



<https://doi.org/10.34883/PI.2022.12.3.032>
УДК 612.8



Можейко М.П.✉, Марьенко И.П., Лихачев С.А.

Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии,
Минск, Беларусь

Особенности поддержания статокинетической устойчивости у пациентов с атаксией в стадии субкомпенсации

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Можейко М.П. – концепция статьи, статистическая обработка результатов, обзор литературы, оформление; Марьенко И.П. – концепция статьи, редактирование; Лихачев С.А. – редактирование.

Подана: 20.09.2022

Принята: 29.09.2022

Контакты: maria.rehabilitation@gmail.com

Резюме

Цель. Оценить состояние динамической составляющей SKU у пациентов с атаксией в стадии субкомпенсации.

Материалы и методы. Участвовало 78 пациентов с жалобами на шаткость и неустойчивость при ходьбе, головокружение. Из них 40 пациентов с РС с мозжечковой атаксией (МА), средний возраст составил $36,92 \pm 8,47$ года. 38 пациентов с вестибулярной атаксией (ВА), средний возраст – $39 \pm 4,8$ года. Использовался компьютерный стабилоанализатор «Стабилан – 01-2» (ОАО «Ритм», Россия). Проводили тест Ромберга классический, тест на устойчивость, позволяющий оценить запас произвольной устойчивости. Оценка выраженности нарушений ФР проводилась с помощью шкалы Тинетти и функциональной шкалы Берга.

Результаты. Установлено достоверное ухудшение КФР в группе с МА, где показатель снизился до 74,04 [57,4; 83,09] % по сравнению с группой ВА, где показатель КФР = 88,6 [83,03; 92,4] % ($U=300,5$; $p<0,005$) в тесте Ромберга. Выявлено достоверное снижение площади зоны перемещений (ПЗП) в группе пациентов с МА, где показатель составил 4160,5 [3550; 4936,5] мм² по сравнению с группой с ВА, где показатель составил 4675,5 [4346; 5202] мм² ($U=545$, $Z=2,144$, $p<0,05$). В группе пациентов с МА выявлен средний риск падения у 95% (38 из 40), низкий риск – у 5% (2 из 40) по шкале Берга. В группе пациентов с ВА отмечен средний риск падений в 24% (9 из 38) случаев, а низкий риск – в 76% (29 из 38) случаев. В группе с ВА показатель «равновесие» по шкале Тинетти составил 12 [10; 14] баллов, что значимо выше, чем в группе с МА, где показатель равен 7 [6; 8] баллам ($U=34,5$; $Z=7,24$; $p<0,05$). Показатель состояния динамического равновесия (ходьба) по шкале Тинетти в группе с ВА составил 10 [10; 11] баллов, что достоверно выше, чем одноименный показатель в группе с МА, где показатель равен 9 [8; 10] баллам ($U=217$; $Z=5,42$, $p<0,05$).

Заключение. Состояние ФР по результатам оценки показателей статокинезиограммы в тесте Ромберга у пациентов с МА в период субкомпенсации достоверно ниже, чем у пациентов с ВА, что характеризует значимое нарушение процессов поддержания статического равновесия и обуславливает формирование риска падений в 95%

случаев по результатам шкалы Берга. Пирамидные нарушения в группе пациентов с МА обуславливают значимые снижения показателей статокИнезиограммы по сравнению с группой с ВА, а также коррелируют с низкими баллами по шкале Тинетти и Берга.

Ключевые слова: атаксия, стабилметрия, сенсорные входы, реабилитация

Maria P. Mozheiko✉, Sergey A. Likhachev, Iryna P. Maryenko
Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus

Features of Statokinetic Stability Maintenance in Subcompensated Ataxia Patients

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Maria P. Mozheiko – article concept, statistical processing of results, literature review, design; Iryna P. Maryenko – article concept, editing; Sergey A. Likhachev – editing.

Submitted: 20.09.2022

Accepted: 29.09.2022

Contacts: maria.rehabilitation@gmail.com

Abstract

Purpose. To assess the state of the dynamic component of ICU in ataxia patients at subcompensation stage.

Materials and methods. A total of 78 patients with complaints of shakiness, unsteady walking and vertigo were involved. Of them, 40 patients presented MS with cerebellar ataxia (MA); mean age was 36.92 ± 8.47 years. 38 patients presented vestibular ataxia (VA); mean age was 39 ± 4.8 years. A computerized stability analyzer "Stabilan-01-2" (JSC "Rhythm", Russia) was used. The classic Romberg test, a test for stability, allowing assessing the reserve of arbitrary stability, was applied. The severity of FR was assessed using the Tinetti Test and the Berg Functional Balance Scale.

Results. A significant deterioration of QBF was observed in MA group, where the score decreased to 74.04 [57.4; 83.09] % as compared with VA group, where QBF was 88.6 [83.03; 92.4] % ($U=300.5$; $p<0.005$), as per Romberg test.

There was a significant decrease in the area of the displacement zone in in MA group, where the score was 4160.5 [3550; 4936.5] mm^2 as compared with VA group, where the score was 4675.5 [4346; 5202] mm^2 ($U=545$, $Z=2.144$, $p<0.05$). In MA group, an average risk of falling was found in 95% (38 of 40) of cases, and a low risk in 5% (2 of 40) of cases, on the Berg's scale. In VA group, an average risk of falls was observed in 24% (9 of 38) of cases, and a low risk in 76% (29 of 38) of cases. The balance index on the Tinetti scale in VA group was 12 [10; 14] points, being significantly higher than in MA group, where this index was 7 [6; 8] points ($U=34.5$; $Z=7.24$; $p<0.05$; $p<0.05$). The value of dynamic balance (walking) on the Tinetti scale in VA group was 10 [10; 11] points, being significantly higher than in MA group, where this value was 9 [8; 10] points ($U=217$; $Z=5.42$, $p<0.05$).

Conclusion. The FD status according to the assessment of statokinesigram in the Romberg test in MA patients during the period of subcompensation was significantly



lower than in VA patients, characterizing a significant impairment of static balance maintaining processes and determining the risk of falls in 95% of cases according to the Berg scale results.

Pyramidal disorders in MA group cause significant decreases in statokinesiogram indicators compared to the group with VA, and correlate with low scores on the Tinetti's and Berg's scale.

Pyramidal disorders in MA group determine significant decreases in statokinesiogram indicators if compared to VA group, and correlate with low scores on the Tinetti and Berg scales.

Keywords: ataxia, stabilometry, sensory inputs, rehabilitation

■ ВВЕДЕНИЕ

Заболевания нервной системы (НС) сопровождаются двигательными расстройствами, где нарушения функции равновесия (ФР) занимают от 40% до 100% [6]. Распространенность жалоб на головокружение и неустойчивость достигает около 15–30%, а частота нарушений ФР у пациентов с рассеянным склерозом (РС) варьирует – 65–86% [3, 4]. Социальная значимость нарушений статокинетической устойчивости (СКУ) обусловлена их большим проявлением у лиц трудоспособного возраста, где двигательные ограничения негативно влияют на психоэмоциональное состояние и снижают качество жизни человека.

Для оценки положения тела в пространстве центральная нервная система (ЦНС) координирует сигналы зрительной, вестибулярной и проприоцептивной систем для запуска двигательной программы, обеспечивающей ориентацию и стабильность тела в пространстве [4]. Однако прямое управление движениями с помощью лишь одних эфферентных импульсов невозможно, необходим механизм «обратной связи», осуществляемый афферентными импульсами и афферентным синтезом, сигнализирующим о правильности выполнения движений [1]. Биомеханически сохранение СКУ представляет непрерывный динамический процесс постоянного взаимоперемещения звеньев тела и общего центра давления (ЦД), где ЦД – это интегральная точка на плоскости опоры [8].

Поддержание ФР в различных условиях – сложный моторный навык, не имеющий локализованного центра в головном мозге и реализуемый при взаимодействии множества сенсомоторных процессов [7]. Повреждения афферентных или эфферентных систем, организующих поддержание СКУ, а также нарушение процесса взаимодействия этих систем между собой на уровне ЦНС приводят к атаксии [3].

При дисфункции СКУ двигательная система активируется командами из ЦНС с тремя типами двигательных реакций. Первые, вестибулоспинальные рефлексy с коротким латентным периодом – около 35 мс, которые недостаточны для полноценного восстановления ФР. Далее активируются реакции на возмущение позы и имеют средний (около 95 мс) и длительный (120 мс) латентный период с регулирующим центром в стволе мозга и субкортикальных структурах. Ствол мозга запускает автоматические реакции, а кортикальные процессы модифицируют их на основе афферентной сенсорной информации. Увеличение двигательной реакции в сохранении

СКУ обусловлено вовлечением коры больших полушарий, в большей степени в их коррекцию сохранения ФР.

ЦНС позволяет нам осознавать окружающее пространство, обрабатывать и интегрировать сенсорную информацию и запускать движения, необходимые для сохранения СКУ.

Ключевым фактором в восстановлении нарушений СКУ является процесс нейропластичности, механизм которой обеспечивается через реорганизацию поврежденного функционального центра, перестройку взаимодействия между различными элементами одной системы, а также модификацию структуры и функции других систем. В свою очередь, стимуляция механизмов нейропластичности различными способами позволяет преобразовать функционирование нейронных связей, обеспечивающих управление ФР, создавая основу для восстановления или компенсации нарушенных функций [2].

В настоящее время в оценке механизмов поддержания СКУ активно используется стабилотаблица с биологической обратной связью (БОС) для количественного, пространственного и временного анализа динамической и статической составляющих СКУ человека посредством регистрации колебаний ЦД тела на плоскость опоры [8].

Анализ состояния звеньев СКУ у пациентов с атаксией уточнит особенности механизмов сохранения ФР и дополнит критерии выбора методов немедикаментозной коррекции нарушений.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить состояние динамической составляющей СКУ у пациентов с атаксией в стадии субкомпенсации.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании участвовало 78 пациентов с жалобами на шаткость и неустойчивость при ходьбе, головокружение. У 40 пациентов с РС по данным неврологического тестирования были выявлены признаки мозжечковой атаксии (МА): ходьба на широкой базе, пошатывание в позе Ромберга с открытыми и закрытыми глазами, интенция при пальценосовой пробе РС, средний возраст составил $36,92 \pm 8,47$ года. У 38 пациентов с пароксизмом системного головокружения в анамнезе по данным неврологического тестирования выявлены признаки вестибулярной атаксии (ВА): нарушение походки с отклонением туловища в сторону пораженного лабиринта при поворотах туловища и головы, в позе Ромберга с открытыми глазами нарушений не выявлялось, однако с закрытыми глазами наблюдалось отклонение в сторону пораженного лабиринта, интенции при пальценосовой пробе не выявлялось, средний возраст составил $39 \pm 4,8$ года. Для уточнения стороны поражения лабиринтов проводилась вестибулометрия. Использовался компьютерный стабiloанализатор «Стабилан – 01-2» (ОАО «Ритм», Россия). Проводили тест Ромберга классический, тест на устойчивость, позволяющий оценить запас произвольной устойчивости. Оценка выраженности нарушений ФР проводилась с помощью шкалы Тинетти и функциональной шкалы Берга [3].



■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки состояния статической составляющей СКУ использовали тест Ромберга классический, результаты показателей представлены в табл. 1.

Установлено достоверное увеличение ПЭ в группе пациентов с МА, где показатель составил 175,5 [111,2; 362,4] мм², по сравнению с группой ВА, где показатель ПЭ = 67,7 [59; 136,4] мм² (U=412; p<0,005). Установлено достоверное ухудшение КФР в группе с МА, где показатель снизился до 74,04 [57,4; 83,09]%, по сравнению с группой ВА, где показатель КФР = 88,6 [83,03; 92,4]% (U=300,5; p<0,005).

Отмечено достоверное изменение СР, показатель значимо выше в группе с МА и составил 5,33 [3,7; 6,9] по сравнению с группой ВА, где показатель равен 3,1 [2,6; 4,2] мм (U=418, p<0,005). Выявлено достоверное увеличение показателя ССП ЦД до

Таблица 1
Показатели статокинезиограммы у пациентов с ВА и МА в тесте Ромберга, n=78, Ме [25%; 75%]
Table 1

Statokinesiogram indicators in VA and MA patients in the Romberg test, n=78, Me [25%; 75%]

Параметры, Ме [25%; 75%]	ВА, n=38	МА, n=40	U, p
ПЭ, мм ²	67,7 [59; 136,4]*	175,5 [111,2; 362,4]	U=412, p=0,0001
КФР, %	88,6 [83,03; 92,4]*	74,04 [57,4; 83,09]	U=300,5, p=0,0001
СР, мм	3,1 [2,6; 4,2]*	5,33 [3,7; 6,9]	U=418, p=0,0001
ССП ЦД, мм/с	7,17 [5,56; 8,5]*	11,3 [8,7; 15,9]	U=298, p=0,0001
СИПС, мм/с	6,6 [5; 9,4]*	17,8 [10; 38,05]	U=325,5, p=0,0001
КРИНД, %	8,8 [7,03; 13,8]	8,7 [6,63; 14,5]	U=731, p=0,779

Примечание: * значимые различия при p<0,05 (по критерию Манна – Уитни).

Таблица 2
Показатели статокинезиограммы у пациентов с МА и ВА в тесте на устойчивость, n=78, Ме [25%; 75%]
Table 2

Statokinesiogram indicators in VA and MA patients in the "Stability test" n=78, Me [25%; 75%]

Параметры, Ме [25%; 75%]	МА, n=40	ВА, n=38	U, p
Площадь зоны перемещения, мм ²	4160,5 [3550; 4936,5]*	4675,5 [4346; 5202]	U=545, p=0,032
Коэффициент преобладания движения в сагиттальной плоскости, %	1,16 [0,94; 1,33]*	1,39 [1,25; 1,52]	U=424, p=0,0007
Коэффициент преобладания движения во фронтальной плоскости, %	1,06 [0,42; 1,24]	1,17 [1,0; 1,26]	U=600,5, p=0,1119
Соотношение преобладания движения в плоскости сагитталь/ фронталь, %	1,08 [0,98; 1,29]	1,17 [1,08; 1,25]	U=664,5, p=0,3422

Примечание: * значимые различия при p<0,05 (по критерию Манна – Уитни).

11,3 [8,7; 15,9] мм/с в группе с МА по сравнению с группой ВА, где показатель ССП ЦД составил 7,17 [5,56; 8,5] мм/с ($U=298$, $p<0,005$). СИПС в группе пациентов с МА также значимо выше и составил 17,8 [10; 38,05] мм/с по сравнению с группой ВА, где СИПС = 6,6 [5; 9,4] мм/с ($U=325,5$ $p<0,005$).

Не отмечено достоверных различий в КРИНД между группой с ВА, где показатель равен 8,8 [7,03; 13,8]%, и группой с МА, где показатель составил 8,7 [6,63; 14,5]% ($U=515,5$, $p>0,005$).

Далее оценивали состояние динамической устойчивости (ДУ) с помощью теста на устойчивость в группах с МА и ВА, результаты представлены в табл. 2.

Установлено достоверное снижение площади зоны перемещений (ПЗП) в группе пациентов с МА, где показатель составил 4160,5 [3550; 4936,5] мм², по сравнению с группой с ВА, где показатель составил 4675,5 [4346; 5202] мм² ($U=545$, $Z=2,144$, $p<0,05$). При сравнении коэффициента преобладания движения в сагиттальной плоскости (K = отношение вперед/назад) установлено достоверное увеличение показателя в группе с ВА – 1,39 [1,25; 1,52]% относительно группы с МА, где показатель составил 1,16 [0,94; 1,33]% ($U=424$, $Z=3,353$, $p<0,05$).

Не установлено достоверных различий в коэффициенте преобладания движения во фронтальной плоскости (K = отношение вправо/влево) в группе с МА, где показатель равен 1,06 [0,42; 1,24]%, по сравнению с группой ВА, где одноименный показатель составил 1,17 [1,0; 1,26]% ($U=600,5$; $Z=1,58$; $p>0,05$).

Также не отмечено достоверных различий в коэффициенте преобладания движения в плоскости сагитталь/фронталь в группе с МА, где показатель составил 1,08 [0,98; 1,29]%, по сравнению с группой с ВА, где отношение составило 1,17 [1,08; 1,25]% ($U=664,5$; $Z=0,94$; $p>0,05$).

В группе с МА корреляционный анализ установил прямую зависимость между показателем КФР в тесте Ромберга и показателем ПЗП ($r_s=0,41$, $p<0,05$), а также показателем ПЭ в тесте Ромберга и ПЗП установлена обратная корреляционная зависимость ($r_s=-0,312$, $p<0,05$), которая статистически значима. В группе пациентов с ВА корреляционной зависимости между показателями статической и динамической составляющих СКУ не установлено.

Объективная оценка выраженности нарушений ФР и возможного риска падений в группах с МА и ВА осуществлялась с использованием функциональной шкалы Берга, результаты представлены на рис. 1.

Установлены значимые различия в группе пациентов с МА, где балл равен 36 [30; 38], по сравнению с пациентами с ВА, где балл равен 43 [41; 46] ($p<0,05$). В группе пациентов с МА выявлен средний риск падения у 95% (38 из 40), низкий риск – у 5% (2 из 40). В группе пациентов с ВА отмечен средний риск падений у 24% (9 из 38), низкий риск – у 76 % (29 из 38) пациентов.

В группе пациентов с МА установлена прямая корреляционная зависимость между показателем КФР в тесте Ромберга и баллами по шкале Берга ($r_s=0,184$, $p<0,05$), а также обратная корреляционная зависимость между показателем ССП ЦД и баллами по шкале Берга ($r_s=-0,186$, $p<0,05$).

Установлена прямая зависимость между ПЗП в тесте на устойчивость и итоговым баллом по шкале Берга ($r_s=0,192$, $p<0,05$) у пациентов с МА. Таким образом, увеличение ПЗП по статокИнезиограмме ведет к увеличению суммы баллов по шкале Берга.

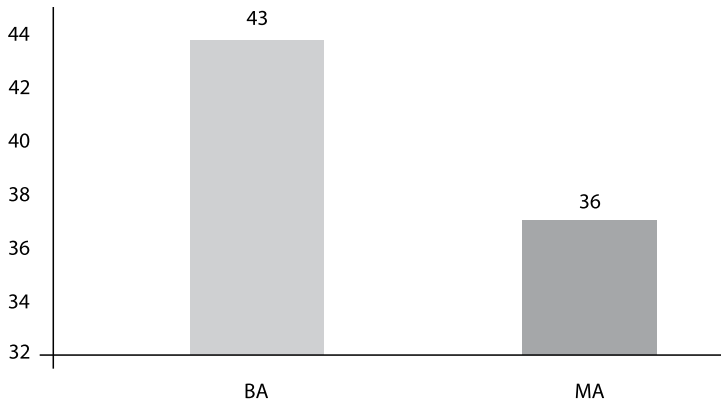


Рис. 1. Результаты оценки равновесия по шкале Берга, Me [25; 75]
Fig. 1. The Berg Balance Scale Results, Me [25; 75]

В группе пациентов с ВА корреляционной зависимости между показателями статокенизиограммы в тесте Ромберга и шкалы Берга не установлено.

Отмечена прямая зависимость между показателем ПЗП в тесте на устойчивость и итоговым баллом по шкале Берга ($r_s = -0,302$, $p < 0,05$). Таким образом, увеличение показателя по статокенизиограмме ведет к увеличению суммы баллов по шкале Берга, характеризующих устойчивое равновесие.

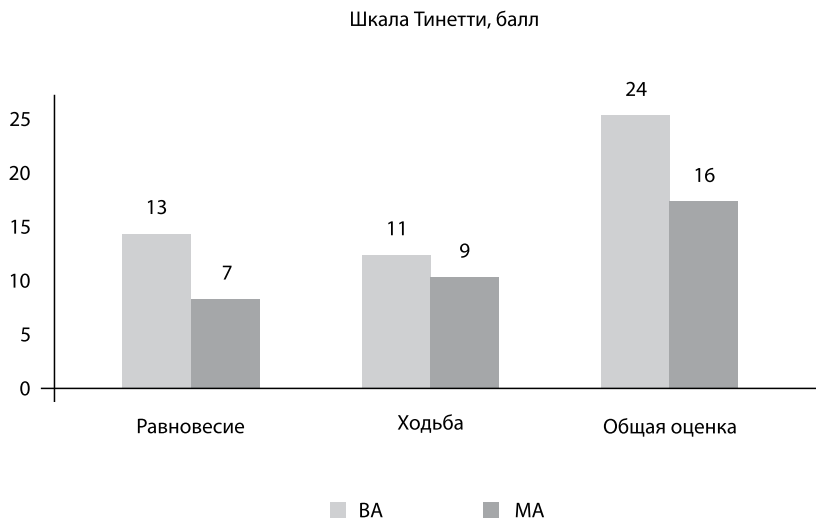


Рис. 2. Результаты оценки равновесия по шкале Тинетти, Me [25; 75]
Fig. 2. The Tinetti Balance Test Results, Me [25; 75]

По шкале Тинетти оценивали отдельно статический и динамический компоненты поддержания ФР (равновесие и ходьба), также общий суммарный балл, результаты представлены на рис. 2.

В группе с ВА показатель «равновесие» составил 12 [10; 14] баллов, что значимо выше, чем в группе с МА, где показатель равен 7 [6; 8] баллам ($U=34,5$; $Z=7,24$; $p<0,05$).

Показатель состояния динамического равновесия (ДР) (ходьба) в группе с ВА составил 10 [10; 11] баллов, что достоверно выше, чем одноименный показатель в группе с МА, где показатель равен 9 [8; 10] баллам ($U=217$; $Z=5,42$, $p<0,05$).

Корреляционный анализ Спирмена между общим баллом по шкале Тинетти и показателями статокИНЕЗИОГРАММЫ в тесте Ромберга установил обратную зависимость в показателях СИПС ($r_s=-0,184$; $p<0,05$) и ССП ЦД ($r_s=-0,1730$; $p<0,05$) в группе пациентов с МА. Таким образом, чем ниже показатели СИПС и ССП ЦД, тем выше балльная оценка по шкале Тинетти.

Установлена прямая зависимость между показателем ПЗП в тесте на устойчивость и ДР по шкале Тинетти ($r_s=0,372$, $p<0,05$), а также прямая корреляционная зависимость между общим баллом по шкале Тинетти и ПЗП ($r_s=0,334$; $p<0,05$). Следовательно, чем выше ПЗП, тем выше балльная оценка ДР у пациентов с МА.

В группе с ВА установлена прямая зависимость между показателем КФР в тесте Ромберга и баллами в оценке состояния ДР по шкале Тинетти ($r_s=0,324$, $p<0,05$). Таким образом, увеличение интегрального показателя КФР приводит к увеличению баллов ДР по шкале Тинетти. Не установлено корреляционной зависимости между показателями статокИНЕЗИОГРАММЫ в тесте на устойчивость и оценкой ФР по шкале Тинетти.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СКУ по результатам оценки показателей статокИНЕЗИОГРАММЫ в тесте Ромберга у пациентов с МА в период субкомпенсации достоверно ниже, чем у пациентов с ВА, что характеризует значимое нарушение процессов поддержания статической составляющей СКУ и обуславливает формирование риска падений в 95% случаев по результатам шкалы Берга.

Непрерывная оценка изменений положения тела в пространстве вызывает необходимость регистрации линейных и угловых ускорений с преобразованием их в электрический импульс и последующей кодировкой в соответствующих стволовых и корковых отделах с выбором адекватной двигательной стратегии для сохранения СКУ. Выбор двигательной стратегии управления СКУ осуществляется с вовлечением афферентной импульсации от скелетных мышц, где преобразование линейных ускорений обеспечивается вестибулярной системой. Высокий показатель ПЗП в тесте на устойчивость в группе с ВА по сравнению с ПЗП у пациентов с МА указывает на большую устойчивость у пациентов с ВА при произвольном перемещении ЦД относительно опоры, где регуляция контроля положения тела осуществляется посредством увеличения влияния проприоцептивной афферентации, а также активной работой антигравитационных мышц, прежде всего большеберцовых и камбаловидных.

Выявление у пациентов с МА прямой зависимости между показателем КФР в тесте Ромберга ($r_s=0,3157$, $p<0,05$) и баллами ФР по шкале Тинетти ($r_s=0,3157$, $p<0,05$) демонстрирует, что снижение показателя КФР ведет к уменьшению баллов в оценке



равновесия по шкале. Таким образом, показатель КФР статокинезиограммы является информативным маркером состояния СКУ у пациентов с МА.

Анализ и интеграция сенсорной информации различной модальности реализуется при участии моторной коры, базальных ганглиев и мозжечка, которые обеспечивают выбор соответствующей двигательной программы. Сенсорные сигналы проприоцептивной афферентации исходят прежде всего от мышечных веретен и сухожильного аппарата Гольджи и, поступая по задним спинномозговым трактам, информируют мозжечок о степени мышечно-сухожильного сокращения, положении и скорости движения частей тела. Возникновение патологического процесса в мозжечке ведет к рассогласованию процессов эфферентной импульсации к мышцам и замедлению выбора двигательной стратегии для сохранения СКУ.

Патологический процесс пирамидного тракта, путей глубокой чувствительности, мозжечка искажает механизмы реализации двигательной программы при изменяющемся положении тела. Пирамидные нарушения у пациентов с РС с развитием поражений на различных уровнях ЦНС приводят к повышению рефлексов с изменением мышечного тонуса, где изменение процессов эфферентной импульсации усложняет механизмы управления СКУ, приводя к неустойчивости.

Выявление в группе пациентов с МА прямой зависимости между показателями ПЗП в тесте на устойчивость и балльной оценки функции ходьбы по шкале Тинетти ($r_s=0,372$, $p<0,05$) показывает, что увеличение ПЗП ведет к улучшению ДР и ходьбы пациентов с РС.

Таким образом, пирамидные нарушения в группе пациентов с МА обуславливают значимые снижения показателей статокинезиограммы по сравнению с группой с ВА, а также коррелируют с низкими баллами по шкалам Тинетти и Берга. Корреляционный анализ между показателями статокинезиограммы и функциональными шкалами позволил объективизировать степень нарушений ФР в группе с МА.

Использование методов физической реабилитации целесообразно для коррекции нарушений ФР. Стимуляция механизмов нейропластичности снижает негативное влияние патологических двигательных стереотипов на звенья всей системы СКУ, формирует новые моторные стратегии и снижает страх передвижений и падений у пациентов с атаксией в стадии субкомпенсации.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Bernstein N.A. (1990) *Physiology of movements and activity*. M. Nauka, 495 p. (in Russian)
2. Dotsenko V.I., Usachev V.I., Morozova S.V., Skedina M.A. Modern algorithms of stabilometric diagnostics of postural disorders in clinical practice. *Medical advice*. 2017;(8):116–122. (in Russian)
3. Kadykov A.S. (2008) *Rehabilitation of neurological patients*. M.: MEDpress-inform, 560 p. (in Russian)
4. Zmergrad M.V. (ed.) (2019) *Clinical recommendations. diagnosis and treatment of balance disorders in diseases of the nervous system*. Moscow: Medpress-inform, 112 p. (in Russian)
5. Kononova N.A. (2006) *Functional computer stabilometry in the differential diagnosis of peripheral and central vestibular disorders* (PhD Thesis). Moscow, 20 p. (in Russian)
6. Levik Yu.S. (2006) *The system of internal representation in motion control and organization of sensorimotor interaction* (PhD Thesis). M.: Institute of Problems of Information Transmission of the Russian Academy of Sciences, 48 p. (in Russian)
7. Rud I.M., Melnikova E.A., Rasulova M.A., Gorelikov A.E. Modern aspects of stabilometry and stability training in the correction of postural disorders. *Medical rehabilitation*, 2017,11(140):51–56.
8. Samartsev S.A. Zhivolupov Yu.S. Butakova Modern ideas about neurophysiological mechanisms and clinical manifestations of statodynamic disorders, the possibilities of their correction. *Clinical pharmacology and therapy*, 2019;28(2):94–98. (in Russian)
9. Skvortsov D.V. Stabilometry – functional diagnostics of function, musculoskeletal system and sensory system. *Functional diagnostics*, 2004;3:78–84. (in Russian)