

УДК 612.821

СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОЕ БИОУПРАВЛЕНИЕ В ТРЕНИНГЕ КОГНИТИВНЫХ И АФФЕКТИВНЫХ ФУНКЦИЙ. ВКЛАД РОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ. ЧАСТЬ II

© 2022 г. О. М. Базанова^{1, *}, А. В. Ковалева²

¹ФГБНУ НИИ Нейронауки и медицины, Новосибирск, Россия

²ФГБНУ НИИ Нормальной физиологии имени П.К. Анохина, Москва, Россия

*E-mail: bazanovaom@physiol.ru

Поступила в редакцию 14.07.2021 г.

После доработки 26.07.2021 г.

Принята к публикации 29.07.2021 г.

Данная статья является второй частью критического анализа современной отечественной и зарубежной литературы, посвященной исследованию взаимосвязи нарушений стабилOMETрических показателей постурального контроля с психологическими функциями и коррекции их при помощи биоуправления. Представлены исследования особенности постурального контроля при нарушениях внимания, хроническом болевом синдроме, синдроме хронической усталости, болезни Паркинсона, рассеянном склерозе и депрессии. Отмечена ведущая роль российских исследователей в разработке и применении стабилOMETрического биоуправления в тренинге оптимального функционирования, реабилитации и коррекции неврологических нарушений. Предложена парадигма организации технологии стабилOMETрического биоуправления в коррекции когнитивных и аффективных функций.

Ключевые слова: постуральный контроль, внимание, тревожность, депрессия, синдром хронической усталости, биоуправление, стабилOMETрия.

DOI: 10.31857/S013116462203002X

Ключевым механизмом постурального контроля, как одного из наиболее общих примеров сенсомоторной интеграции, является адаптивная обратная связь [1, 2]. Из этого следует, что нарушение связи между процессами восприятия информации, ее переработки и выполнения моторных или когнитивных задач является причиной возникновения патологий центрального генеза. Это определяет фундаментальную значимость исследования взаимосвязи между нарушениями воспринимающего (вестибулярной, зрительной, проприоцептивной и опорной афферентаций) и центрального (когнитивных и аффективных функций) звеньев постурального контроля. Исследование этой взаимосвязи приобрело новую актуальность в последние 30 лет в связи с развитием современных информационных технологий, предполагающих использование в повседневной жизни все большего количества электронных гаджетов, что приводит к снижению физической активности и к изменению характера когнитивной деятельности [3]. Кроме отрицательных последствий малоподвижного образа жизни, длительное сидячее положение или ослабление опорной афферентации само по себе вызывает нарушение не

только физических скелетно-мышечных [4, 5], кардио-респираторных и вегетативных [6], но также когнитивных [7–9] и психоэмоциональных функций [10–12]. При этом, если учесть негативное влияние электромагнитных волн высоких частот, вызываемое электронными приборами и гаджетами [8, 9], которое также ассоциируется с когнитивными, психоэмоциональными нарушениями и даже возникновением депрессивной симптоматики уже в детском и подростковом возрасте [13], проблема изучения способов коррекции нарушений постурального контроля вследствие ослабления опорной афферентации при сидячем образе жизни приобретает особую актуальность [4]. Кроме того, актуальность исследования взаимосвязи между стабилOMETрическими и психологическими показателями обусловлена тем, что тренировки поддержания равновесия и коррекции постурального контроля могут быть весьма эффективны для пожилых людей, относительная численность которых неуклонно растет последние 20 лет, и проблема приобретает мировое значение [14–81]. Наконец, в последние два года пандемии COVID-19 возникла новая необходимость изучения взаимосвязи между нарушением

постурального контроля (из-за сидячего образа жизни) и депрессией, возникающей как следствие изоляции и как осложнение нейробиохимических процессов мозга после перенесенной коронавирусной инфекции [19, 20].

Известно, что одним из наиболее эффективных подходов к нейрофизиологической неманипулятивной реабилитации нарушений регуляторных процессов является использование технологии биоуправления как обучение осознанию состояния оптимального функционирования [21]. Стабилометрическое биоуправление предполагает тренинг постурального контроля с использованием биологической обратной связи (БОС) от показателей колебаний центра давления на стопы (КЦДС). Мы предполагаем, что стабилометрическое биоуправление будет способствовать коррекции и реабилитации не только биомеханических функций равновесия, но и связанных с нарушениями сенсомоторной интеграции когнитивных и аффективных функций. Однако вопросы использования объективно-измеряемых стабилометрических характеристик сенсомоторной интеграции в качестве БОС в биоуправлении, направленном на преодоление психоэмоциональных расстройств и когнитивного дефицита, до сих пор, остаются недостаточно изученными.

Настоящая статья является продолжением обзора исследования психофизиологических механизмов постурального контроля. Во второй части данного обзора представлены сведения литературы о взаимосвязи между нарушениями постуральной устойчивости и расстройствами психологических функций при хроническом болевом синдроме (на примере фибромиалгии), синдроме хронической усталости, при рассеянном склерозе, депрессивных состояниях и нарушениях когнитивных функций. В обзор включены известные на сегодняшний день сведения об эффективности использования стабилометрического биоуправления, направленного на коррекцию неврологических расстройств и имеющего эффект на психоэмоциональные функции.

Поиск литературы, посвященной изучению влияния реабилитации нарушений постуральных функций на психофизиологические характеристики, а также тренинга постурального контроля с помощью биоуправления по стабилометрическим показателям проводился по ключевым словам “постуральный контроль”, “стабилометрия”, “сенсомоторная интеграция”, “сенсорная афферентация” в сочетании со словами “когнитивные функции”, “память”, “внимание”, “тревожность”, “депрессия”, “биологическая обратная связь”, “тренинг”, “реабилитация”.

Поиск литературы был проведен в соответствии с рекомендациями “Предпочтительных элементов отчетности для систематических обзо-

ров и мета-анализов” *PRISMA* и полагался на методы поиска литературы, описанные в консенсусе *RELISH (RElevant Literature Search)* [22]. Использовали базы данных *Web of Science*, *PubMed*, *Scopus* и РИНЦ (для освещения результатов российских исследований). В настоящий обзор были включены результаты, опубликованные в статьях, имеющих цифровой идентификатор объекта (англ. *digital object identifier*, сокр. *DOI*), полностью соответствующих ключевым словам (табл. 1). В обзор не включали результаты исследований, не проводивших психологические измерения или изучающих отдельные случаи без контроля, а также опубликованных только в виде тезисов.

Психофизиологические механизмы нарушения постурального контроля

Одним из методологических приемов, используемых в рамках когнитивных нейронаук для исследования психофизиологических механизмов, является сравнение изучаемых переменных постурального контроля в норме с показателями у лиц с патологией ЦНС [23–26] или с дисфункцией сенсорных входов [27], а также с пограничными психическими [28], фобическими [29], тревожными и депрессивными расстройствами [30, 31].

Хронический болевой синдром и синдром хронической усталости. Хронический болевой синдром и синдром хронической усталости являются перекрывающимися при самых разных ситуациях и диагнозах и могут влиять на хронификацию заболевания путем задействования одних и тех же регуляторных механизмов в ЦНС, в частности тех, которые не подвержены произвольному контролю [32, 33]. Это может оказывать влияние на центральные механизмы, обеспечивающие результативность движения, поскольку моторное обучение требует поддержания и обновления внутренних моделей [34]. Восприятие боли и усталости может интерферировать с постуральным контролем. Так, у пациентов с фибромиалгией и/или с синдромом хронической усталости выявлены проблемы с поддержанием баланса [35, 36]. У пациентов, страдающих от хронической боли и усталости, когнитивные проблемы сочетаются с постуральными дефицитами [35–37]. Такие пациенты часто жалуются на то, что им нужно прилагать больше усилий для выполнения обычных когнитивных задач [38, 39]. Возможные последствия хронической боли и усталости в отношении двигательных функций часто недооцениваются, но учитывать их необходимо. В частности, *E. Peper et al.* и *W.C. Tsai et al.* заметили, что поддержание вертикальной вертикальной позы с опорой на ноги связано не только со снижением болезненных ощущений в шее, плечах, спине, но также и с улучшением настроения, уверенностью, большей силой, по сравнению со сгорбленной сидячей по-

Таблица 1. Описание исследований, включенных в оценку эффективности стабилометрического биоуправления баланса для коррекции когнитивных и аффективных функций

Источник	<i>RCT/SGT/CCS</i>	Выборка, средний возраст (лет)	Численность групп, человек (женщин)	Измеряемые СТП-показатели (оборудование), сигнал обратной связи	Тип и частота тренировок/реабилитации/тестирования	Оцениваемая психологическая функция	Уровень значимости результатов
Бофанова, 2013 [89]	<i>RCT</i>	Пациенты с ЧМТ: Э – 48 ± 4 и здоровые К – 48 ± 4.8	Э = 40 (0) К = 30 (0)	КЦДС_АР_МЛ, площадь СТП, скорость КЦДС (“МБН-Стабило”), обратная связь от положения ЦД	Стабилотренажер “мыльные пузыри” 2–3 мин, “мишень” 2–3 мин, “стрелок” 2–3 мин, “пчела” 5–7 мин, ежедневно в течение 10 дней	Нейропсихологическое обследование	В группе Э КЦДС МЛ ↓ на 18%, ЦДО АР ↓ на 16% площадь СТП ↓ на 40%, скорость ОЦД ↓ на 22%, чем в группе ЧМТ без СТП тренинга
<i>Tauil</i> , 2021 [78]	Кросс-секционное исследование	Пациенты с рассеянным склерозом с симптоматикой (Э2) и без (Э1). Э1 – 36.5, Э2 – 35.9	Э = 26 (24) Э1 = 15 (0) Э2 = 11 (2)	Скорость КЦДС (<i>AssiSway Plus</i> , <i>AMTI Inc.</i> , США)	Три попытки по 30 с с перерывом по 60 с между ними	Тревожность и/или депрессия (шкала Бека, Шкала госпитальной тревожности и депрессии (HADS)). Субъективная утомляемость (шкала Борга)	Скорость КЦДС (неустойчивая опора) объясняет 21% вариации по шкале Бека и 24% вариаций по госпитальной шкале
<i>Aftanas</i> , 2018 [31]	<i>CCS</i>	20–55	Э = 24 К = 26	Индекс энергопотрат (<i>ST-150</i> (“MEPA”))	Задачи: 1) спокойное поддержание позы в вертикальном положении стоя на стабильной платформе, 2) двойная задача по поддержанию позы и движению пальцами, 3) двойная задача по поддержанию позы и воображению движений пальцами	Депрессия: шкала Гамильтона, шкала Бека, <i>Ruminative Responses Scale</i>	Выполнение конкурентного реального или воображаемого движения (тонкая моторика пальцами рук) при 3Г перераспределяет ресурсы внимания и отвлекает от руминации

Таблица 1. Продолжение

Источник	<i>RCT/SGT/CCS</i>	Выборка, средний возраст (лет)	Численность групп, человек (женщин)	Измеряемые СТП-показатели (оборудование), сигнал обратной связи	Тип и частота тренировок/реабилитации/тестирования	Оцениваемая психологическая функция	Уровень значимости результатов
<i>Mesquita</i> , 2015 [84]	<i>RCT</i>	Пожилые женщины. Э1 – нейромышечного проприоцептивного развития. Э2 – группа пилатеса. К – никаких воздействий	Э1 = 20 Э2 = 20 К = 18	Амплитуда КЦДС во фронтальной и сагитальной плоскостях, средняя скорость КЦДС, площадь КЦДС (<i>electronic baropodometer (S-PLATE)</i>)	Занятия в экспериментальных группах проводились по 50 мин три раза в неделю в течение 4-х нед.	Боль и хроническая усталость	В группе нейромышечного развития (по сравнению с контролем): ↓ общий разброс КЦДС, ↓ площадь КЦДС, ↓ средняя скорость КЦДС, ↑ баллы по тестам <i>functional reach test</i> и <i>TUG test</i> . В группе Пилатеса: ↑ баллы по <i>functional reach test</i> и <i>TUG test</i>
<i>Rasouli</i> , 2018 [42]	<i>CCS</i>	Молодые и среднего возраста женщины с синдромом хронической усталости (СХУ) и фибромиалгией. Э1 – СХУ, 34,0 ± 8,9, Э2 – фибромиалгия, 38,6 ± 8,0, К – здоровые, 34,4 ± 7,9	Э1 = 25, Э2 = 25, К = 25	Амплитудные и частотные параметры медленных и быстрых КЦДС (силовая платформа <i>Kistler</i>)	Два задания по 60 с в процессе стояния на твердой платформе: 1 – покой, 2 – покой + выполнение последовательного вычитания 7 из 150	Боль и утомляемость – субъективно по опросникам	У СХУ по сравнению с контролем: ↑ ампл. медленного (в обоих направлениях) и быстрого (только в МЛ направлении) компонентов КЦДС. У пациентов по сравнению с контролем: ↓ частота КЦДС в обоих направлениях, как в покое, так и при выполнении когнитивного задания, корреляции между утомляемостью и КЦДС, но не с болью

Таблица 1. Продолжение

Источник	<i>RCT/SGT/CCS</i>	Выборка, средний возраст (лет)	Численность групп, человек (женщин)	Измеряемые СТГ-показатели (оборудование), сигнал обратной связи	Тип и частота тренировок/реабилитации/тестирования	Оцениваемая психологическая функция	Уровень значимости результатов
<i>Hassan</i> , 2014 [279]	<i>SGT</i>	Пациенты с болезнью Паркинсона. Э – 67 ± 9	Э = 37 (13): 1 – снижение апатии (Э1 = 17), 2 – улучшение пострурального контроля (Э2 = 20)	Площадь КЦДС платформа (4060-10, <i>Bertec Corp.</i> , <i>Columbus, OH</i>)	Три попытки спокойного стояния по 20 с каждая	Апатия, шкала депрессии Бека	Пациенты с апатией по сравнению с пациентами без апатии: ↑ общий балл оценки болезни Паркинсона, ↑ баллов по шкале депрессии Бека, ↑ площадь КЦДС
<i>Ozgen</i> , 2016 [83]	<i>RCT</i>	Пациенты с рассеянным склерозом	Э = 20, К = 20	Индекс падения (от 0 до 100). <i>Tetrax interactive balance system (Sunlight Medical Ltd., Ramat Gan, Израиль)</i>	Программа вестибулярной реабилитации в течение 8 нед.	Качество жизни: <i>Multiple Sclerosis Quality of Life-54</i> шкала депрессии Бека	↑ Всех оцененных параметров по сравнению с группой контроля (кроме <i>Tandem Romberg</i> с ЗГ и стояние на неустойчивой опоре с ОГ)
<i>Harvey</i> , 2020 [88]	<i>CCS</i>	Здоровые мужчины и женщины, средний возраст 21.9 ± 2.9	Э = 13, К = 13	Стабилометрипо не проводили	Гаджет <i>UpRight</i> крепится на спину в районе нижних шейных позвонков, обратная связь в виде вибрации при изменении позы (сгорбливании). Носить не менее 15 мин в день на протяжении 4-х нед.	Шкала качества жизни, <i>SF-36 Health Survey</i> (8 шкал)	↑ Показателей качества жизни, ↓ уровня стресса и ↑ уверенности в себе (на основании самоотчетов)

Таблица 1. Продолжение

Источник	<i>RCT/SGT/CCS</i>	Выборка, средний возраст (лет)	Численность групп, человек (женщин)	Измеряемые СТП-показатели (оборудование), сигнал обратной связи	Тип и частота тренировок/реабилитации/тестирования	Оцениваемая психологическая функция	Уровень значимости результатов
Hebert, 2011 [85]	<i>CCS</i>	Пациенты с рассеянным склерозом. Э – 46.8, К – 42.6. Лист ожидания – 50.2	Э = 12 (9), К = 13 (11), Лист ожидания = 14 (11)	Тест сенсорной организации: поддержание вертикальной позы в 6 различных условиях (показатель – <i>Sensory Organization Test, SOT, %</i>), прибор – <i>The Smart Balance Master System</i>	Фаза воздействия – 6 нед. Фаза отставленного эффекта – 4 нед. Экспериментальная – получила вестибулярную реабилитацию, а контрольная – тренировки на велотренажере и упражнения на растяжку	Синдром хронической усталости – <i>21-item Modified Fatigue Impact Scale (MFIS)</i> , шкала депрессии Бека	Экспериментальная группа 6-недельного вестибулярного тренинга: ↑ <i>SOT</i> , ↓ утомляемости, ↑ баланса, ↓ трудностей, связанных с головокружениями по сравнению с группой, выполнявшей только физические упражнения. Изменения сохранились минимум в течение 4-х нед.
Мельникова, 2018 [90]	<i>RCT</i>	Пациенты с диагнозами спондилоартроз позвоночника, коксартроз, гонартроз. Э – 58.3 ± 14.3, К – 67.1 ± 9.2	Э = 104, К = 24	Скорость КЦДС площадь КЦДС <i>ML_AR</i> . Стабилотренинг с БОС, аппарат <i>Prokin</i> фирмы <i>TechnoBody</i> (компьютерная игра “Лыжи” № 10)	Все – ЛФК. Пациенты Э стабилотренинг № 10 по 20 мин ежедневно	Интенсивность боли по визуальной аналоговой шкале	В Э группе: ↑ мышечная сила, ↓ интенсивность боли, ↓ ст. отклон. ЦД, ↓ ср. скор. КЦДС, ↓ площадь эллипса, ↓ избыточный периметр

Таблица 1. Окончание

Источник	<i>RCT/SGT/CCS</i>	Выборка, средний возраст (лет)	Численность групп, человек (женщин)	Измеряемые СТГ-показатели (оборудование), сигнал обратной связи	Тип и частота тренировок/реабилитации/тестирования	Оцениваемая психологическая функция	Уровень значимости результатов
Кривошей, 2008 [28]	CCS	Здоровые (К) и больные с расстройством психического спектра (Э). К – 34,9, ЭК – 36,7, ЭА – 31,4, ЭБ – 38,8, ЭВ – 29,2	К = 37 (34), Э = 127, ЭК = 49 (10), ЭА = 27 (6), ЭБ = 22 (13), ЭВ = 29 (21)	Коэффициент Ромберга (<i>QR</i>); скорость КЦДС (<i>V</i>) в мм/с; площадь КЦДС <i>Stab</i> , в %. “МБН-СТАБИЛО”	Воздействие по подгруппам: К – , ЭК – без БОС, ЭА – СБ (12 процедур); ЭБ – курс гимнастики “Баланс”, ЭВ – СБ + курс лечебной гимнастики “Баланс”	Шкала Гамильтона для оценки степени выраженности депрессии (<i>HDRS</i>), госпитальная шкала тревоги и депрессии (<i>HADS</i>)	По окончании лечения в контрольной группе пациентов: ЦД сместился назад, ↑ площадь КЦДС. В группах Э (на уровне тенденции): ↓ площадь СТГ, ↓ депрессии, ↓ тревоги. Сравнение ЭК и ЭА, Б, В: Коэф. Ромберга в ЭА > ЭК. Скор. КЦДС при ЗГ в ЭВ < ЭК. Площадь КЦДС в ЭБ и ЭВ < ЭК. Депрессия в ЭВ < ЭК

Примечание: ЦДС – центр давления стоп. КЦДС – колебания центра давления стоп. ЦТ – центр тяжести. Е – энергия на поддержание равновесия. ЗГ – закрытые глаза. ОГ – открытые глаза. *RMS* – среднеквадратическое значение спектра колебаний ЦДС-ЦТ. *MPF* – медиана частоты спектра. СБ – стабилометрическое биоуправление. *RCT* – рандомизированное контролируемое исследование; *SGT* – исследование в одной группе; *CCS* – исследование случай-контроль.

зой, которая кроме болезненных и неприятных телесных ощущений ассоциирована с депрессивным состоянием и негативными эмоциями [40, 41].

В работе *O. Rasouli et al.* эффект от добавления когнитивного задания при поддержании вертикальной позы сравнивали в группах пациентов с хронической усталостью и фибромиалгией, а также в группе здоровых лиц [42]. У пациентов, по сравнению с контролем, оказалась снижена частота КЦДС, что свидетельствует о преобладании непроизвольного компонента в контроле поддержания равновесия. При выполнении конкурирующего когнитивного задания у пациентов было выявлено ухудшение параметров постурального контроля по сравнению со здоровыми: большие значения амплитуд и более низкие частоты КЦДС. При этом отличия от контроля по показателям стабилотрии были выражены больше в группе с хронической усталостью, чем в группе фибромиалгии [42]. Тот факт, что в данном исследовании были выявлены корреляции между утомляемостью и постуральным контролем, но не с болью, говорит о преобладании психологического, а не рефлекторного механизма нарушения постурального контроля при синдроме хронической усталости.

Нарушения внимания. Важным фактором в организации адекватных исходящих моторных команд, в частности, при поддержании баланса, является внимание [43]. Это находит подтверждение в доказанном ухудшении постурального контроля у детей с дефицитом внимания [44]. Роль произвольного внимания в постуральном контроле изучается с помощью моделей “разделения внимания” при добавлении конкурирующего когнитивного задания, например, разговора в процессе ходьбы [45]. Логично предположить, что добавление когнитивного задания в процессе поддержания вертикальной позы будет увеличивать нагрузку по обработке информации в ЦНС [46] и таким образом ослаблять способность контролировать баланс. Такой эффект был продемонстрирован в исследовании пожилых людей с повышенным риском падений (увеличение площади КЦДС при решении конкурирующей когнитивной задачи) [47]. Увеличение затрат энергии на одновременное выполнение двух задач (двигательной и когнитивной) (повышение площади КЦДС и снижение результативности выполнения когнитивной задачи) свидетельствует о том, что ходьба или поддержание постуральной стабильности требуют вовлечения значительных когнитивных ресурсов у пожилых людей в норме [48] и/или при психических расстройствах с ранними симптомами болезни Альцгеймера [49]. Между тем, *B. Kerr et al.* [50] установили, что постуральный контроль нарушался только при решении пространственной задачи, но не при решении задачи на рабочую память. Эти результаты

позволяют предположить, что когнитивная обработка именно пространственных задач зависит от нейронных механизмов вестибулярного звена постурального контроля, но не от неспецифической корковой активации [50]. Результаты нашего исследования больных с большим депрессивным расстройством [31] также показали, что во время выполнения двойной постурально-психомоторной задачи, не связанной с пространственным воображением, улучшился постуральный контроль по показателям энергии, затрачиваемой на поддержание равновесия, а у здоровых затраты энергии не изменились или даже увеличились в случае усложнения задачи. Можно предположить, что при депрессии внимание, необходимое для поддержания равновесия, было сфокусировано на процессе руминации (“зацикливание на негативных мыслях”) вместо контроля позы, а при выполнении несложной когнитивной задачи внимание переключалось на решение этой задачи, и поддержание равновесия осуществлялось автоматически [31]. Мы предполагаем, что такой прием переключения внимания может быть полезным при тренинге поддержания равновесия для преодоления депрессивной руминации.

Аффективные нарушения. Исследования с участием психиатрических пациентов и пациентов с вестибулярным расстройством сообщают о высокой коморбидности вестибулярных дисфункций и симптомов агорафобии [51], панических атак [52], тревожности [53]. Результаты *M.S. Redfern et al.* показывают, что пациенты с тревожными расстройствами, особенно с фобией пространства и движения, более зависимы от зрительной афферентации при сохранении баланса, чем без этой фобии [54]. Эта подгруппа пациентов может быть подвергнута лечению с применением стабилотметрического биоуправления, которое использует визуальные входы в качестве сигнала БОС.

Исследования роли вестибулярной афферентации позволяют выявить, по крайней мере, частично, различные нейрональные механизмы. В работе *C.D. Balaban et al.* предполагается, что область парабрахиального ядра, получающая афферентные входы от вестибулярных рецепторов, содержит клетки, которые реагируют на вращение тела относительно силы тяжести. Парабрахиальное ядро с его реципрокными отношениями с центральным ядром миндалина, инфраламбической корой и гипоталамусом [53] является важным узлом в первичной сети, которая обрабатывает конвергентную вестибулярную, соматическую и висцеральную информацию, чтобы опосредовать создание условий избегания, тревоги и условных реакций страха [55].

Норадренергические и серотонинергические проекции вестибулярных ядер также имеют параллельные связи с путями тревоги. Церулео-ве-

стибулярный путь берет начало в голубом пятне (LC) и обеспечивает регионально специализированный норадренергический вход в вестибулярные ядра, который, вероятно, опосредует эффекты предупреждения и осторожности на чувствительность вестибуло-моторных цепей. Как серотонинергические, так и несеротонинергические пути из дорсального ядра шва также дифференцированно проецируются на вестибулярные ядра, а рецепторы 5-HT (тип 2A) экспрессируются в миндалевидных и корковых мишенях парабрахиалярного ядра. Предполагается, что путь дорсального ядра шва способствует как компромиссу между моторными и сенсорными (сбор информации) аспектами реакции на собственное движение, так и калибровке чувствительности аффективных реакций к аверсивным аспектам движения [56]. По мнению *F. Mast et al.* описанная нейрофизиологическая модель является синтетической схемой для исследования нейроморфологических и нейрохимических основ коморбидности нарушений равновесия и тревожных расстройств. Пространственные трансформации затрагивают теменные области, репрезентация тела связана с соматосенсорными областями, а аффективные процессы включают островковую и поясную кору, каждая из которых получает вестибулярный сигнал [57]. При определенных обстоятельствах зрительные, вестибулярные и постуральные взаимодействия действуют как сигнал, вызывающий страх, аналогично тому, что происходит при укачивании, который затем может ассоциироваться с определенными стимулами или ситуацией, создавая ассоциацию (например, фобию), или без ассоциирования к конкретному сопутствующему событию (например, панике) [58]. Следуя этому обоснованию, *S.M. Coelho* и *C.D. Balaban* предлагают рассматривать эту подкатегорию тревожных расстройств как вызванную зрительно-вестибулярными нарушениями и страхами в рамках диагностических критериев *DSM-V* [59]. Между тем, несмотря на то, что был установлен широкий спектр различных вестибулярных кортикальных проекционных областей, их функции все еще плохо изучены.

Депрессия. Отдельного рассмотрения заслуживает связь постурального контроля с депрессией, поскольку уже давно было замечено, что большое депрессивное расстройство оказывает негативное влияние на весь организм, а не только на психику. Двигательные симптомы выявлены среди наиболее тяжелых проявлений депрессии, тем не менее, они часто игнорируются как в исследованиях, так и в клинической практике [60]. Несмотря на то, что двигательные нарушения привлекают гораздо меньше внимания при оценке депрессии, они часто являются самостоятельным фактором, независимым от аффективных, когнитивных и нейровегетативных составляющих этого заболе-

вания [61–63]. Существующие оценки двигательных симптомов обычно опираются на субъективное суждение, сформулированное врачами на основе наблюдаемого или вспоминаемого поведения [64, 65]. В некоторых исследованиях начинают применять и более объективные инструменты, такие как *Timed Up and Go Test (TUGT)* или двойные двигательные-когнитивные задачи [66–68].

В настоящее время известны только одиночные исследования, изучающие взаимосвязь между выраженностью депрессии и постуральными нарушениями, измеренными с помощью стабиллометрии [30, 31, 69]. Однако такая связь имеет свои нейробиологические обоснования: постуральный контроль, как и регуляция эмоционального состояния, зависит от сложных механизмов сенсомоторной регуляции, в которые вовлечены дофаминергические пути, а также связи базальных ганглиев с префронтальной корой [70], и эти же механизмы имеют значение для развития большого депрессивного расстройства [71]. Кроме того, недавние исследования последствий сидячего образа жизни (т.е. ослабления опорной афферентации) и изоляции в условиях COVID-19 пандемии свидетельствуют о росте депрессивных расстройств, причинами которых могут быть дополняющие друг друга нарушения нейрохимических и постуральных механизмов сенсомоторной интеграции [19, 20].

Болезнь Паркинсона. Болезнь Паркинсона также характеризуется сочетанием двигательных и недвигательных нарушений, которые оказывают влияние на качество жизни пациентов. Такие недвигательные симптомы как апатия и депрессия, связаны с двигательными проблемами, в частности с постуральной нестабильностью [72]. Апатия и депрессия имеют четкую анатомическую привязку к мозговым структурам, и обычно проявляются при поражении префронтальных зон коры и поясной извилины [73]. Нейроанатомические основы постуральной нестабильности при болезни Паркинсона менее изучены. Однако все эти проявления (апатия, депрессия и постуральная нестабильность) связаны практическими с теми же нейронными путями, что и депрессия. Это пути, проходящие через базальные ганглии и связанные с дефицитом дофамина. Обычно эти проявления резистентны к терапии L-ДОФА [74, 75]. Другие общие нейромедиаторные пути включают в себя холинэргические и катехоаминэргические волокна [76, 77].

Рассеянный склероз. У пациентов с рассеянным склерозом также сочетаются моторные нарушения с тревожными и депрессивными симптомами. Депрессия развивается примерно у половины пациентов с рассеянным склерозом на определенной стадии их жизни [78]. Согласно Американской Академии Неврологии эффективность

терапии антидепрессантами и/или групповой терапии в лечении депрессии у таких пациентов недостаточна [79]. Мета-анализ, проведенный *I. Ensari et al.*, освещающий эффект от применения физических упражнений при депрессии, показал, что такое воздействие имеет небольшой, но статистически значимый эффект в отношении снижения депрессивных симптомов у пациентов с рассеянным склерозом [80]. Позднее, в результате нескольких обзоров представлены доказательства того, что эффективность нефармакологических методов, направленных на повышение физической активности в реабилитации и предотвращении депрессивных расстройств, не достигает значимого уровня [81, 82].

Доступные исследования показывают, что аффективные и когнитивные расстройства неизменно сопровождаются нарушениями равновесия, осанки и походки, когда они оцениваются с помощью объективных стабилOMETРИЧЕСКИХ методов [30, 31]. Нарушения постурального контроля, возможно, переходят из основного компонента аффективного расстройства (среди молодых людей) в эпифеномен сопутствующего физического и когнитивного снижения (среди пожилых людей).

Таким образом, в литературе в качестве психофизиологических коррелятов нарушений постурального контроля описываются расстройства внимания, пространственной памяти, настроения и других когнитивных и аффективных функций, которые могли бы служить мишенями для стабилOMETРИЧЕСКОГО биоуправления. Среди стабилOMETРИЧЕСКИХ индексов этих психологических функций выделяются скоростные показатели колебаний центра давления стоп в высокочастотных диапазонах как обладающих наибольшей предиктивной силой с возможностью использования их для тренинга когнитивных функций.

На основании представленных данных можно предположить, что тренинг произвольного звена постурального контроля, т.е. выполнение несложных когнитивных или психомоторных задач во время поддержания равновесия, может оказаться целесообразным для преодоления дефицита внимания, психомоторной ретардации и психоэмоциональных нарушений.

Применение стабилOMETРИИ в реабилитации психоэмоциональных расстройств

На основании предыдущего раздела настоящего обзора можно сделать вывод о взаимосвязи стабилOMETРИЧЕСКИХ, психологических и нейробиологических характеристик постурального контроля в норме и при перечисленных выше заболеваниях. Однако, обычно акцент в реабилитации делается на какую-либо одну сферу: моторную

или эмоциональную. Как в отечественной, так и зарубежной литературе описываются различные подходы к постуральной реабилитации. Чаще всего исследуется эффективность комплекса физических упражнений [30, 81–85], а стабилOMETРИЮ применяют в сочетании с другими двигательными тестами только для диагностики имеющихся нарушений.

Известно, что в силу нейрофизиологических принципов организации, технология биоуправления является самым эффективным способом коррекции нарушений регуляции и тренинга оптимального функционирования [21, 86]. Нейрофизиологическая основа процедуры биоуправления связана с антиципацией, которую Бернштейн исторически рассматривал как конструктивный элемент организации любой человеческой деятельности, тесно связанный с планированием или созданием модели, которая может быть использована в будущей реальности [1, 34]. Результат выполнения плана этой активности предьявляется пациенту в виде зрительной (значки на экране монитора, анимация), звуковой, проприоцептивной (движение экзоскелета) или даже тактильной обратной связи. Эти сигналы служат стимулом для обучения осознания ощущений корректно исполненной деятельности подобно тому, как происходит двигательное обучение на основе сенсорных коррекций [87]. Цель ментальных тренировок с помощью биоуправления состоит в активации интегративных функций мозга. Как указывалось ранее, психоэмоциональные расстройства – это расстройства сенсомоторной интеграции, а постуральный контроль – это частный случай сенсомоторной интеграции, поэтому в задачу биоуправления для преодоления психоэмоциональных нарушений должен входить тренинг сенсомоторной интеграции при постуральном контроле.

Интересен пример тренировки поддержания вертикальной позы с биологической обратной связью при помощи крепящегося на нижнюю часть шеи датчика наклона головы. Датчик посылает сигнал обратной связи на основе изменения наклона и искривления позвоночника в виде вибрации при сгорбливании и наклоне головы вниз [88]. Авторы отмечают эффективность таких тренировок в отношении качества жизни, снижения стрессовой нагрузки и улучшения настроения в группе здоровых добровольцев, применявших такой гаджет. Важным практическим аспектом его применения может быть удобство и легкость применения в положении сидя, что особенно актуально для тех, кто активно пользуется компьютерами, планшетами, смартфонами и т.п.

Между тем, проведенный литературный поиск, использующий одновременно ключевые слова “депрессия”, “стабилOMETРИЯ” и “био-

Таблица 2. Результаты анализа литературы по ключевым словам: “депрессия”, “стабилометрия” и “биоуправление”

№	Ключевые слова	Количество источников
1	<i>Biofeedback AND Posturography AND Posture control</i>	815
2	<i>Biofeedback AND Posturography AND Balance control</i>	317
3	<i>Major depressive disorder OR MDD</i>	562
4	<i>Combine #1 AND #3</i>	0
5	<i>Combine #2 AND #3</i>	0

управление” не принес ни одного результата (табл. 2).

В отечественных работах активно используют метод стабилометрии не только для диагностики функции баланса, но и для ее коррекции в рамках неврологической реабилитации [28, 89–92], а также с целью повышения результативности в спорте высших достижений [93, 94]. Необходимо отметить, что отечественные авторы крайне редко учитывают психоэмоциональное состояние и особенности когнитивных функций пациентов, для которых применяется тренинг постуральной устойчивости. Зачастую, при подробном описании стабилометрических показателей и применяемых тренажеров, наличие контрольной группы здоровых испытуемых, особенности психологического обследования либо не приводятся вообще, либо описываются как второстепенные (например, некое нейропсихологическое обследование без перечисления тестов и оценки динамики их изменения, как представлено в работе [89], или оценка высших психических функций в работе [90]). Поэтому исследователи указывают на необходимость общих и строгих методологических стандартов для преодоления нехватки хорошо контролируемых исследований и неоднородности электрофизиологических и стабилометрических данных [21].

Например, качественный дизайн, подробное описание методики и результатов есть в работе И.В. Кривошей и др. [28], в которой присутствовало две контрольные группы (здоровых добровольцев и пациентов с неврозами, не получавших никаких воздействий), а также три экспериментальные группы пациентов с неврозами, получавших три разные комбинации реабилитационных мероприятий: проходившие курс стабилометрического биоуправления, получавшие курс лечебной гимнастики “Баланс” по специально разработанной методике, и одновременно проходившие курс стабилотренировок с БОС и курс лечебной гимнастики “Баланс”. В этом исследовании подтверждена эффективность использованных методов коррекции, которые не только приводят к функциональным двигательным изменениям, но и оказывают психотерапевтическое воздействие, снижают ощущение тревоги, уменьшают депрессию, ориентируют на выздоровление. Результаты

клинического тестирования больных подгруппы с курсом БОС по координатам центра давления свидетельствуют о большей эффективности биоуправления, чем обычного тренинга постурального контроля с помощью физических упражнений для улучшения психического состояния [28].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате анализа отечественных и зарубежных работ, посвященных реабилитации пациентов с нарушениями постурального контроля вследствие текущих или перенесенных заболеваний, можно сказать, что улучшение качественных и количественных показателей функции поддержания позы при помощи стабилометрического биоуправления и/или физических упражнений, направленных на тренинг постурального контроля, сопровождается также и улучшением показателей состояния психоэмоциональной сферы (уменьшении тревожности, депрессии, чувства усталости, уменьшение апатии, снижение оценок болевого синдрома) и в целом повышения качества жизни пациентов. Однако, в тех исследованиях, которые были представлены нами ранее, чаще всего не учитывались или не представлены сведения о факторах, влияющих на эффективность биоуправления любой модальности [21]: изначальный индивидуальный нейроэндофенотип, использование двойных задач для перераспределения внимания, включение реактивных показателей в контур обратной связи, уровень порога для предъявления обратной связи, время задержки предъявления обратной связи, доступная информация о прогрессе и мониторинг. Следовательно, эффективность стабилометрического биоуправления определяется несколькими психофизиологическими механизмами и ситуативными обстоятельствами, которые должны контролироваться и модифицироваться исследователями и профессионалами.

Финансирование работы. Работа выполнена за счет средств федерального бюджета на проведение фундаментальных научных исследований (тема № АААА-А21-121011990039-2) при частичной поддержке РФФИ (проекты № 19-013-00317а и 20-113-50129\20).

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бернштейн Н.А.* Новые линии развития в физиологии и их соотношение с кибернетикой / Философские вопросы физиологии высшей нервной деятельности и психологии. М.: АН СССР, 1963. С. 299.
2. *Анохин П.К.* Системные механизмы высшей нервной деятельности: избр. тр. / АН СССР, Отд-ние физиологии. М.: Наука, 1979. 454 с.
3. *Leiva A.M., Martínez M.A., Cristi-Montero C. et al.* Sedentary lifestyle is associated with metabolic and cardiovascular risk factors independent of physical activity // *Rev. Med. Chil.* 2017. V. 145. № 4. P. 458.
4. *Arocha Rodulfo J.I.* Sedentary lifestyle a disease from XXI century // *Clin. Investig. Arterioscler.* 2019. V. 31. № 5. P. 233.
5. *Amirova L.E., Plehuna A., Rukavishnikov I.V. et al.* Sharp Changes in Muscle Tone in Humans Under Simulated Microgravity // *Front. Physiol.* 2021. V. 12. P. 661922.
6. *Mac Giollabhui N., Alloy L.B., Schweren L.J.S., Hartman C.A.* Investigating whether a combination of higher CRP and depression is differentially associated with worse executive functioning in a cohort of 43,896 adults // *Brain Behav. Immun.* 2021. V. 96. P. 127.
7. *Rodriguez-Ayllon M., Cadenas-Sánchez C., Estévez-López F. et al.* Role of Physical Activity and Sedentary Behavior in the Mental Health of Preschoolers, Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Sports Med.* 2019. V. 49. № 9. P. 1383.
8. *Abou Khalil G., Doré-Mazars K., Senot P. et al.* Is it better to sit down, stand up or walk when performing memory and arithmetic activities? // *Exp. Brain Res.* 2020. V. 238. № 11. P. 2487.
9. *Hoare E., Milton K., Foster C., Allender S.* The associations between sedentary behaviour and mental health among adolescents: a systematic review // *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 2016. V. 13. № 1. P. 108.
10. *Bickham D.S., Hswen Y., Rich M.* Media use and depression: exposure, household rules, and symptoms among young adolescents in the USA // *Int. J. Public Health.* 2015. V. 60. № 2. P. 147.
11. *Lee E., Kim Y.* Effect of university students' sedentary behavior on stress, anxiety, and depression // *Perspect Psychiatr Care.* 2019. V. 55. № 2. P. 164.
12. *Murri M.B.* Instrumental assessment of balance and gait in depression: A systematic review // *Psychiatry Res.* 2020. V. 284. P. 112687.
13. *Goldfield G.S., Murray M., Maras D. et al.* Screen time is associated with depressive symptomatology among obese adolescents: a HEARTY study // *Eur. J. Pediatr.* 2016. V. 175. № 7. P. 909.
14. *Collado-Mateo D., Lavín-Pérez A.M., Peñacoba C. et al.* Factors Associated with Adherence to Physical Exercise in Patients with Chronic Diseases and Older Adults: An Umbrella Review // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021. V. 18. № 4. P. 2023.
15. *Kim S., Nussbaum M.A., Madigan M.L.* Direct parameterization of postural stability during quiet upright stance: effects of age and altered sensory conditions // *J. Biomech.* 2008. V. 41. № 2. P. 406.
16. *Mehdizadeh S., Van Ooteghem K., Gulka H. et al.* A systematic review of center of pressure measures to quantify gait changes in older adults // *Exp. Gerontol.* 2021. V. 143. P. 111170.
17. *Brauer S.G., Woollacott M., Shumway-Cook A.* The influence of a concurrent cognitive task on the compensatory stepping response to a perturbation in balance-impaired and healthy elders // *Gait Posture.* 2002. V. 15. № 1. P. 83.
18. *Kvelde T., McVeigh C., Toson B. et al.* Depressive symptomatology as a risk factor for falls in older people: Systematic review and meta-analysis // *J. Am. Geriatr. Soc.* 2013. V. 61. № 5. P. 694.
19. *Schuch F.B., Bulzinger R.A., Meyer J. et al.* Associations of moderate to vigorous physical activity and sedentary behavior with depressive and anxiety symptoms in self-isolating people during the COVID-19 pandemic: A cross-sectional survey in Brazil // *Psychiatry Res.* 2020. V. 292. P. 113339.
20. *Zheng C., Huang W.Y., Sheridan S. et al.* COVID-19 Pandemic Brings a Sedentary Lifestyle in Young Adults: A Cross-Sectional and Longitudinal Study // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020. V. 17. № 17. P. 6035.
21. *Ros T., Enriquez-Geppert S., Zotev V. et al.* Consensus on the reporting and experimental design of clinical and cognitive-behavioural neurofeedback studies (CRED-nf checklist) // *Brain.* 2020. V. 143. № 6. P. 1674.
22. *Brown P., Tan A.C., El-Esawi M.A. et al.* Large expert-curated database for benchmarking document similarity detection in biomedical literature search // *Database.* 2019. V. 2019. P. baz085.
23. *Жаворонкова Л.А., Жарикова А.В., Максакова О.А.* Интегрирующая роль произвольного позного контроля при реабилитации больных с черепно-мозговой травмой // *Ж. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова.* 2011. Т. 61. № 1. С. 24.
24. *Черникова Л.А., Устинова К.И., Иоффе М.Е. и др.* Биоуправление по стабилотрамме в клинике нервных болезней // *Сибирский научный медицинский журнал.* 2004. Т. 24. № 3. С. 85.
25. *Шаповаленко Т.В., Сидякина И.В., Лядов К.В., Иванов В.В.* Перспективы использования инновационных БОС (биологической обратной связи)-технологий в реабилитации пациентов после инсульта // *Вестник восстановительной медицины.* 2011. № 3(43). С. 2.
26. *Михайлова Л.В.* Стабилометрия с использованием биологической обратной связи в медицинской реабилитации пациентов с нарушением мозгового кровообращения // *Курортная медицина.* 2018. № 4. С. 57.
27. *Жутиков Д.Л., Усачёв В.И.* Стабилометрическая диагностика атаксий, обусловленных дисфункцией сенсорных входов постуральной системы // *Мануальная терапия.* 2013. № 3(51). С. 28.
28. *Кривошей И.В., Шинаев Н.Н., Скворцов Д.В. и др.* Постуральный баланс больных пограничными

- психическими расстройствами и его коррекция методами биологической обратной связи и ЛФК // Российский психиатрический журнал. 2008. № 1. С. 59.
29. *Бронштейн А., Лемперт Т.* Головокружение. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 216 с.
 30. *Deschamps T., Sauvaget A., Pichot A. et al.* Posture-cognitive dual-tasking: A relevant marker of depression-related psychomotor retardation. An illustration of the positive impact of repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with major depressive disorder // *J. Psychiatr. Res.* 2016. V. 83. P. 86.
 31. *Aftanas L.I., Bazanova O.M., Novozhilova N.V.* Posture-motor and posture-ideomotor dual-tasking: A putative marker of psychomotor retardation and depressive rumination in patients with major depressive disorder // *Front. Hum. Neurosci.* 2018. V. 12. P. 108.
 32. *Ingvar M.* Learning mechanisms in pain chronification—teachings from placebo research // *PAIN.* 2015. V. 156. № 1(4). P. S18.
 33. *Oncu J., Basoglu F., Kuran B.* A comparison of impact of fatigue on cognitive, physical, and psychosocial status in patients with fibromyalgia and rheumatoid arthritis // *Rheumatol. Int.* 2013. V. 33. № 12. P. 3031.
 34. *Бернштейн Н.А.* Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966. С. 39.
 35. *Costa I.D., Gamundí A., Miranda J.G. et al.* Altered functional performance in patients with fibromyalgia // *Front. Hum. Neurosci.* 2017. V. 11. P. 14.
 36. *Ash-Bernal R., Wall C., Komaroff A.L. et al.* Vestibular function test anomalies in patients with chronic fatigue syndrome // *Acta Otolaryngol.* 1995. V. 115. № 1. P. 9.
 37. *Neu D., Mairesse O., Montana X. et al.* Dimensions of pure chronic fatigue: psychophysical, cognitive and biological correlates in the chronic fatigue syndrome // *Eur. J. Appl. Physiol.* 2014. V. 114. № 9. P. 1841.
 38. *Capuron L., Welberg L., Heim C. et al.* Cognitive dysfunction relates to subjective report of mental fatigue in patients with chronic fatigue syndrome // *Neuropsychopharmacology.* 2006. V. 31. № 8. P. 1777.
 39. *Gelonch O., Garolera M., Valls J. et al.* Cognitive complaints in women with fibromyalgia: are they due to depression or to objective cognitive dysfunction? // *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* 2017. V. 39. № 10. P. 1013.
 40. *Peper E., Booiman A., Lin I.M., Harvey R.* Increase strength and mood with posture // *Biofeedback.* 2016. V. 44. № 2. P. 66.
 41. *Tsai W.C., Lien H.Y., Liu W.Y. et al.* Early and anticipatory postural adjustments in healthy subjects under stable and unstable sitting conditions // *J. Electromyogr. Kinesiol.* 2018. V. 43. P. 21.
 42. *Rasouli O., Fors E.A., Vasseljen O., Stensdotter A.K.* A concurrent cognitive task does not perturb quiet standing in fibromyalgia and chronic fatigue syndrome // *Pain Res. Manag.* 2018. V. 2018. P. 9014232.
 43. *Fraizer E.V., Mitra S.* Methodological and interpretive issues in posture-cognition dual-tasking in upright stance // *Gait Posture.* 2008. V. 27. № 2. P. 271.
 44. *Isaac V., Olmedo D., Aboitiz F., Delano P.H.* Altered Cervical Vestibular-Evoked Myogenic Potential in Children with Attention Deficit and Hyperactivity Disorder // *Front. Neurol.* 2017. V. 8. P. 90.
 45. *Beauchet O., Annweiler C., Dubost V. et al.* Stops walking when talking: a predictor of falls in older adults? // *Eur. J. Neurol.* 2009. V. 16. № 7. P. 786.
 46. *Slobounov S., Hallett M., Stanhope S., Shibasaki H.* Role of cerebral cortex in human postural control: an EEG study // *Clin. Neurophysiol.* 2005. V. 116. № 2. P. 315.
 47. *Kang H.G., Lipsitz L.A.* Stiffness control of balance during quiet standing and dual task in older adults: the MOBILIZE Boston Study // *J. Neurophysiology.* 2010. V. 104. № 6. P. 3510.
 48. *Woollacott M., Shumway-Cook A.* Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research // *Gait Posture.* 2002. V. 16. № 1. P. 1.
 49. *Rapp T., Apouey B.H., Senik C., REAL.FR/DSA group.* The impact of institution use on the wellbeing of Alzheimer's disease patients and their caregivers // *Soc. Sci. Med.* 2018. V. 207. P. 1.
 50. *Kerr B., Condon S.M., McDonald L.A.* Cognitive spatial processing and the regulation of posture // *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 1985. V. 11. № 5. P. 617.
 51. *Indovina I., Conti A., Lacquaniti F. et al.* Lower Functional Connectivity in Vestibular-Limbic Networks in Individuals with subclinical Agoraphobia // *Front. Neurol.* 2019. V. 10. P. 874.
 52. *Lilienfeld S.O., Jacob R.G., Furman J.M.* Vestibular dysfunction followed by panic disorder with agoraphobia // *J. Nerv. Ment. Dis.* 1989. V. 177. № 11. P. 700.
 53. *Balaban C.D.* Neural substrates linking balance control and anxiety // *Physiol. Behav.* 2002. V. 77. № 4–5. P. 469.
 54. *Redfern M.S., Furman J.M., Jacob R.G.* Visually induced postural sway in anxiety disorders // *J. Anxiety Disord.* 2007. V. 21. № 5. P. 704.
 55. *McCandless C.H., Balaban C.D.* Parabrachial nucleus neuronal responses to off-vertical axis rotation in macaques // *Exp. Brain Res.* 2010. V. 202. № 2. P. 271.
 56. *McCall A.A., Miller D.M., Balaban C.D.* Integration of vestibular and hindlimb inputs by vestibular nucleus neurons: multisensory influences on postural control // *J. Neurophysiol.* 2021. V. 125. № 4. P. 1095.
 57. *Mast F.W., Preuss N., Hartmann M., Grabherr L.* Spatial cognition, body representation and affective processes: the role of vestibular information beyond ocular reflexes and control of posture // *Front. Integr. Neurosci.* 2014. V. 8. P. 44.
 58. *Meehan A., Lewandowski A., Weaver L.K. et al.* Prospective study of anxiety, post-traumatic stress and depression on postural control, gait, otolith and visuospatial function in military service members with persistent post-concussive symptoms // *Undersea Hyperb. Med.* 2019. V. 46. № 3. P. 271.
 59. *Coelho C.M., Balaban C.D.* Visuo-vestibular contributions to anxiety and fear // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2015. V. 48. P. 148.
 60. *Fried E.I., Nesse R.M.* The impact of individual depressive symptoms on impairment of psychosocial functioning // *PLoS One.* 2014. V. 9. № 2. P. e90311.
 61. *Drysdale A.T., Grosenick L., Downar J. et al.* Resting-state connectivity biomarkers define neurophysiological subtypes of depression // *Nat. Med.* 2017. V. 23. № 1. P. 28.

62. *Rosenström T., Jokela M.* Reconsidering the definition of major depression based on collaborative psychiatric epidemiology surveys // *J. Affect. Disord.* 2017. V. 207. P. 38.
63. *Vrieze E., Demyttenaere K., Bruffaerts R. et al.* Dimensions in major depressive disorder and their relevance for treatment outcome // *J. Affect. Disord.* 2014. V. 155. P. 35.
64. *Fried E.I.* The 52 symptoms of major depression: Lack of content overlap among seven common depression scales // *J. Affect. Disord.* 2017. V. 208. P. 191.
65. *Kendler K.S.* The genealogy of major depression: Symptoms and signs of melancholia from 1880 to 1900 // *Mol. Psychiatry.* 2017. V. 22. № 11. P. 1539.
66. *Bayot M., Dujardin K., Tard C. et al.* The interaction between cognition and motor control: A theoretical framework for dual-task interference effects on posture, gait initiation, gait and turning // *Neurophysiol. Clin.* 2018. V. 48. № 6. P. 361.
67. *Coni A., Mellone S., Colpo M. et al.* A Factor Analysis model of the instrumented Timed Up and Go test for physical capability assessment // *Gait Posture.* 2018. V. 66. P. S11.
68. *Schrijvers D., Hulstijn W., Sabbe B.G.C.* Psychomotor symptoms in depression: A diagnostic, pathophysiological and therapeutic tool // *J. Affect. Disord.* 2008. V. 109. № 1–2. P. 1.
69. *Doumas M., Smolders C., Brunfaut E. et al.* Dual task performance of working memory and postural control in major depressive disorder // *Neuropsychology.* 2012. V. 26. № 1. P. 110.
70. *Takakusaki K.* Functional Neuroanatomy for Posture and Gait Control // *J. Mov. Disord.* 2017. V. 10. № 1. P. 1.
71. *Walther S., Bernard J.A., Mittal V.A., Shankman S.A.* The utility of an RDoC motor domain to understand psychomotor symptoms in depression // *Psychol. Med.* 2019. V. 49. № 5. P. 212.
72. *Martinez M.P., Rodriguez B.C., Kurtis M.M. et al.* The impact of non-motor symptoms on health related quality of life of patients with Parkinson's disease // *Mov. Disord.* 2011. V. 26. № 3. P. 399.
73. *Reijnders J.S., Ehrt U., Lousberg R. et al.* The association between motor subtypes and psychopathology in Parkinson's disease // *Parkinsonism Relat. Disord.* 2009. V. 15. № 5. P. 379.
74. *Gallagher D.A., Schrag A.* Psychosis, apathy, depression and anxiety in Parkinson's disease // *Neurobiol. Dis.* 2012. V. 46. № 3. P. 581.
75. *Beuter A., Hernandez R., Rigal R. et al.* Postural sway and effect of levodopa in early Parkinson's disease // *Can. J. Neurol. Sci.* 2008. V. 35. № 1. P. 65.
76. *Yarnall A., Rochester L., Burn D.J.* The interplay of cholinergic function, attention, and falls in Parkinson's disease // *Mov. Disord.* 2011. V. 26. № 14. P. 2496.
77. *Grimbergen Y.A., Langston J.W., Roos R.A., Bloem B.R.* Postural instability in Parkinson's disease: the adrenergic hypothesis and the locus coeruleus // *Expert Rev. Neurother.* 2009. V. 9. № 2. P. 279.
78. *Tauil C.B., Ramari C., DA Silva F.M.* The impact of physical functions on depressive symptoms in people with multiple sclerosis // *Arq. Neuropsiquiatr.* 2021. V. 79. № 1. C. 44.
79. *Minden S.L., Feinstein A., Kalb R.C. et al.* Evidence-based guideline: assessment and management of psychiatric disorders in individuals with MS: report of the Guideline Development Subcommittee of the American Academy of Neurology // *Neurology.* 2014. V. 82. № 2. P. 174.
80. *Ensari I., Motl R.W., Pilutti L.A.* Exercise training improves depressive symptoms in people with multiple sclerosis: results of a meta-analysis // *J. Psychosom. Res.* 2014. V. 76. № 6. P. 465.
81. *Гультяева В.В., Зинченко М.И., Урюмцев Д.Ю. и др.* Физическая нагрузка при лечении депрессии. Физиологические механизмы // *Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2019. Т. 119. № 7. С. 112.
82. *Gulytaeva V.V., Zinchenko M.I., Uryumtsev D.Y. et al.* [Exercise for depression treatment. Physiological mechanisms] // *Zh. Nevrol. Psikhiatr. Im. S.S. Korsakova.* 2019. V. 119. № 7. P. 112.
83. *Kandola A., Ashdown-Franks G., Hendrikse J. et al.* Physical activity and depression: Towards understanding the antidepressant mechanisms of physical activity // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2019. V. 107. P. 525.
84. *Ozgen G., Karapolat H., Akkoc Y., Yuceyar N.* Is customized vestibular rehabilitation effective in patients with multiple sclerosis? A randomized controlled trial // *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 2016. V. 52. № 4. P. 466.
85. *de Andrade Mesquita L.S., de Carvalho F.T., Freire L.S. et al.* Effects of two exercise protocols on postural balance of elderly women: a randomized controlled trial // *BMC geriatrics.* 2015. V. 15. P. 61.
86. *Hebert J.R., Corboy J.R., Manago M.M., Schenkman M.* Effects of vestibular rehabilitation on multiple sclerosis-related fatigue and upright postural control: a randomized controlled trial // *Phys. Ther.* 2011. V. 91. № 8. P. 1166.
87. *Sitaram R., Ros T., Stoeckel L. et al.* Closed-loop brain training: the science of neurofeedback // *Nat. Rev. Neurosci.* 2017. V. 18. № 2. P. 86.
88. *Бернштейн Н.А.* Проблема взаимоотношений координации и локализации // *Архив биол. наук.* 1935. Т. 38. № 1. С. 18.
89. *Harvey R.H., Peper E., Mason L., Joy M.* Effect of Posture Feedback Training on Health // *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.* 2020. V. 45. № 2. P. 59.
90. *Бофанова Н.С.* Применение стабилметрического метода в диагностике двигательных нарушений и реабилитации пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание.* 2013. № 1. С. 118.
91. *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.
92. *Кубряк О.В., Гроховский С.С., Исакова Е.В., Котов С.В.* Биологическая обратная связь по опорной реакции: методология и терапевтические аспекты. М.: Маска, 2015. 128 с.

92. *Слива А.С., Войнов И.Д., Слива С.С.* Развитие методов и средств компьютерной стабیلлографии // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. № 9(110). С. 158.
93. *Напалков Д.А., Ратманова П.О., Коликов М.Б.* Аппаратные методы диагностики и коррекции функционального состояния стрелка. М.: Макс Пресс, 2009. 212 с.
94. *Шиленок В.В.* Воспитание устойчивости в системе “стрелок—оружие—мишень” у юных стрелков-пулевиков на основе оперативных данных стабیلлометрии // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2019. № 4(170). С. 367.

Stabilometric Biofeedback for Cognitive and Affective Functions Training. Contribution of the Russian Scientific School. Part II

O. M. Bazanova^{a, *}, A. V. Kovaleva^b

^a*Scientific Research Institute of Physiology & Basic Medicine, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia*

^b*Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow, Russia*

**E-mail: bazanovaom@physiol.ru*

The review is the second part of the critical analysis of recent papers of Russian and other authors devoted to the study of the stabilometric parameters in postural control biofeedback training and rehabilitation, associated with psychological functions. The review presents studies of postural control features in chronic pain syndrome, chronic fatigue syndrome, Parkinson’s disease, multiple sclerosis, and depression. The leading role of Russian researchers in the development and application of stabilometric biofeedback in the training of optimal functioning, rehabilitation, and correction of neurological disorders is noted. The stabilometric biofeedback training paradigm for cognitive and affective functions training is proposed.

Keywords: postural control, attention, anxiety, depression, chronic fatigue syndrome, rehabilitation, biofeedback, stabilometry.