилось на 53,3%, у пациентов контрольной группы — только на 39,5%. Следовательно, компьютерный стабилотренинг с БОС позволяет проводить коррекцию постральной неустойчивости эффективнее, чем лечебная физкультура для восстановления баланса, благодаря формированию адекватной и достаточной двигательной стратегии.

Заключение. Стабилотренинг с БОС является эффективным немедикаментозным методом коррекции пострального баланса, купирования болевого синдрома, восстановления силы мышц туловища и конечностей, а также методом профилактики прогрессирования нарушений функции суставов.

Ключевые слова: компьютерный стабилотренинг, биологическая обратная связь, двигательная стратегия.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Мельникова Е.А., Рудь И.М., Рассулова М.А. Стабилотренинг с биологической обратной связью в реабилитации пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата // Доктор.Ру. 2019. № 1 (156). С. 53–58. DOI: 10.31550/1727-2378-2019-156-1-53-58

Biofeedback Stabilization in the Rehabilitation of Patients with Musculoskeletal System Disorders: the Results of the Own Research

Е.А. Melnikova, I.M. Rud, M.A. Rassulova

Moscow Scientific and Research Centre of Medical Rehabilitation, Restorative and Sport Medicine at Moscow Department of Health; 53 Zemlyanoy Val Str., Moscow, 105120, Russian Federation



Original
Paper

Study Objective: The aim of the study was to assess the effect of stabilization with biofeedback (BFB) on the postural function condition in patients with musculoskeletal system disorders.

Study Design:

Materials and Methods: 104 patients of the main group with postural instability of peripheral genesis associated with coxarthrosis, gonarthrosis and after endoprosthesis replacement of the joints in lower extremities and 24 patients of the control group were examined. The basis of rehabilitation activities in the main group was stabilization training with biofeedback.

Study Results: It has been established that the use of computer stabilization training with biofeedback increases the effectiveness of rehabilitation by 21% due to a significant reduction in pain intensity, increase in muscle strength in the proximal femur, improvement of mobility and joint function. Computer stabilization training with BFB makes it possible to correct postural instability by 13.8% more efficiently due to the formation of an adequate and sufficient motor strategy compared to methods of medical physical culture to restore balance.

Conclusion: The advantage of using computer stabilization with biofeedback to restore postural function in patients with musculoskeletal system disorders compared to the method of physical therapy to restore balance has been proven.

Keywords: computer stabilization, biofeedback, motor strategy.

The authors declare that they do not have any conflict of interests.

For reference: Melnikova E.A., Rud I.M., Rassulova M.A. Biofeedback Stabilization in the Rehabilitation of Patients with Musculoskeletal System Disorders: the Results of the Own Research. Doctor.Ru. 2019; 1(156): 53–58. DOI: 10.31550/1727-2378-2019-156-1-53-58

Мельникова Екатерина Александровна — д. м. н., главный научный сотрудник отдела медицинской реабилитации ГАОУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ». 105120, г. Москва, ул. Земляной вал, д. 53. eLIBRARY.RU SPIN: 8558-0908. E-mail: melkaterina3@yandex.ru

Рассулова Марина Анатольевна — д. м. н., профессор, первый заместитель директора ГАОУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ». 105120, г. Москва, ул. Земляной вал, д. 53. eLIBRARY.RU SPIN: 9763-9952. E-mail: mtrpcsm@zdrav.mos.ru

Рудь Инесса Михайловна — научный сотрудник отдела медицинской реабилитации ГАОУЗ «МНПЦ МРВСМ ДЗМ». 105120, г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 53. eLIBRARY.RU SPIN: 4493-1609. E-mail: rudinessa@mail.ru

Значение применения аппаратов с биологической обратной связью (БОС), обеспечивающих не только улучшение возврата биологической информации, но и ее обработку за счет когнитивного тренинга, в реабилитационной медицине трудно переоценить, поскольку оно позволяет реализовать индивидуальный подход к проведению реабилитационных мероприятий у различных категорий пациентов. Тем не менее сами понятия БОС и сопутствующего когнитивного тренинга чаще употребляются в контексте реабилитации состояний, обусловленных поражением ЦНС. Что же касается реабилитации пациентов с синдромом нарушения равновесия периферического генеза, то необходимость и целесообразность применения БОС в сочетании с когнитивным тренингом недостаточно изучены [1–9].

Стабилотренинг с БОС воздействует на:

- состояние нейропластичности путем обучения и постоянных тренировок (включаются резервы памяти и ранее приобретенного опыта поведения) [10, 11];
- функциональную реорганизацию корковых полей при выполнении сложного задания [12];
- пластичность первичных сенсорных зон [13].

Мы полагаем, что стабилотренинг с БОС также обеспечивает пластичность вторичных соматосенсорных зон, модулируемых когнитивными зонами мозга, в условиях сенсорной депривации, а также выработку адаптивного поведения при поддержании равновесия в результате улучшения функции планирования и контроля произвольной деятельности, осуществляемой лобными долями головного мозга.

Прибор для тренировки с БОС состоит из сенсорного экрана и педальной платформы с опорой. Динамическая бипедальная платформа представляет собой высокоточную платформу определения нагрузки, оснащенную тензодатчиками. Она позволяет оценивать и тренировать функции проприоцептивной системы при полной нагрузке в динамике. Кроме того, в процессе стабилотренинга происходит диагностика возможностей пациента адаптироваться в пространстве с учетом взаимодействия трех систем: периферической (механорецепторов), промежуточной (афферентной вестибулярной) и центральной (афферентной зрительной).

В компьютерном стабилотренинге с БОС используют целенаправленные движения, выполняемые в процессе игры. Движения дозируют и повторяют в соответствии с поставленными целями и задачами. Цель достигается путем обучения пациентов перемещению и контролю центра давления (ЦД), в основном с помощью зрительного и/или вестибулярного обратного сигнала [14].

Тренировка включает следующие этапы:

- получение информации о состоянии функциональных систем, реализующих постуральный контроль;
- постановка цели (в игре);
- принятие решения;
- выработка стратегии достижения цели;
- повторные контролируемые упражнения при создании положительной мотивации;
- получение итоговой информации о состоянии функциональных систем (стабилометрической информации) [15].

Целью исследования являлась оценка влияния стабилотренинга с БОС на состояние постуральной функции у пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено рандомизированное сравнительное проспективное исследование. Все пациенты подписывали информиро-

ванное согласие на участие в нем. Критерии включения: возраст от 18 до 80 лет; наличие постуральной неустойчивости периферического генеза, объективно подтвержденной при стабилотрическом исследовании; отсутствие снижения когнитивных функций до уровня деменции II–III степени. Критерии исключения: отказ пациента от участия в исследовании; наличие ОНМК, а также черепно-мозговых травм средней и тяжелой степени в анамнезе; постуральные расстройства центрального генеза; общие противопоказания для проведения реабилитационных мероприятий.

Исследование проведено на базе филиала № 3 ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы» в 2015–2018 гг.

В исследовании участвовали 128 больных. В основную группу вошли 104 пациента с постуральной неустойчивостью на фоне заболеваний опорно-двигательного аппарата (артроза коленного или тазобедренного суставов, состояния после эндопротезирования коленного или тазобедренного суставов). Реабилитационные мероприятия включали:

- медикаментозное лечение;
- механотерапию в индивидуальном объеме;
- ЛФК № 10, направленную на восстановление баланса;
- ручной или аппаратный массаж № 10;
- стабилотренинг с БОС на аппарате Prokin фирмы TechnoBody (компьютерная игра «Лыжи» № 10) продолжительностью 20 минут ежедневно.

Контрольную группу составили 24 пациента также с ведущим синдромом постуральной неустойчивости периферического генеза. Участники контрольной группы проходили те же реабилитационные мероприятия, что и пациенты основной группы, кроме компьютерного стабилотренинга с БОС. Контроль состояния пациентов проводили по завершении указанного курса реабилитации.

В основной группе было 72 (69,2%) женщины и 32 (30,8%) мужчины, в контрольной группе — 18 (75%) женщин и 6 (25%) мужчин. Средний возраст пациентов основной группы составил $58,31 \pm 14,26$ года, контрольной группы — $67,08 \pm 9,17$ года. Статистически значимых различий по возрасту между группами нет ($p > 0,05$).

Проведены следующие обследования:

- клинический ортопедический, неврологический осмотр;
- клиническое нейропсихологическое обследование с качественной и количественной оценкой результатов;
- оценка по общим и локальным реабилитационным шкалам;
- контроль динамики выраженности болевого синдрома и мышечной силы;
- стабилотрическое обследование в динамике;
- рентгенография/КТ/МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника и суставов нижних конечностей;
- ЭЭГ головного мозга;
- дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий.

Статистическая обработка данных осуществлялась на персональном компьютере с использованием стандартного пакета SPSS v. 23. Для проверки формы распределения в выборке использовали тест Колмогорова — Смирнова. Для сравнения двух независимых выборок, имеющих данные, подчиняющиеся нормальному распределению, применяли параметрический t-тест. При сравнении двух независимых выборок, имеющих данные, не подчиняющиеся нормальному распределению, использовали непараметрический U-тест по методу

Манна — Уитни. Две зависимые выборки сравнивали с помощью непараметрического теста Вилкоксона. Статистически значимыми считали различия при $p \leq 0,05$.

В случае параметрического распределения данные представлены как $M \pm \delta$, т. е. среднее значение и его стандартное отклонение. При непараметрическом распределении указаны медианы значений в выборке, далее в квадратных скобках представлены 25-й и 75-й процентиля.

Пациенты обеих групп до реабилитации в 95% случаев имели степени нарушения функции суставов ФНС-I (I степень — движения ограничены в пределах 30°, амплитуда их ограничений не превышает 20–30°; для коленного сустава амплитуда движений сохраняется в пределах не менее 50° от функционально выгодного положения) и ФНС-II (II степень включает значительное (на 30–60%) ограничение движений во всех плоскостях, объем движений не выше 45–50%, амплитуда движений снижается до 45–20°; при поражениях тазобедренного сустава амплитуда движений в разных направлениях не превышает 50°). Степень ограничения жизнедеятельности по шкале Лекена у участников была выраженной и резко выраженной (суммарный индекс 8–10 и 11–13 соответственно); результаты оценки функции тазобедренного сустава по системе W.H. Harris [16] — как неудовлетворительными, так и удовлетворительными; индекс ходьбы Хаузера — 3–4 [16].

Кроме того, у всех участников до реабилитации степень выраженности болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале — не более 4 баллов; мышечная сила в проксимальных отделах бедра до реабилитации по шкале Комитета медицинских исследований у 95% пациентов — не менее 3 баллов [17]. По шкале Morse Fall у 75% участников основной группы и у 100% контрольной группы установлены высокий риск падений, высокий уровень коморбидности, снижение мобильности и, следовательно, нарушение адаптации в повседневной жизни [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Значимая положительная динамика показателей клинического статуса и стабилметрических параметров на фоне стабилотренинга с БОС наблюдалась у 85% пациентов основной группы (табл.).

Выявлены стабилметрические параметры, улучшение которых в процессе стабилотренинга у пациентов основной группы не было статистически значимым: средняя скорость перемещения ЦД вперед-назад: до стабилотренинга — 9,5 [8,0; 13,0] мм/с, после — 8,0 [5,0; 10,75] мм/с; средние показатели стабильности в основной стойке во фронтальной плоскости за 10 тестовых попыток при проведении стабилотренинга: до стабилотренинга — 6,0 [–5,0; 15,0] мм, после — 1,0 [–4,0; 7,0] мм, в сагиттальной плоскости: до стабилотренинга — –14 [–31,0; 0,0] мм, после — –10 [–20; 1,0] мм; стандартное отклонение туловища вперед-назад, выражаемое в градусах и клинически характеризующееся компенсаторным пошатыванием туловища с включением тазобедренной стратегии без необходимости дополнительных движений стопами: до стабилотренинга — 2,06 [1,0; 4,45] градусов, после — 2,12 [1,17; 4,05] градусов; средняя вариация силы давления стопами на опору: до стабилотренинга — 1,3 [0,8; 2,1] кг, после — 1,1 [0,7; 2,05] кг.

Важно отметить, что характеристики движения во фронтальной плоскости по сравнению с сагиттальной на фоне стабилотренинга улучшаются по всем основным параметрам (скоростные характеристики, смещение ЦД в мм). В литера-

туре на сегодняшний день отсутствуют объяснения подобного феномена, однако можно предположить, что преимущественное улучшение движений во фронтальной плоскости обусловлено улучшением согласованности горизонтальных движений глаз и сопряженности окуло-вестибуло-фронтальных связей.

Сравнение средних показателей стабилотренинга у пациентов контрольной группы до и после курса реабилитации показало статистически значимое улучшение только по следующим параметрам: стандартное отклонение вперед-назад (до реабилитации — 6,0 [4,25; 8,75] мм, после — 5,0 [4,0; 6,0] мм, $p = 0,000$), стандартное отклонение медиолатерально (до реабилитации — 4,5 [3,0; 7,0] мм, после — 2,72 [2,2; 6,5] мм, $p = 0,000$).

По ряду параметров в контрольной группе в отличие от основной выявлено статистически значимое ухудшение ($p < 0,05$): средняя скорость ЦД вперед-назад (в мм/с), а также медиолатерально (в мм/с), площадь эллипса (в мм²), периметр (в мм), среднее отклонение ЦД по осям X и Y. При этом клиническое улучшение отмечено у 64% пациентов контрольной группы.

Такую динамику стабилметрических параметров, сопровождающуюся тем не менее клиническим улучшением, можно

Таблица

Динамика постральной функции у пациентов основной группы на фоне стабилотренинга (представлено только статистически значимое улучшение при $p < 0,05$), медиана [25-й; 75-й процентиля]

Показатели	До стабилотренинга	После стабилотренинга
<i>Данные клинического исследования</i>		
Интенсивность боли по визуальной аналоговой шкале, баллы	3,0 [2,25; 3,0]	2,0 [1,0; 2,0]
Нарушение функции сустава	2,5 [2,0; 3,0]	2,0 [1,0; 2,0]
Мышечная сила, баллы	3,0 [2,25; 3,0]	4,00 ± 0,62*
Мобильность по Morse Fall Scale, уровень	2,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 2,0]
<i>Параметры стабилотренинга</i>		
Стандартное отклонение вперед-назад, мм	5,0 [4,0; 7,0]	4,0 [2,25; 6,0]
Стандартное отклонение медиолатерально, мм	3,0 [3,0; 5,75]	1,4 [1,1; 4,0]
Средняя скорость медиолатерально, мм/с	5,0 [3,0; 8,0]	3,5 [2,0; 6,75]
Площадь эллипса, мм ²	283,5 [164,25; 513,5]	228,5 [92,5; 292,0]
Стандартное отклонение туловища медиолатерально, градусы*	28,73 ± 5,75	29,13 ± 4,86
Избыточный периметр, мм	21,0 [11,0; 40,0]	12,0 [6,0; 23,5]

* Результаты представлены в форме $M \pm \delta$.

объяснить направленностью тренировок ЛФК, ориентированных в первую очередь на нарастание мышечной силы. При проведении компьютерного стабилотренинга с БОС, кроме того, происходит полимодальное воздействие, позволяющее улучшить скорость индивидуальной нейродинамики, упорядочить сенсорный поток и нормализовать работу центрального афферентного компонента регуляции движений.

По сравнению с участниками контрольной группой у пациентов основной группы эффективность реабилитации была выше за счет более эффективного улучшения клинических показателей. При этом в основной группе интенсивность болевого синдрома регрессировала в среднем на 33%, в контрольной — на 15%; в основной группе функция сустава улучшилась на 20%, в контрольной — на 19%, а мобильность — на 50% и 29% соответственно. Мышечная сила в основной группе увеличилась на 33%, в контрольной — на 16%.

У пациентов основной группы стандартное отклонение медиолатерально улучшилось на 53,3%, у пациентов контрольной группы — только на 39,5%. Следовательно, компьютерный стабилотренинг с БОС позволяет проводить коррекцию постуральной неустойчивости эффективнее, чем ЛФК для восстановления баланса, благодаря формированию адекватной и достаточной двигательной стратегии.

ОБСУЖДЕНИЕ

На сегодняшний день известно, что постуральный контроль является результатом биомеханического и рефлекторного взаимодействия всех мышц туловища и конечностей, а также регулирующих влияний ЦНС. Стабильность сустава определяется статической (взаимоотношения суставных поверхностей и капсульно-связочного аппарата) и динамической (работа мышц, участвующих в функционировании сустава в покое и движении) составляющих. Нарушение стабильности сустава приводит к увеличению нагрузки на гиалиновый хрящ, сосудистым изменениям синовиальной оболочки с прогрессирующим развитием воспалительных и дегенеративных изменений. Для правильного функционирования динамической составляющей необходима адекватная импульсация от проприоцепторов, расположенных в основном в суставной капсуле и сухожилиях мышц. При деформирующих артрозах различной этиологии выявляют нарушения проприоцепции, нарастающие по мере прогрессирования заболевания [1].

Любые нарушения нормального двигательного стереотипа, как правило, характеризуются замедлением скорости передвижения. Выделяют несколько этапов компенсации двигательных нарушений. На первом этапе происходит компенсаторная перестройка функции пораженной конечности, здоровая конечность не вовлекается в процесс. Следующий этап сопровождается вовлечением здоровой конечности в компенсаторный процесс: сначала происходит перераспределение нагрузки, и здоровая конечность становится опорной, а пораженная выполняет функцию переноса, затем здоровая конечность «копирует» функцию больной с целью уменьшения функциональной асимметрии [4, 5, 7]. Чем больше степень двигательного дефекта, тем больше в процесс компенсации вовлекаются таз и поясничный отдел позвоночника [19].

Одной из причин постуральной неустойчивости у пациентов с первичным или вторичным вовлечением в патологический процесс позвонково-двигательного сегмента поясничного отдела позвоночника является болевой синдром, который вместе с уменьшением опороспособности ниж-

ней конечности ведет к вынужденному снижению весовой нагрузки на стороне поражения. При использовании стабилотренинга улучшается статодинамическая функция, а восстановление постуральной устойчивости происходит по мере уменьшения болевого синдрома и нормализации статической нагрузки на нижние конечности, что согласуется с полученными нами результатами [19]. При исследовании динамических взаимодействий нижних конечностей с опорой установлено, что пациенты с рентгенологически подтвержденными дегенеративными изменениями в позвоночнике имеют хроническую перегрузку в суставах конечностей с развитием воспалительных и инволютивных изменений [6, 20].

Показаны положительные эффекты применения стабилотренинга с БОС при реабилитации пациентов с миофасциальным болевым синдромом пояснично-крестцовой локализации, с анкилозирующим спондилитом, с последствиями несросшихся и неправильно сросшихся переломов нижних конечностей и таза, а также при патологии связочного аппарата коленного сустава и дегенеративно-дистрофических заболеваниях тазобедренного сустава [21–23]. В результате применения данного метода удавалось устранить дисбаланс мышечных групп в области поясничного отдела позвоночника и нижних конечностей [22–24].

Особо следует отметить, что в настоящее время основным способом лечения пациентов с патологией тазобедренного и коленного суставов является тотальное эндопротезирование. В связи с этим данные больные все чаще обращаются к врачам-ортопедам и неврологам в разные сроки после операции в связи с сохраняющимися жалобами на боль в спине и в ноге, неустойчивость при ходьбе, нарушение походки. Из-за индивидуальных анатомо-физиологических особенностей оперированной и контралатеральной конечностей, длительного отсутствия опорной функции пораженной конечности, изменений со стороны нервно-мышечного аппарата обеих нижних конечностей такие пациенты нуждаются в своевременной эффективной реабилитации для восстановления постуральной функций [24]. Полное или частичное ее восстановление у больных после эндопротезирования чаще достигается в сроки от 3,5 до 8 месяцев после оперативного вмешательства, когда в костной ткани преобладают процессы регенерации [25]. Имеются данные о том, что длительность восстановления постуральной функции после первичной артропластики может составлять не менее 2 лет [2].

Основные задачи восстановительного периода — интеграция оперированной конечности, тренировка параартикулярных мышц для повышения выносливости к длительным статическим и динамическим нагрузкам с целью разгрузки оперированного сустава, а также двигательная адаптация при ходьбе, подъеме, спуске по лестнице, восстановление правильного стереотипа движений в повседневной активности. Стабилотренинг рекомендовано использовать с третьей недели послеоперационного периода. Стабилотренинг с БОС способствует укреплению параартикулярных мышц, улучшению нейротрофических процессов в тканях [9, 14, 26].

При изучении восстановления постуральной функции у пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава выявлены основные стабилотметрические параметры, позволяющие осуществлять динамический контроль: положение ЦД, площадь и длина статокинезиограммы [1]. Процесс восстановления постуральной функции, как правило, сопровождается уменьшением отклонения ЦД медиолатерально, а также площади статокинезиограммы [5, 6],

что подтверждается полученными нами результатами. В нашем исследовании тоже показано снижение отклонения ЦД вперед-назад.

Стабилометрическое исследование используют у пациентов после эндопротезирования коленных суставов для оценки эффективности выполненного оперативного вмешательства [26, 27]. Прогностически значимыми стабиллометрическими параметрами в этом случае являются отклонение ЦД в сагиттальной плоскости, периметр и площадь стахокинезиограммы, скорость перемещения ЦД. Положительная динамика этих параметров важна для решения вопроса о целесообразности эндопротезирования второго коленного сустава в случае двустороннего поражения [27].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последнее время в реабилитационные программы пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата с постуральной неустойчивостью все чаще включают биомеханические методы, в частности стабиллотренинг, что указано в клинических рекомендациях.

Важно отметить, что, несмотря на длительное применение стабиллометрии и стабиллотренинга с биологической обратной связью (БОС) в диагностике функционального состояния и реабилитации постуральных расстройств у пациентов с заболеваниями и травмами опорно-двигательного аппарата, на сегодняшний день имеется относительно небольшое количество исследований, посвященных данной проблеме. Кроме того, учитывая большой спектр нозологических форм,

относящихся к патологии опорно-двигательного аппарата, распределение всей совокупности имеющихся исследований по нозологиям демонстрирует либо отсутствие, либо наличие не более одного-двух научных исследований по отдельным заболеваниям.

Как показано в проведенном нами исследовании, стабиллотренинг с БОС является эффективным немедикаментозным методом коррекции постурального баланса, купирования болевого синдрома, восстановления силы мышц туловища и конечностей, а также методом профилактики прогрессирования нарушений функции суставов у рассматриваемой группы пациентов, что согласуется с результатами, полученными другими авторами.

Мы полагаем, что при заболеваниях опорно-двигательного аппарата и после эндопротезирования суставов нижних конечностей вероятным основным механизмом восстановления симметричности и уменьшения нестабильности основной стойки на фоне компьютерного стабиллотренинга с БОС ставится упорядочивание сенсорного потока от периартикулярных тканей, что приводит к улучшению работы центрального афферентного компонента регуляции движений. При выраженном нарушении анатомической структуры периартикулярных тканей (вследствие замены тазобедренного или коленного сустава) компенсация симметричности и нестабильности, вероятно, происходит по механизму когнитивно-опосредованного изменения двигательной стратегии, что имеет большое значение при планировании лечебно-реабилитационных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Кирпичев И.В. Динамика изменений проприоцептивной регуляции после первичной артропластики тазобедренного сустава. *Вестн. Ивановской медицинской академии*. 2015; 4(20): 44–8. [Kirpichev I.V. Dinamika izmenenii propriotseptivnoi regulyatsii posle pervichnoi artroplastiki tazobedrennogo sustava. *Vestn. Ivanovskoi meditsinskoi akademii*. 2015; 4(20): 44–8. (in Russian)]
2. Кирпичев И.В. Динамика изменений стабиллометрических показателей у пациентов после первичной артропластики тазобедренного сустава. *Соврем. Пробл. науки и образования*. 2015; 5. www.science-education.ru/128-22410 (дата обращения — 15.12.2018). [Kirpichev I.V. Dinamika izmenenii stabilometricheskikh pokazatelei u patsientov posle pervichnoi artroplastiki tazobedrennogo sustava. *Sovrem. Probl. nauki i obrazovaniya*. 2015; 5. www.science-education.ru/128-22410 (data obrashcheniya — 15.12.2018). (in Russian)]
3. Ястребцева И.П., Кочетков А.В., Николаева С.В. Функциональное восстановление моторики после инсульта с позиций доказательной медицины. *Доктор.Ру*. 2016; 4(121): 26–9. [Yastrebtseva I.P., Kochetkov A.V., Nikolaeva S.V. Funktsional'noe vosstanovlenie motoriki posle insul'ta s pozitsii dokazatel'noi meditsiny. *Doktor.Ru*. 2016; 4(121): 26–9. (in Russian)]
4. Агаджанян В.В., Пронских А.А., Михайлов В.П. Восстановление двигательной функции у больных с патологией тазобедренных суставов методом эндопротезирования. *Травматология и ортопедия России*. 2002; 1: 24–7. [Agadzhanyan V.V., Pronskikh A.A., Mikhailov V.P. Vosstanovlenie dvigatel'noi funktsii u bol'nykh s patologiei tazobedrennykh sustavov metodom endoprotezirovaniya. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2002; 1: 24–7. (in Russian)]
5. Скворцов Д.В., Ларина В.Н., Быков А.А. Поясничный остеохондроз. Вероятная связь клиники и функционального состояния опорно-двигательного аппарата. *Вертебрология*. 1993; 1: 33–6. [Skvortsov D.V., Larina V.N., Bykov A.A. Poyasnichnyi osteokhondroz. Veroyatnaya svyaz' kliniki i funktsional'nogo sostoyaniya oporno-dvigatel'nogo apparata. *Vertebrologiya*. 1993; 1: 33–6. (in Russian)]
6. Скворцов Д.В., Иванова Г.Е., Поляев Б.А., Стаховская Л.В. Диагностика и тестирование двигательной патологии инстру-
ментальными средствами. *Вестн. восстановительной медицины*. 2013; 5: 74–8. [Skvortsov D.V., Ivanova G.E., Polyayev B.A., Stakhovskaya L.V. Diagnostika i testirovanie dvigatel'noi patologii instrumental'nymi sredstvami. *Vestn. vosstanovitel'noi meditsiny*. 2013; 5: 74–8. (in Russian)]
7. Кубряк О.В., Гроховский С.С. Практическая стабиллометрия. Статические двигательные-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции. М.: Мaska; 2012. 88 с. [Kubryak O.V., Grokhovskii S.S. Prakticheskaya stabilometriya. Statische dvigatel'no-kognitivnye testy s biologicheski obratnoi svyaz'yu po opornoj reaksii. М.: Maska; 2012. 88 s. (in Russian)]
8. Безгодков Ю.А., Воронцова Т.Н., Ауди К. Различные методы объективной оценки состояния пациентов, перенесших эндопротезирование тазобедренного сустава. *Профилактик. и клин. мед.* 2011; 2(39): 93–103. [Bezgodkov Yu.A., Vorontsova T.N., Audi K. Razlichnye metody ob'ektivnoi otsenki sostoyaniya patsientov, perenesshikh endoprotezirovanie tazobedrennogo sustava. *Profilakt. i klin. med.* 2011; 2(39): 93–103. (in Russian)]
9. Василькин А.К., Шапарюк С.И., Шевченко С.Б., Денисов А.О. Метод биологически обратной связи в комплексе реабилитации после эндопротезирования тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2016; 4(22): 35–44. [Vasil'kin A.K., Shaparyuk S.I., Shevchenko S.B., Denisov A.O. Metod biologicheski obratnoi svyazi v komplekse reabilitatsii posle endoprotezirovaniya tazobedrennogo sustava. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2016; 4(22): 35–44. (in Russian)] DOI: 10.21823/2311-2905-2016-22-4-35-44
10. Kolb B., Teskey G.C., Gibb R. Factors influencing cerebral plasticity in the normal and injured brain. *Front. Hum. Neurosci.* 2010; 4: 1–12. doi: 10.3389/fnhum.2010.00204
11. Nudo R.J. Postinfarct cortical plasticity and behavioral recovery. *Stroke*. 2007; 38(suppl.2): S840–5. DOI: 10.1161/01.STR.0000247943.12887.d2
12. Plautz E.J., Milliken G.W., Nudo R.J. Effects of repetitive motor training on movement representations in adult squirrel monkeys: role of use versus learning. *Neurobiol. Learn. Mem.* 2000; 74(1): 27–55. DOI: 10.1006/nlme.1999.3934
13. Boly M., Coleman M.R., Davis M.H., Hampshire A., Bor D., Moonen G. et al. When thoughts become action: an fMRI paradigm to study

- volitional brain activity in non-communicative brain injured patients. *Neuroimage*. 2007; 36(3): 979–92. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.02.047
14. Кубряк О.В. Учебная программа дополнительного послевузовского профессионального образования (аспирантура, тематическое усовершенствование): стабилметрия и биологически обратная связь по опорной реакции. М.: НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина; 2016. 8 с. [Kubryak O.V. Uchebnaya programma dopolnitel'nogo poslevuzovskogo professional'nogo obrazovaniya (aspirantura, tematicheskoe usovershenstvovanie): stabilometriya i biologicheski obratnaya svyaz' po opornoj reaktcii. M.: NII normal'noi fiziologii im. P.K. Anokhina; 2016. 8 s. (in Russian)] DOI: 10.13140/RG.2.1.2304.9847
 15. Грехов Р.А., Сулейманова Г.П., Харченко С.А., Адамович Е.И. Психофизиологические основы применения лечебного метода биологической обратной связи. *Вестн. Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки*. 2015; 3(13): 87–96. [Grekhov R.A., Suleimanova G.P., Kharchenko S.A., Adamovich E.I. Psikhofiziologicheskie osnovy primeneniya lechebnogo metoda biologicheskoi obratnoi svyazi. *Vestn. Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11: Estestvennye nauki*. 2015; 3(13): 87–96. (in Russian)]
 16. Иванова Г.Е., гл. ред. Методические рекомендации для Пилотного проекта «Развитие системы медицинской реабилитации в Российской Федерации» «Практическое применение оценочных шкал в медицинской реабилитации». 2015–2016. <https://docplayer.ru/56584458-Metodicheskie-rekomendacii-dlya-pilotnogo-proekta.html> (дата обращения — 15.12.2018). [Ivanova G.E., gl. red. Metodicheskie rekomendatsii dlya Pilotnogo proekta "Razvitie sistemy meditsinskoj reabilitatsii v Rossijskoj Federatsii" "Prakticheskoe primeneniye otsenochnykh shkal v meditsinskoj reabilitatsii". 2015–2016. <https://docplayer.ru/56584458-Metodicheskie-rekomendacii-dlya-pilotnogo-proekta.html> (data obrashcheniya — 15.12.2018). (in Russian)]
 17. Кадыков А.С., Манвелов Л.С., ред. Тесты и шкалы в неврологии: руководство для врачей. М.: МЕДпресс-информ; 2015. 224 с. [Kadykov A.S., Manvelov L.S., red. Testy i shkaly v nevrologii: rukovodstvo dlya vrachei. M.: MEDpress-inform; 2015. 224 s. (in Russian)]
 18. Morse J.M. *Preventing patients falls*. California, USA: Sage Publications; 1996. 151 p.
 19. Негреева М.Б., Шендеров В.А., Комогорцев И.Е., Горбунов А.В. Биомеханические исследования в диагностике, лечении и реабилитации больных с патологией нижних конечностей, тазового пояса и позвоночника: итоги и перспективы. *Бюлл. ВСНЦ СО РАМН*. 2006; 4(50): 201–6. [Negreeva M.B., Shenderov V.A., Komogortsev I.E., Gorbunov A.V. Biomekhanicheskie issledovaniya v diagnostike, lechenii i reabilitatsii bol'nykh s patologiei nizhnikh konechnostei, tazovogo poyasa i pozvonochnika: itogi i perspektivy. *Byull. VSNTs SO RAMN*. 2006; 4(50): 201–6. (in Russian)]
 20. Eisenstein S.M., Khodadadeh S., Patrick J.H. Gait analysis in chronic low back pain. *Proc. Inf. Conf. Gait Anal. Med. Photogramm*. 1987; 1(3): 61–2.
 21. Ефимов А.П. Информативность биомеханических параметров походки для оценки патологии нижних конечностей. *Рос. журн. биомеханики*. 2012; 16(1): 80–8. [Efimov A.P. Informativnost' biomekhanicheskikh parametrov pokhodki dlya otsenki patologii nizhnikh konechnostei. *Ros. zhurn. biomekhaniki*. 2012; 16(1): 80–8. (in Russian)]
 22. Истомин А.Г., Ткаченко А.В., Истомин Д.А., Журавлев В.Б., Манучарян С.В. Применение методов биомеханики в мониторинге физической реабилитации пациентов с синдромом подвздошно-поясничной связки. *Фізична реабілітація та рекреаційно-оздоровчі технології*. 2016; 1: 37–40. [Istomin A.G., Tkachenko A.V., Istomin D.A., Zhuravlev V.B., Manucharyan S.V. Primeneniye metodov biomekhaniki v monitoringe fizicheskoi reabilitatsii patsientov s sindromom podvzdoshno-poyasnichnoi svyazki. *Fizichna reabilitatsiya ta rekreatsiino-ozdorovchi tekhnologii*. 2016; 1: 37–40. (in Russian)]
 23. Demontis A., Trainito S., Del Felice A., Masiero S. Favorable effect of rehabilitation on balance in ankylosing spondylitis: a quasi-randomized controlled clinical trial. *Rheumatol. Int*. 2016; 36(3): 333–9. DOI: 10.1007/s00296-015-3399-6
 24. Загородний Н.В. Эндопротезирование тазобедренного сустава. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2012. 704 с. [Zagorodnii N.V. Endoprotezirovanie tazobedrennogo sustava. M.: GEOTAR-Media; 2012. 704 s. (in Russian)]
 25. Николенко В.К., Буряченко Б.П., Давыдов Д.В. Эндопротезирование тазобедренного сустава. М.: Медицина; 2009. 365 с. [Nikolenko V.K., Buryachenko B.P., Davydov D.V. Endoprotezirovanie tazobedrennogo sustava. M.: Meditsina; 2009. 365 s. (in Russian)]
 26. Безгодков Ю.А., Корнилов Н.Н., Петухов А.И., Куляба Т.А., Селин А.В., Муранчик Ю.И. и др. Биомеханические показатели стояния и походки больных после тотального эндопротезирования коленного сустава с использованием компьютерной навигации. *Травматология и ортопедия России*. 2011; 4(62): 11–17. [Bezgodkov Yu.A., Kornilov N.N., Petukhov A.I., Kulyaba T.A., Selin A.V., Muranchik Yu.I. i dr. Biomekhanicheskie pokazateli stoyaniya i pokhodki bol'nykh posle total'nogo endoprotezirovaniya kolennogo sustava s ispol'zovaniem komp'yuternoj navigatsii. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2011; 4(62): 11–17. (in Russian)] DOI: 10.21823/2311-2905-2011-4-11-17
 27. Ромакина Н.А., Киреев С.И., Марков Д.А., Решетников А.Н., Ульянов В.Ю., Пучиньян Д.М. и др. Оценка постурального баланса и походки у пациентов с гонартрозом после тотального эндопротезирования коленных суставов. *Соврем. пробл. науки и образования*. 2016; 6: 89. [Romakina N.A., Kireev S.I., Markov D.A., Reshetnikov A.N., Ulyanov V.Yu., Puchin'yan D.M. i dr. Otsenka postural'nogo balansa i pokhodki u patsientov s gonartrozom posle total'nogo endoprotezirovaniya kolennykh sustavov. *Sovrem. probl. nauki i obrazovaniya*. 2016; 6: 89. (in Russian)]

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ / LIST OF ABBREVIATIONS

АГ	— артериальная гипертензия	МРТ	— магнитно-резонансная томография, магнитно-резонансная томограмма
АД	— артериальное давление	МСКТ	— мультиспиральная компьютерная томография, мультиспиральная компьютерная томограмма
АЛТ	— аланинаминотрансфераза	ОНМК	— острое нарушение мозгового кровообращения
АСТ	— аспартатаминотрансфераза	СИОЗС	— селективные ингибиторы обратного захвата серотонина
АТФ	— аденозинтрифосфат	УЗИ	— ультразвуковое исследование
в/в	— внутривенно	ЦНС	— центральная нервная система
ВОЗ	— Всемирная организация здравоохранения	ЭКГ	— электрокардиография, электрокардиограмма
ИМТ	— индекс массы тела	ЭЭГ	— электроэнцефалография, электроэнцефалограмма
КТ	— компьютерная томография, компьютерная томограмма	СРБ	— С-реактивный белок
ЛФК	— лечебная физкультура		
МКБ	— Международная классификация болезней		